TRAFIKVERKET

RAPPORT

Regeringsuppdrag Delelektrifiering

Förutsättningarna för delelektrifiering, dvs elektrifiering (exempelvis med vätgaståg) på delar av oelektrifierade banor som tex Inlandsbanan eller Stångådalsbanan

Trafikverket
Postadress: Röda vägen 1, 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

Konfidentialitetsnivå: 1 Ej känslig

Dokumenttitel: Regeringsuppdrag Delelektrifiering

Dokumentdatum: 2024-04-08

Ärendenummer: TRV 2023/66465

Kontaktperson: Jimmy Grandin

Publikationsnummer: 2024:073
ISBN: 978-91-8045-296-0

Innehåll

Sammanfattning 5

1 Inledning 7

1.1 Regeringsuppdraget 7

1.2 Bakgrund 7

1.3 Syfte 7

1.4 Mål 8

1.5 Avgränsning 8

1.6 Extern dialog i regeringsuppdraget 8

2 Elektrifiering med kontaktledning 9

2.1 Kraftförsörjning med kontaktledning 9

2.2 Strategiska mål, krav och bestämmelser 11

2.3 Legala förutsättningar för batteridrift på elektrifierade järnvägssträckor och delelektrifierad järnväg 13

2.4 Elektrifiering i Europa 17

2.4.1 Europe's Rail 18

2.4.2 Norge 19

2.4.3 Danmark 19

3 Andra tekniker för elektrifiering 21

3.1 Delelektrifiering 21

3.2 Fossil diesel 24

3.2.1 Icke-fossil diesel 24

3.3 Vätgas 25

3.4 Batteri 27

3.5 Tri-mode 28

3.6 Interoperabilitet 29

3.7 Framtida marknadspotential och utveckling 29

4 Oelektrifierade banor i Sverige 31

5 Utredning utvalda banor 35

5.1 Forsmo-Hoting 35

5.2 Gårdsjö-Håkantorp 36

TMALL 0004 Rapport generell 5.0

5.3 Kristinehamn-Gällivare 38
5.4 Kil-Torsby 40
5.5 Linköping-Kalmar 42
5.6 Bjärka Säby-Västervik 44
5.7 Malungsfors-Repbäcken 46
5.8 Storuman-Hällnäs 48
5.9 Summering av analys 49

6 Slutsatser och rekommendationer 51

Källförteckning 53

Bilaga 1 54

Sammanfattning av extern dialog 54
Agenda 54
Deltagarlista 54
Diskussionsfrågor 54
Sammanfattning 56

Sammanfattning

Denna rapport svarar till det regeringsuppdrag som lämnades i och med fastställelsebeslutet av Nationell plan för transportinfrastruktur 2022-2033 (I2022/01294) kring att undersöka förutsättningarna för delelektrifiering, dvs elektrifiering (exempelvis med vätgaståg) på delar av oelektrifierade banor som tex Inlandsbanan eller Stångådalsbanan.

Sverige följer ett klimatpolitiskt ramverk där det bland annat ingår ett klimatmål. Det innebär att Sverige senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, eller med andra ord, Sverige ska vara klimatneutralt. För att uppnå detta krävs insatser inte minst inom transportområdet. Det finns ett specifikt mål inom inrikes transporter som innebär att utsläppen ska minska med 70 procent senast år 2030 jämfört med 2010.

Det kräver insatser i alla sektorer inom transportområdet och för järnvägens del handlar det bland annat om att se till energiförsörjningen av järnvägssystemet. Elektrifiering eller delelektrifiering av transportsystemet kan vara ett verktyg för att möta dessa målsättningar. Idag är nästan 85% av det statliga järnvägsnätet elektrifierat med kontaktledning. Återstående delar har av olika anledningar inte elektrifierats med kontaktledning och generellt så drivs lok på dessa banor med diesel, eller olika varianter av biodiesel.

I Europa går utvecklingen snabbt framåt med forskning och utveckling kring alternativa tekniker. I EU Rail programmet samarbetar tågleverantörer, forskningsutförare, operatörer och infrastrukturhållare om alternativa bränslen och drivlinor i projekten Rail4Earth samt FUTURE. Forskningen har en bred ansats för både bränslen och drivlinor. Delelektrifiering med partiell kontaktledning, biodiesel, batteri och vätgas är några av de tekniker som utreds för tillfället. Fordon utvecklas med både bi- och trimodala egenskaper.

Många av landets statliga järnvägsstråk är elektrifierade med kontaktledning idag vilket skett i en stegvis utbyggnad under lång tid. Orsaker till att banor inte elektrifierats kan vara flera, som exempelvis kostnader, trafikmängd eller typ av fordon och trafik på banan.

Det går idag att konstatera att det finns utmaningar med att investera i kontaktledningar på de stråk som är oelektrifierade. I de allra flesta fall är banorna i ett sådant skick att andra åtgärder, som att upprätthålla tänkt standard på banan för att kunna framföra trafik, behöver prioriteras. Det innebär också ofta att om elektrifiering med kontaktledning är aktuell så tillkommer många gånger också kostnader för till exempel spårbyten, bankåtgärder, trädsäkring, dränering och andra insatser. Således tillkommer ofta stora kostnader i samband med dessa diskussioner.

Teknikutvecklingen är just nu inne i ett skede där det händer väldigt mycket, många initiativ är igång både i Sverige och internationellt. Det växlar också mellan vilken tekniklösning som framstår som den mest fördelaktiga och ny kunskap kommer till oss i strid ström.

En kommande planperiod sträcker sig till om ungefär 15 år. Att nu låsa sig vid ett teknikval medför stor risk att teknikutvecklingen sprungit ifrån investeringsplaneringen och medför en ineffektiv lösning vid färdigställande. I den dialog som genomförts i denna utredning med experter och forskare från ledande universitet, tillverkare, industriföretag, järnvägsoperatörer och sakkunniga framgår att de teknikslag vi talar om just nu, som batteri och vätgas, mycket väl kan vara ledande alternativ inom en inte allt för avlägsen framtid. Trafikverket följer givetvis denna utveckling och deltar i en rad forskningsprojekt inom området.

Den analys som genomförts i denna utredning kring olika oelektrifierade stråk visar att det ofta är banor med stora underhållsbehov i kombination med låg trafikmängd. Det finns dock undantag och analysen har visat att det kan finnas potential att fördjupa utredning kring ett antal stråk.

I en slutbedömning redovisas Gårdsjö-Håkantorp (Kinnekullebanan) och Kil-Torsby (Fryksdalsbanan) som möjliga stråk för exempelvis pilotprojekt kopplat till delelektrifiering med partiell kontaktledning. För dessa stråk skulle fördjupade utredningar kring dess potential som pilotprojekt kunna genomföras i samband med kommande planrevidering. För sträckan Kil-Torsby planerar Trafikverkets Mellersta region att genomföra en Åtgärdsvalsstudie och där kan då frågan om elektrifiering studeras.

På övriga stråk är slutbedömningen att det inför kommande planrevidering antingen saknas tillräckliga utredningar, att banan har andra prioriterade behov, att trafikmängder är för låga eller att lokala organisationer kan driva fram nya marknader och möjligheter. På dessa stråk föreslås istället att vidare planering och utredning sammanställer de underhållsbehov som föreligger. Genom att också redogöra för när i tid sådana underhållsåtgärder eller reinvesteringar skulle kunna genomföras vore det möjligt att i samverkan med till exempel regionala kollektivtrafikmyndigheter, näringsliv eller andra aktörer paketera ett förslag till banans framtida funktion. Med den redovisningen kan sedan respektive aktör agera långsiktigt i egna investeringar i exempelvis lok och motorvagnar.

1 Inledning

Denna rapport svarar till det regeringsuppdrag som lämnades i och med fastställelsebeslutet av Nationell plan för transportinfrastruktur 2022-2033 (I2022/01294) kring att undersöka förutsättningarna för delelektrifiering, dvs elektrifiering (exempelvis med vätgaståg) på delar av oelektrifierade banor som tex Inlandsbanan eller Stångådalsbanan.

1.1 Regeringsuppdraget

I fastställelsebeslutet av Nationell plan för transportsystemet 2022-2033 (I2022/01294) pekade regeringen ut ett antal prioriterade utredningar som Trafikverket ska genomföra. En av dessa är angiven som:

Undersöka förutsättningarna för delelektrifiering, dvs elektrifiering (exempelvis med vätgaståg) på delar av oelektrifierade banor som tex Inlandsbanan eller Stångådalsbanan.

Med anledning av detta genomför Trafikverket en utredning för att ha ett beslutsunderlag redo att övervägas i nästa planrevidering.

1.2 Bakgrund

Sverige följer ett klimatpolitiskt ramverk där det bland annat ingår ett klimatmål. Det innebär att Sverige senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, eller med andra ord, Sverige ska vara klimatneutralt.

För att uppnå detta krävs insatser inte minst inom transportområdet. Det finns ett specifikt mål inom inrikes transporter som innebär att utsläppen ska minska med 70 procent senast år 2030 jämfört med 2010.

Det kräver insatser i alla sektorer inom transportområdet och för järnvägens del handlar det bland annat om att se till energiförsörjningen av järnvägssystemet. Elektrifiering eller delelektrifiering av transportsystemet kan vara ett verktyg för att möta dessa målsättningar.

Idag är nästan 85% av det statliga järnvägsnätet elektrifierat med kontaktledning. Återstående delar har av olika anledningar inte elektrifierats med kontaktledning och generellt så drivs lok på dessa banor med diesel, eller olika varianter av biodiesel.

1.3 Syfte

Syftet med denna rapport är att sammanställa ett övergripande kunskapsunderlag gällande elektrifiering av järnväg och aktuella alternativa tekniker. I rapporten

redovisas identifiering av eventuella möjliga åtgärder och vidare utredningar till kommande planrevidering.

1.4 Mål

Mål med uppdraget är att:

- Ta fram ett underlag som sammanfattar det aktuella kunskapsläget gällande alternativa tekniker och drivmedel för järnvägsfordon.
- Ta fram en översikt för aktuella planerade system.
- Redovisa eventuellt möjliga objekt och vidare utredningar för övervägande i kommande planrevidering.

1.5 Avgränsning

Det kunskapsunderlag som sammanställs baseras på vedertagna fakta och tidigare redovisad information. Projektet avser inte genomföra egna forskningsstudier eller redovisa ny, inte tidigare känd, information inom de tekniska områden som ingår i rapporten.

I projektet ingår att redovisa statliga oelektrifierade banor med hänsyn till ett antal kriterier och parametrar. Denna utredning omfattar inte frågor kring beredskap eller transporter kopplat till försvar och militär logistik. En analys kring vilka behov och krav denna typen av transporter och trafik innebär för energiförsörjning och hur fordon bör och kan framföras ingår inte i detta uppdrag.

I rapporten redovisas inte industrispår, godsterminaler eller hamnar med andra infrastrukturägare än staten. Rapporten redovisar heller inte kring banarbetsfordon, anläggningsfordon eller andra fordon för tex service. Det ingår heller inte att redovisa åtgärder som innebär elektrifiering med kontaktledning på hela stråket.

1.6 Extern dialog i regeringsuppdraget

I utredningsarbetet har en extern dialog genomförts. Syftet var att berörda aktörer skulle få lämna synpunkter, dela med sig av kunskap och bidra till utredningen. I utredningsarbetet fanns behov av att samla in aktuell kunskap om teknisk mognad, rimliga förväntningar och framtida potentialer. Detta utfördes genom att identifiera och bjuda in ett antal aktörer i branschen eller andra med särskild sakkunskap som kunde bidra i en diskussion kring ett antal frågeställningar.

En kort sammanfattning från dialogen inklusive dagordning och deltagarlista finns i bilaga 1.

2 Elektrifiering med kontaktledning

Detta avsnitt syftar till att ge en kort introduktion till den teknik och de förutsättningar som gäller för elektrifiering med kontaktledning. Det ska ge ökad kunskap och förståelse inför kommande kapitel.

2.1 Kraftförsörjning med kontaktledning

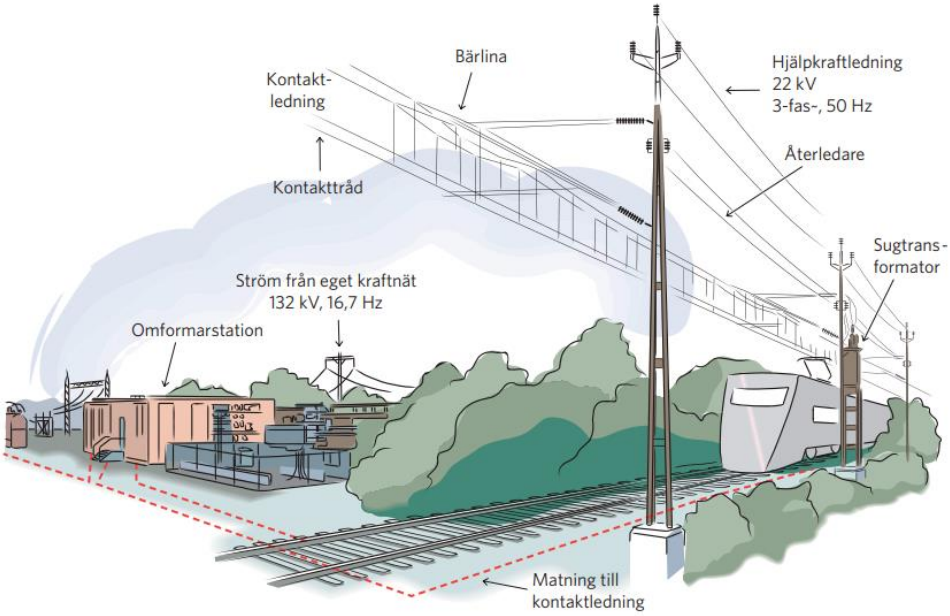
Från människokraft, via hästkraft och ångdrift lanserades i slutet av 1800-talet de första försöken med elektrifierade järnvägar. Det första järnvägsspåret med eldrift i Sverige var ett industrispår vid Boxholms bruk som togs i drift år 1890. Från sekelskiftet och framåt tog utvecklingen fart ordentligt med fler sträckor där eldrift installerades och med utveckling av ellok.

Idag är ungefär 84% av det statliga järnvägsnätet elektrifierat. Det innebär storleksordningar som en energiomsättning på cirka 2,7 TWh, ungefär 1000 mil kontaktledningar och 48 stycken omformarstationer. Enligt Bantrafik 2022[1] som Trafikanalys publicerat så var det sett till tågkilometer 96% av både persontrafiken och godstrafiken som hade elektrisk framdrift.

Trafikverket är kund till de stora kraftbolagen som levererar elkraft från regionala nät, 40-130 kV, 3-fas högspänning med frekvensen 50 Hertz. Elkraften behöver därefter omvandlas i omformarstationer för att kunna brukas då tågen drivs vid 15 kV, 1 fas med frekvensen 16,7 Hertz. Från omformarstationerna går kraften via matarkabel till kontaktledningen som i sin tur står i kontakt med strömavtagaren på fordonet. Detta kallas för banmatningssystemet.

[1] Bantrafik 2022, Trafikanalys, https://www.trafa.se/bantrafik/bantrafik/

Järnvägens elanläggningar



Figur 1: Järnvägens elanläggningar (Trafikverket 2014)

Kontaktledningarna består av kontakttråd, bärlina och bärtråd. De hängs i en utliggare som är fäst i en stolpe. Stolparna står vanligtvis med ett avstånd på 60–65 meter från varandra men det avståndet kan kortas vid till exempel kurvor eller vindutsatta platser. Normalhöjd för kontaktledningarna ovanför spår är 5,5 meter men det kan också variera beroende på platsspecifika förutsättningar.

Kopplat till elkraftsystemet finns också ofta hjälpkraftledning, tågvärme, växelvärme, sugtransformatorer och andra komponenter. På platser där det inte är möjligt att placera stolpar mellan spåren anläggs så kallade ledningsbryggor. De kan bära flera kontaktledningar och typiskt användningsområde är bangårdar och stationsområden.

Trafikverket har definierat tre typer av fel som kan förekomma i kontaktledningssystemet:

- Tågstörande fel: Ett fel i kontaktledningen (inklusive fel i transformatorer längs banan och liknande) som leder till en tågstörning.
- Kontaktledningshaveri: Ett fel i kontaktledningen som gör att man inte kan passera med uppfälld strömavtagare.
- Kontaktledningsfel: Ett fel i kontaktledningen som kräver en åtgärd, men som inte behöver vara tågstörande.

Vanliga orsaker till fel i anläggningen är natur (träd eller grenar över ledningar, skräp som blåser in eller åska), djur (fåglar eller andra djur), komponenter som går sönder eller fel orsakade av trafikutövare.

I förebyggande syfte underhålls anläggningen för att minimera risken för fel. Trafikverket upphandlar entreprenörer som får i uppdrag att regelbundet vara ute i anläggningen för att upptäcka eventuella fel och brister. Årligen hanteras 1000 – 1400 fel i anläggningen kopplat till kontaktledningar.

I dagsläget har cirka 20 procent av elkraftsystemet uppnått sin tekniska livslängd och fram till 2033 bedöms en lika stor andel uppnå samma status (Trafikverket 2021). Därefter ökar behov ytterligare för reinvesteringar och underhåll kopplar till elkraftssystemet. Ett exempel från anläggningen är kontaktledningsstolpar mellan Gällivare och Kiruna som installerades för över 100 år sedan.

För perioden 2021 – 2024 bär elkraft en av de största reinvesteringsvolymerna i Trafikverkets underhållsplan. Det rör sig om ungefär 800 – 1300 miljoner kronor per år som går åt till exempel kontaktledningsbyten.

Järnvägssystemet är precis det, ett system. Det hänger ihop och är beroende av olika delar för att transport ska kunna ske mellan punkt A och punkt B. Det är alltså en stor nytta om det finns ett homogent system för hur fordon drivs på banor i ett system. Detta gäller även i ett perspektiv av omledningsfunktion för olika banor. Vid ett stopp på ordinarie bana kan redundansen i systemet öka genom att närliggande och kopplade banor kan fungera för omledning.

En av de inneboende styrkorna inom järnvägen är med den energieffektivitet som fordon kan framföras. Gångmotståndet är lågt, kapaciteten i både volym och vikt är hög samtidigt som energieffektiviteteten är hög. Om dessutom den energi som krävs kommer från hållbara källor, som exempelvis el från vattenkraft via kontaktledning, då blir både energiförbrukning och utsläpp per enhet jämförelsevis väldigt lågt.

Vid elektrifiering med kontaktledning tillgodogörs många av dessa fördelar. Direkta utsläpp, av till exempel CO2, är i det närmast obefintligt från driften, det skapas ett oberoende från fluktuerande bränslepriser och buller från motorer är relativt lågt. Dessutom finns rent fysisk-tekniska aspekter som snabb acceleration och återmatning av bromsenergi som positiva delar.

Elektrifiering med kontaktledning medför en investeringskostnad, vilken också kan öka beroende på förutsättningarna. Vid till exempel installation i tunnlar eller på broar finns risk för ökade kostnader då utrymme behöver frigöras. Det kommer också på sikt kräva underhållskostnader för att förlänga livslängden totalt sett men också minimera risken för störningar.

2.2 Strategiska mål, krav och bestämmelser

Transeuropeiska transportnätverket (TEN-T)

I förordningen för TEN-T, artikel 15, framgår det att:

2. Member States shall ensure that, by 31 December 2050, the railway infrastructure of the comprehensive network, except connections referred to in Article 14(1), point (d):

(a) is fully electrified as regards line tracks and, to the extent necessary for electric train operations, as regards sidings;

Det går även en hänvisning från artikel 16 som gäller stomnätet (core network) att:

2. Member States shall ensure that, by 31 December 2040, the railway infrastructure of the extended core network, except connections referred to in Article 14(1), point (d) for lines that are part of the network for freight transport:

(a) meets the requirements set out in Article 15(2), points (a) and (c);

I artikel 19 framgår också följande:

(h) developing innovative alternative fuels technologies for railways, such as hydrogen or battery powered trains for sections that are exempted from the electrification requirement and rail access routes;

Alternative Fuels Infrastructure (AFIR)

I juli 2021 presenterade EU Kommissionen initiativet Fit for 55 vars målsättning är att reducera EU:s nettoutsläpp av växthusgaser med 55% fram till 2030, jämfört med 1990 års nivåer, samt att uppnå klimatneutralitet till år 2050. Inom Fit for 55 finns en förordning för Alternative Fuels Infrastructure, kort kallad AFIR. I förordning (EU) 2023/1804, som publicerades i september 2023 och som träder i kraft den 13 april 2024 står följande:

Skäl 61:

För att främja alternativa drivmedel och utveckla relevant infrastruktur bör de nationella handlingsprogrammen tillhandahålla en översikt över läget, perspektiv och planerade initiativ för att främja alternativa drivmedel i sektorer där det är svårt att fasa ut fossila bränslen, t.ex. luftfart, sjötransport, inlandssjöfart och järnvägstransport på delar av järnvägsavsnitt som inte kan elektrifieras. Särskilt bör medlemsstaterna tillhandahålla en översikt över läget, perspektiv och planerade initiativ för minskade koldioxidutsläpp från inlandssjöfart längs TEN-T-nätet, i nära samarbete med medlemsstater som berörs. Långsiktiga strategier för minskade koldioxidutsläpp skulle också kunna utvecklas för hamnar i TEN-T-nätet och flygplatser i TEN-T-nätet, särskilt inriktade på utbyggnaden av infrastruktur för utsläppssnåla och utsläppsfria fartyg och luftfartyg samt på järnvägslinjer som inte kommer att elektrifieras. På grundval av dessa strategier och med beaktande av de nationella uppgifterna om marknads- och trafikandelar

och marknadsprognoser bör kommissionen se över denna förordning i syfte att fastställa ytterligare bindande mål för dessa sektorer.

Och i efterföljande skäl 62:

Utvecklingen av teknik för alternativa drivmedel är också viktig för järnvägar, där direkt elektrifiering av en järnvägssträcka kanske inte är möjlig av skäl såsom tjänstens kostnadseffektivitet. Det finns olika tekniker för järnvägssektorn att ställa om från dieseltåg, däribland direkt elektrifiering, batteridrivna tåg och tillämpningar för vätgas. Utvecklingen av dessa tekniker innebär att det måste utvecklas en lämplig laddnings- och tankningsinfrastruktur i medlemsstaterna.

Detta konkretiseras i artikel 13:

När det gäller järnvägsinfrastruktur som inte omfattas av förordning (EU) nr 1315/2013 ska medlemsstaterna bedöma utvecklingen av teknik för alternativa drivmedel och framdrivningssystem för järnvägsavsnitt som inte helt kan elektrifieras av tekniska skäl eller av kostnadseffektivitetsskäl, såsom vätgas- eller batteridrivna tåg och, i förekommande fall, eventuella behov av infrastruktur för laddning och tankning.

I AFIR artikel 14 punkt 2 (l) står det också att medlemsstaterna senast den 31 december 2024 ska redovisa:

En översikt över läget, utsikterna och de planerade åtgärderna när det gäller utbyggnaden av infrastruktur för alternativa drivmedel, inbegripet mål, viktiga delmål och nödvändig finansiering avseende vätgas- eller batteridrivna tåg i segment av TEN-T-järnvägsavsnitt som inte kan elektrifieras;

2.3 Legala förutsättningar för batteridrift på elektrifierade järnvägssträckor och delelektrifierad järnväg

Detta avsnitt redogör översiktligt för de legala förutsättningar som finns för möjligheten att tillämpa batteridrift på dagens elektrifierade järnväg samt partiell elektrifiering av järnväg som idag inte är elektrifierad.

Batteridrift på elektrifierad järnväg

Järnvägens regelverk utgår från en teknisk konstruktion med kontinuerlig eldrift, dvs direktmatad el från kontaktledning till fordonets elmotorer.

Batteridrift är en indirekt matning till fordonets elmotor och har i denna översyn inga egentliga regelmässiga hinder för att kunna användas på dagens elektrifierade järnväg. Denna slutsats gäller både för laddning under färd och stillastående via

kontaktledning eller uttagspost. Det förutsätter dock godkända fordon för ändamålet och att järnvägsföretaget har ansökt om och fått tilldelad kapacitet.

Dock bör följande beaktas:

- Tilldelad kapacitet i spåret för batteridrift är inte beskrivet i dagens järnvägsnätbeskrivning (JNB). Batteridrivna järnvägsfordon kan innebära ett avvikande körmönster vilket skulle kunna innebära en anpassning i JNB vilket i sin tur leder till anpassade trafikeringsavtal (Trav). Här finns behov av att genomföra en konsekvensutredning om så blir fallet.
- Tillgänglighet via kontaktledning och uttagsposter är Trafikverkets ansvar. Själva batteridriften är järnvägsföretagets ansvar.
- Passar mer eller mindre bra för olika typer av transporter.

Järnvägsdrift och krav på fordon som ska trafikera statlig järnväg är strikt regelstyrt. Tillsynsmyndighet är Transportstyrelsen som har till uppgift att bedriva tillsyn och utfärda tillstånd. Transportstyrelsen har även föreskriftsrätt. Trafikverket tar fram egna styrande dokument (TDOK) som bygger på gällande regelverk och är ett stöd för myndighetens personal att utföra förvaltningsuppgiften.

Partiell elektrifierad järnväg

Partiell elektrifierad järnväg är en teknik som tidigare inte har tillämpats i Sverige och därför har varken tekniska eller legala förutsättningar utretts. Därför kan också endast vissa antagande göras.

I denna översyn är utgångsläget att partiell elektrifiering genomförs på en tidigare oelektrifierad sträcka som ingår i infrastrukturförvaltarens ansvar och där kapacitet tilldelas. Med den förutsättningen bör i stora drag dagens regelverk kunna tillämpas när det gäller tjänsteutbudet. Trafikverket kan troligen mäta förbrukning enligt dagens metoder. Schabloner istället för mätning kan möjligen möta hinder. Fordonen kompletteras med batterier men i övrigt bör dessa fordon till stor del kunna uppfylla kraven enligt järnvägstekniklagen.

Delelektrifiering, i form av partiell kontaktledning, kräver justering av Järnvägsnätsbeskrivningen (JNB) och en konsekvensutredning hur järnvägsmarknadslagen harmoniserar med en alternativ oprövad elektrifiering av svensk järnväg.

Vad gäller vätgas så kan det användas både som bränsle i en förbränningsmotor och i bränsleceller. Ett utgångsläge skulle därför kunna vara att se vätgas som ett utbud bland flera bränslen som diesel, bensin, gas.

Genomgång av regelverk som bör beaktas i det fall batteridrift och/eller partiell elektrifiering införs

Järnvägsmarknadslagen

Denna lag innehåller bestämmelser om förvaltning och användning av järnvägsinfrastruktur samt tillhandahållande av tjänster åt järnvägsföretag. Syftet med lagen är att säkerställa en väl fungerande järnvägsmarknad. Lagen uppfyller EU:s direktiv 2012/34/EU om inrättande av ett gemensamt europeiskt järnvägsområde (SERA-direktivet). Följande beskrivs i kap 9 under ”Tilläggstjänster och extratjänster”:

4 § En tjänsteleverantör som tillhandahåller en tilläggstjänst eller en extratjänst åt ett järnvägsföretag eller någon annan som ansöker om en sådan tjänst är skyldig att göra det på ett icke-diskriminerande sätt.

Tilläggstjänster är:

1. tillhandahållande av drivmotorström,
2. uppvärmning av persontåg,
3. kontroll av farligt gods, och
4. assistans för drift av icke-standardtåg.

Extratjänster är:

1. telekommunikationstjänster,
2. tillhandahållande av extra information,
3. teknisk kontroll av rullande materiel,
4. biljettförsäljning på stationer, och
5. tyngre underhåll som tillhandahålls i underhållsanläggningar avsedda för höghastighetståg eller andra typer av rullande materiel som kräver särskilda anläggningar.

Järnvägstekniklagen

Denna lag innehåller bestämmelser om tekniska krav för fasta installationer och fordon. Syftet med lagen är att bidra till ett europeiskt sammanlänkat och driftskompatibelt järnvägssystem. Lagen uppfyller EU:s direktiv (EU) 2016/797 om driftskompatibiliteten hos järnvägssystemet inom Europeiska unionen. Kap 4 i lagen anger grundläggande krav på fordon:

1 § Ett fordon får släppas ut på marknaden endast om det uppfyller kraven enligt 2 kap. 1 § första stycket och efter godkännande av tillsynsmyndigheten i enlighet med

detta kapitel eller av Europeiska unionens järnvägsbyrå. Ett godkännande gäller för ett visst område (område för användning).

Ellagen

Förordning till ellagen om icke koncessionspliktiga nät medger att el för fordonsframdrift kan byggas utan stöd av nätkoncession vilket innebär att ny infrastruktur (elkraftsystem) för batteridrift (laddning) av fordon på järnvägen kan byggas med stöd av järnvägsplan. I det fall ny infrastruktur ska byggas för att partiellt elektrifiera befintlig järnväg kan det göras utan krav på nätkoncession för elektriska ledningar, även om dessa installeras utanför själva spårområdet.

Järnvägsnätsbeskrivningen

Enligt järnvägsmarknadslagen ska en infrastrukturförvaltare upprätta en beskrivning av det järnvägsnät som förvaltaren råder över. Beskrivningen ska innehålla uppgifter om tillgänglig infrastruktur samt information om villkoren för tillträde till och användning av infrastrukturen och om förfaranden och kriterier för fördelning av infrastrukturkapacitet.

Trafikverket redovisar därför en järnvägsnätsbeskrivning (JNB) varje år.

En JNB anger inte företeelsen batteridrift specifikt. JNB och tjänsteutbudet måste vara harmoniserat och därför bör batteridrivna fordon beskrivas och hur de hanteras i fall en etablering sker. I det fall partiellt elektrifierade järnvägar etableras måste även dessa beskrivas i JNB. Trafikeringsavtalen som sedan tecknas med respektive järnvägsföretag bygger på JNB och tjänsteutbudet.

Trafikverkets strategi för tjänsteutbud och prissättning (TDOK 2020:372)

Tjänsteutbudet omfattar drivmotorström som generell företeelse, det vill säga den anger inte hur drivmotorström omvandlas till rörelseenergi. Dock borde tjänsteutbudet förtydligas i det fall batteridrivna fordon etableras, både när det gäller dagens elektrifierade järnväg och en eventuell uppbyggnad av partiellt elektrifierad järnväg. Detta TDOK är harmoniserat med JNB. Följande är citat ur strategin:

• Energi och bränsle - Trafikverket erbjuder tillträde till elanläggningar för drivmotorström och uppvärmning/kylning och el på statens järnvägsnät som Trafikverket förvaltar.

• Drivmotorström (El via kontaktledning) - Trafikverket ska erbjuda el till drivmotorström via kontaktledning. Användning av el bör baseras på mätning av fordonens faktiska förbrukning genom installerade elmätare i fordonen.

• El för uppvärmning och kylning - Trafikverkets ska erbjuda el för uppvärmning och kylning av fordon via lok-, tåg- och diesellokvärmeposter. Ingen annan aktör bör ges möjlighet att installera i för detta ändamål nödvändiga anläggningar vid statens järnvägsnät på grund av säkerhets och kapacitetsskäl.

• Trafikverket ska inte erbjuda bränslen och bränsledepåer/tankar för väg- och järnvägsfordon eller laddningsmöjlighet/uttag för motorvärmare (el) för vägfordon.

Hantering av externa anslutningar till järnvägens kraftförsörjningssystem (TDOK 2020:0427)

Regelverket omfattar inte den leverans av el som ingår i tjänsteutbudet för järnvägsfordon. Regelverket är till för att ge verksamheten stöd när externa anslutningar ska avvecklas och i vissa fall anslutas. Här anges att byggström från hjälpkraften inte får användas för laddning av fordon. Regelverket har ingen inverkan så länge det handlar om drivmotorström för järnvägsfordon med tilldelad kapacitet.

2.4 Elektrifiering i Europa

I en internationell kontext är Sverige ett av de länder i Europa med högst andel elektrifierad järnväg (med kontaktledning). EU Kommissionen[2] har sammanställt data från 2022 som kommer från Eurostat vilket i ett urval redovisas i tabell 1.

Tabell 1: Elektrifiering med kontaktledning i Europa

Nation	Andel järnväg elektrifierad med kontaktledning
Belgien	87%
Danmark	32%
Finland	57%
Frankrike	59%
Irland	3%
Italien	72%
Nederländerna	74%
Norge	65%

[2] European Commission, European Alternative Fuels Observatory, Rail, Rail | European Alternative Fuels Observatory (europa.eu)

Nation	Andel järnväg elektrifierad med kontaktledning
Schweiz	99%
Spanien	64%
Storbritannien	38%
Sverige	75% (statlig järnväg 84%)
Tyskland	54%
Ungern	41%
Österrike	71%

Den totala andelen i EU är 57% enligt Eurostat[3] som också redovisar en ökning med 31% mellan 1990 och 2022.

2.4.1 **Europe's Rail**

I EU Rail programmet samarbetar tågleverantörer, forskningsutförare, operatörer och infrastrukturhållare om alternativa bränslen och drivlinor i projekten Rail4Earth samt FUTURE. Forskningen har en bred ansats för både bränslen och drivlinor.

Vätgas är en energibärare som båda projekten studerar som en möjlig ersättning till dagens fossila diesel. Vätgasen kan användas till både bränslecellbaserade elektriska drivlinor eller förbränningsmotorbaserade drivlinor. Även derivat från vätgas såsom ammoniak (för in kväve) och e-fuels (för in koldioxid) kommer att studeras i FUTURE liksom möjligheten till delelektrifiering i anslutning till stationer i kombination med batteridrift.

Samspel och beroende med andra transportsystem, lokalsamhälle, lokal industri samt lokala och regionala energi- (mest el-) system är avgörande för den totala energieffektiviteten. Effekt finns på många ställen, till exempel i Mellansverige, men är inte nödvändigtvis tillgänglig för snabbladdning av tåg.

Frågor som kommer att hanteras i EU Rail-projekten är vilka batterilager som behövs, behövs det istället vätgaslager till exempel för vätgasbaserade tåg eller för att kunna leverera effekt till ett batteridrivline tåg. Modeller för lokalisering av tankstationer baserat på efterfrågan av vätgas, möjligheter till vätgas på-plats-produktion samt logistikkedjor från olika produktionsplatser skall utvecklas för olika användningsfall.

[3] *Electrified railway lines increased by 31% since 1990,* Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240313-1

Vid vätgaslagring så behöver lösningar som delar med sig av överskottsvärmen till exempel till omkringliggande fastigheter och öppen fjärrvärme undersökas. Då kan vätgasens systemeffektivitet öka från 30% till omkring 80%. Batteri- och vätgaslager kan därtill utjämna fluktuationer i det lokala elnätet.

Det är också nödvändigt att interoperabilitet skapas med tunga vägtransporter både vad gäller laddning och tankning av batteridrivlinor respektive vätgasdrivlinor.

I Rail4Earth fortsätter arbetet med förstandardisering för gränssnitt mellan fordon och infrastruktur som till exempel mekaniska gränssnitt (exempelvis stickproppar), elektriska gränssnitt och kommunikation mellan fordon och infrastruktur. För svensk del är det avgörande att tågen kan framföras under svenska vinterförhållanden. Vintertester av batteritåg är inom Rail4Earth planerade att genomföras i Sverige år 2027.

2.4.2 **Norge**

I Norge är ungefär 65% av järnvägsnätet elektrifierat med kontaktledning. Det motsvarar enligt Jernbanedirektoratet[4] cirka 80% av den tågtrafik som bedrivs. Det är alltså fortsatt en relativt stor andel som drivs på alternativa sätt, oftast då diesel.

Hösten 2023 redovisade Jernbanedirektoratet en så kallad konseptvalgutredning (KVU) var syfte var att utreda hur utsläpp av växthusgaser kan reduceras. Utredningen kallas KVU Green och Jernbanedirektoratet har i den värderat ett antal koncept (fossil diesel, icke-fossil diesel, vätgas, batteri, elektrifiering) dels gentemot varandra som generella alternativ men också konkret gentemot ett antal järnvägsstråk i Norge.

I den norska utredningen konstateras att olika koncept passar för olika stråk. För Nordlandsbanen, mellan Trondheim och Bodö, rekommenderas vidare utveckling med batteri kompletterat med delelektrifiering. För Rörosbanen (Hamar-Trondheim) och Solörbanen (Elverum-Kongsvinger) rekommenderar Jernbanedirektoratet att elektrifiera med kontaktledning. Och slutligen för Raumabanen (Dombås-Åndalsnes) rekommenderas vidare utredning då framtagna koncept inte är samhällsekonomiskt lönsamma. Tillsvidare är inriktningen att fortsätta driva med diesel vilket Jernbanedirektoratet argumenterar för kan accepteras då banans utsläpp är en liten andel av de totala utsläppen (drygt 3%).

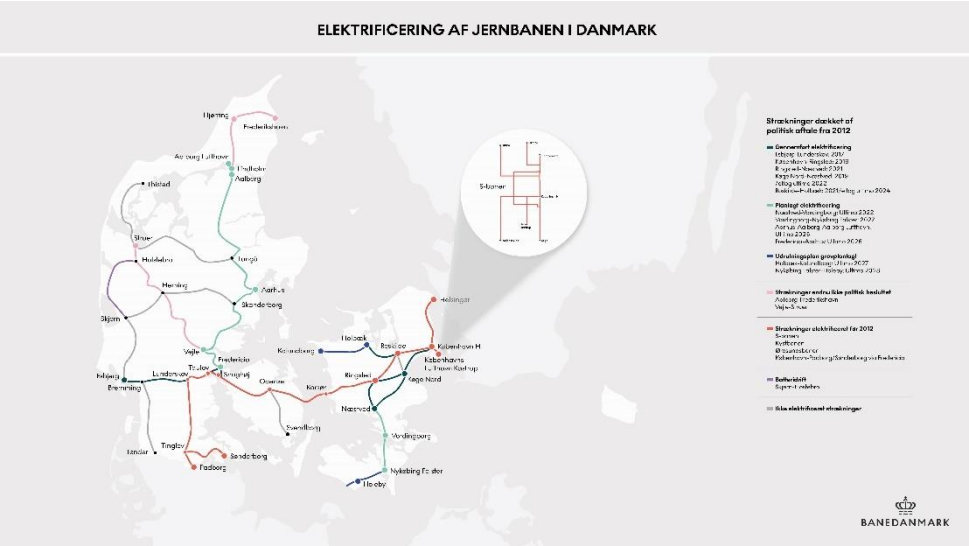
2.4.3 **Danmark**

I Danmark pågår ett stort elektrifieringsprogram på järnväg där stora delar av järnvägsnätet elektrifieras med kontaktledning mellan 2014 och 2029. Det kommer då ersätta driften med diesellok som är dagens standard på banorna. Några banor

[4] KVU GREEN: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren - Jernbanedirektoratet

kommer tillsvidare vara föremål för diesel och på en sträcka gäller batteritåg (Skjern-Holstebro).

Schematisk bild över elektrifiering av järnväg i Danmark



Figur 2: Schematisk bild över elektrifiering av järnväg i Danmark (Banedanmark)

3 Andra tekniker för elektrifiering

I detta kapitel redovisas en beskrivning av olika andra aktuella tekniskslag. Den nuvarande konventionella eldriftslösning via kontaktledning har höga investeringskostnader som idag kan ersättas av andra tekniska lösningar, som har stor potential att uppnå samma samhällsekonomiska nytta till en lägre investeringskostnad och påföljande underhållskostnad. I detta kapitel beskrivs dessa olika tekniker som kan vara relevanta alternativ till den traditionella elektrifieringen med kontaktledning.

Det finns i nuvarande system också potential för ytterligare effektiviseringar som skulle kunna reducera energibehovet vid framförande av fordon. Exempel som energimätare, ecodriving och en optimerad tågledning är sådana som tidigare redovisats (Fröidh & Jansson 2021).

3.1 Delelektrifiering

Att delelektrifiera innebär att ett stråk elektrifieras enbart på vissa delar i syfte att investeringarna ska vara mer kostnadseffektiva, även kallat elektrifiering med partiell kontaktledning. Vid en delelektrifiering behöver tåg som färdas på dessa sträckor, som både är elektrifierade och oelektrifierade, antingen vara bi- eller trimodala eller vara utrustade med batteripack som kan laddas vid färd på de elektrifierade banorna vilket således förutsätter att tågfordonen behöver utvecklas alternativt bytas ut.

De elektrifierade sektionerna behöver vara strategiskt placerade och vara dimensionerade så att de är tillräckligt långa för att tågens batteri ska kunna laddas upp. Dessa sträckor behöver ta hänsyn till tåglinjernas lägen och de fordonstyper som färdas på linjerna. Det behöver även tas hänsyn till vad som är ekonomiskt och tekniskt möjligt ur ett kraftmatningsperspektiv[5]. Jernbanedirektoratet har utrett potentialen för delelektrifiering i KVU Green och rekommenderar att elektrifieringen av strategiska sträckor undviker tunnlar och broar för att minimera investeringskostnaderna[6].

I KVU Green rekommenderas delelektrifiering av Nordlandsbanen vilket skulle innebära en utbyggnad av elektrifierade sträckor med kontaktledning där det förekommer längre lutningar och på vissa stationer. Dessa sträckor som då elektrifieras kan användas för laddning av batterierna och sträckorna mellan förutsätter att tåg kan drivas med ett batteripack. Detta alternativ skulle resultera att investeringskostnaderna höjs för fordonen men samtidigt minskar

[5] WSP (2023), *Förstudie zero emission järnvägsfordon*

[6] Jernbanedirektoratet (2023), *KVU GREEN: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren - hovedrapport*

investeringarna i järnvägsinfrastrukturen och nya kontaktledningar. Jernbanedirektoratet förespråkar att inledningsvis är bimodal drift ett bra alternativ vid en övergång till mer hållbara teknikalternativ. Bimodal drift betyder att tåg kan använda både el (via kontaktledning) och diesel eller biodiesel som drivmedel, vilket ger en god anpassning till existerande infrastruktur.

Batteriteknik

Batterifordon är byggda på nästintill samma sätt som konventionella elektriska fordon. Det som främst skiljer åt är att det finns ett system för energilagring. I batterisystemet ingår ett laddningssystem, ett antal battericeller, spänningsomvandlare och ett temperaturkontrollsystem. När batteriet är inkopplat i fordonets elsystem kan batteriet dels agera som en primär energikälla till traktionsmotorer och hjälputrustning (vid framförande utan kontaktledning), dels laddas via kontaktledning (vid framförande med kontaktledning) [7].

Hur långa sträckor?

En delelektrifiering av järnvägssystemet kan ha olika utformning. De utplacerade laddningssektionerna kan både vara kortare och längre sträckor längs banan. I Tyskland har de exempelvis tillämpat användningen av flera fristående laddningssektioner, där dessa kan variera i längd mellan några hundra meter upp till flera kilometer, beroende på om de är på stationer eller längs järnvägsstråk[8].

En annan lösning definierad som delelektrifiering är att etablera laddningsstationer på ett antal järnvägsstationer längs sträckan. Detta kan exempelvis vara på slutstationerna, vilket är att föredra på kortare banor, men det kan även vara laddningsstationer på flera stationer längs järnvägsstråken. Vid laddning på stationer är den primära lösningen att plattformen har en kontaktskena upphängd ovanför spåren och att tågen laddas via en takmonterad strömavtagare.

För att en delelektrifiering ska fungera krävs att dessa delsträckor kan säkerställa en tillräckligt god kraftöverföring så att batteriet hinner laddas upp. En uppladdning till ca 80% batterikapacitet kan transportera tågen på ca 10 mil långa oelektrifierade sträckor. Graden av elektrifiering, det vill säga hur långa laddningssträckorna är och hur tätt de är placerade är beroende av hur lång tid tågen behöver färdas på den elektrifierade sträckan för att hinna ladda den energimängd som krävs. Energiförbrukningen hos fordonet har även en påverkan, vilket kan variera.[9]

Jernbanedirektoratets KVU Green beskriver att fordonets strömanvändning vid drift samt de elektrifierade sträckorna tillsammans med batteriernas och banströmförsörjningens egenskaper påverkar hur mycket batterierna laddas per

---

[7] WSP (2023), *Förstudie zero emission järnvägsfordon*
[8] Ibid (2023).
[9] WSP (2023), *Förstudie zero emission järnvägsfordon*

kilometer laddningssträcka, och därmed också hur långa eventuella laddningssträckorna behöver vara. Vid behov av höga laddningseffekter, i syfte att snabbt kunna ladda batterierna, är dimensioneringen av fordonets transformator och likriktare betydande. Högre laddningseffekter kräver större transformatorer och likriktare, som både är tyngre och kräver mer utrymme. Därmed behöver fordonsleverantörer göra avvägningar för hur de prioriterar användningen av tillgänglig bärförmåga för vikt och tillgänglig volym för batterier. På en övergripande nivå bör laddningssträckorna och omformarstationer placeras så att ett starkt laddningsnät finns tillgängligt och omformarstationerna kan placeras på platser som är lämpliga för ändamålet[10].

Det är mycket som påverkar valet av var man placerar en elektrifierad sträcka, oavsett om det är en delsträcka eller en laddningsmöjlighet på en station. Det som påverkar är banans hastighet och dess topografi, fordonets egenskaper, längden på laddningssektionen, längden på nästkommande laddningssektion, samt batteriets kapacitet och egenskaper. Det är även viktigt att ta hänsyn till strömförsörjningen kopplat till laddinfrastrukturen och dess närhet till annan järnväg med kontaktledning. Även typ av trafik, sträckans längd, avstånd till det överliggande elnätet samt avståndet till Trafikverkets 132 kV-nät[11] påverkar.

Finns det exempel på delelektrifierade sträckor nu?

Det finns en del exempel där det förekommer delelektrifiering med kontaktledning. I dessa fall är många av de tåg som används för att möjliggöra en delelektrifiering hybridtåg (även kallade bi- eller tri-mode), som har möjlighet att växla mellan el, diesel och batteri. Batterierna kan laddas upp när tåget bromsar eller när tåget är anslutet till en kraftledning via järnvägen. I flera delar av Italien finns dessa hybridtåg som idag körs tillsammans med konventionella dieseldrivna och eldrivna tåg. Det planeras att inom kort finnas totalt 135 batteridrivna tåg som färdas i Italiens järnvägssystem. I flera andra delar av världen implementeras andra innovativa strategier i syfte att reducera klimatavtrycket. I Tyskland har det införts helt vätgasdrivna tåg som kör i nordvästra delarna av landet och i Schleswig-Holstein går världens första regelbundna linjetrafik med batterielektriska tåg. I Nordamerika har Kanada varit först med att trafikera järnvägen med vätgasdrivna tåg, vilka togs i bruk sommaren 2023.

Under de senaste åren har järnvägsoperatörer i Europa gjort ansträngningar för att elektrifiera järnvägen. Men framstegen har varit blygsamma hittills då fortfarande mer än hälften av Europas järnvägstrafik fortfarande drivs med dieseltåg. För att påskynda utfasningen av fossildrivna tåg till mer hållbara alternativ kan

---

[10] Jernbanedirektoratet (2023), *KVU GREEN: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren - hovedrapport*

[11] WSP (2023), *Förstudie zero emission järnvägsfordon*

batteridrivna tåg vara lämpliga alternativ, då detta är en omedelbar lösning för att minska koldioxidutsläppen inom järnvägstrafiken[12].

I norra Tyskland drivs ett arbete för att elektrifiera fler delar av järnvägssystemet. Dessa sträckor som planeras kommer vara mycket korta och agera som räckviddsförlängare. De korta sträckorna som elektrifieras förutsätter att de batteridrivna tågen stannar på dessa platser och inväntar att batteriet laddas upp, då sträckorna planeras att enbart vara några hundra meter upp till ett par kilometer. Detta kommer göras främst i anslutning till stationer[13].

3.2 Fossil diesel

Diesel används som energikälla i tågfordon med förbränningsmotorer, vilket används på de sträckor som inte är elektrifierade och till fordon som färdas på elektrifierade banor men som inte är byggda för att använda el som energikälla. Det kan även användas konventionella dieselmotorer i viss mån under kontaktledning mellan oelektrifierade spår, vilket bland annat kan vara mellan hamnspår och terminaler. Dieseldrift är lättillgängligt då det finns ett utbrett system med tankstationer på depåer och större järnvägsstationer[14]. Diesel har använts under lång tid och är en etablerad och förutsägbar energikälla. Dieseldrivna tåg ger fordonen en stor räckvidd, dock har de en högre energiförbrukning än eldrivna tåg[15].

3.2.1 Icke-fossil diesel

Flytande bränsle gjort på förnyelsebara råvaror kan ersätta diesel i konventionella förbränningsmotorer och kan ge upp till 90% reduktion av utsläpp av koldioxid.. Biodrivmedel finns i form av gas eller flytande och är tillverkat av biologiska material. Verkningsgraden är densamma som för dieselbränslen, dvs närmare 50% som bäst i lastvagnsmotorer. Ett exempel på biodrivmedel är HVO100. Diesel kan ersättas av HVO100 relativt enkelt i flertalet dieselmotorer. RME (rapsmetylester) är också ett alternativt biobränsle men det kräver också ofta en del ombyggnation av fordonsutrustningen.

---

[12] Smithsonian Magazine (2023), *Europe's First Battery-Powered Trains Are Here.* Europe's First Battery-Powered Trains Are Here | Smart News| Smithsonian Magazine (hämtad 2024-01-04)

[13] Informed Comment (2022), *Germany Plans to drive 10 million km of Train Traffic in one Province Electrically with New Charging Technology* Germany Plans to drive 10 million km of Train Traffic in one Province Electrically with New Charging Technology (juancole.com) (Hämtad 2023-11-29)

[14] KTH, avd. för transportplanering (2021), *Energieffektiv järnväg: Styrmedel mot klimatmålen*

[15] Jernbanedirektoratet (2023), *KVU GREEN: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren - hovedrapport*

För nya bränslen behöver det finnas en etablerad produktion samt distribution via tankställen längs järnvägen. HVO100 har införts längs Inlandsbanan där de även som infrastrukturförvaltare subventionerar användandet av HVO100 genom lägre banavgifter, i syfte att öka incitamenten hos tågoperatörer att byta ut diesel till ett mer hållbart alternativ, i detta fall HVO100[16]. Värmlandstrafik är även en annan användare som har infört HVO100 i sin regionala persontrafik[17].

Batteriteknik och vätgasteknik inom järnvägssektorn är i tidiga faser av dess utveckling. Tekniken finns introducerad i en liten skala men förutsätter starka incitament från tågoperatörer som kan lösa de utmaningar som medföljer. I många fall kan därmed biodrivmedel, så som HVO100 vilket nämnts ovan, vara ett kostnadseffektivt alternativ som enbart kräver utbyte av drivmedel och ingen investering i nya fordon.[18] Distribution och lagring av biodiesel är enkel. HVO innebär låga kostnader för motor, distribution och lagring. Utmaningar är huvudsakligen att råvaran är begränsad.

Ytterligare exempel på icke-fossila drivmedel är etanol, E-metanol och ammoniak.

3.3 Vätgas

Vätgas kan produceras med låg klimatpåverkan av förnybar el och vatten. Den används i en bränslecell eller förbränningsmotor och generar då inga koldioxidutsläpp, kolmonoxid, kolväten eller sot. Bränsleceller kan ge högre verkningsgrad, uppemot 60%, men minskar med effektuttag. Vätgasmotorer ger mycket höga verkningsgrader, ca 52%, och då vid hög effekt.

Utmaningar med vätgas är bland annat teknisk mognad, långtidsdrift och beroendet av exklusiva material och därmed kostnader för bränsleceller. För motorer är utsläpp av kväveoxider samt komplexa bränsleinsprutningssystem utmaningar, men å andra sidan har vätgasmotorer sammantaget en lägre prisbild. Vätgas har extremt lågt volymetriskt energiinnehåll vilket komplicerar och fördyrar lagring och distribution.

Användning av vätgas som drivmedel för järnvägsfordon förutsätter att fordonen är utrustade med vätgastankar, bränsleceller, batteri och en elektrisk motor. Tekniken fungerar så att vätgasen färdas från lagringstanken och genom bränslecellen och på så sätt produceras det elektrisk energi. Laddning av fordonets batteri sker samtidigt under färd när fordonet bromsar vilket gör att det genereras energi som matas tillbaka in i batteriet.

---

[16] Inlandsbanan (2023), *Med miljön i tanken* Med miljön i tanken | Inlandsbanan Hämtad (2023-12-13)

[17] KTH, avd. för transportplanering (2021), *Energieffektiv järnväg: Styrmedel mot klimatmålen*

[18] Deutsche Bahn AG (u.å), *Fossil-free driving with biofuels* Fossil-free driving with biofuels at Deutsche Bahn (Hämtad 2024-01-04)

Generellt finns det i dagsläget inget etablerat system för vätgasproduktion och vätgasdistribution. Antingen kan det etableras en lokal produktion i anslutning till järnvägen alternativt en produktion mer avlägset som förutsätter att bränslet transporteras till tankstationerna. Fördelarna med en lokal produktion är att den blir integrerad på ett bättre sätt med järnvägssystemet.

Med en lokal produktion går det att minska mycket transporter som levererar vätgas till tankstationerna. Dock medför detta höga investeringskostnader om det behöver etableras vätgasproduktion som enbart förser järnvägsfordon med bränsle. Vid en avlägsen vätgasproduktion tillkommer även logistikkostnader då det finns utmaningar vid hög förbrukning av vätgas och långa transporter [19] .

Marknadsutvecklingen av vätgastekniken för järnvägsändamål styrs till stor del av fordonstillverkare. De har drivit egna pilotprojekt inom området vilket ofta gjorts tillsammans med trafikhuvudmän och inom forskningsprogram. Vätgasteknik och användning av bränsleceller är inte helt främmande, då denna teknik förekommer inom andra områden, däremot är det en relativt oprövad teknik inom järnvägsfordon.

I Tyskland nåddes en stor milstolpe 2018 då det första kommersiella vätgaståget introducerades inom persontrafiken. Modellen var Alstom Coradia iLint som testades i Niedersachsen. Det har även beställts ytterligare 14 stycken vätgaståg för att ersätta de 14 nuvarande dieseltåg som trafikerar i samma område. Det finns även fler beställningar från Alstom till bland annat Italien, Frankrike och Tyskland. Fler leverantörer av vätgasfordon finns på marknaden som utvecklar och levereras dessa, bland annat ska en beställning av Stadler leverera 4 stycken Hydrogen-Flirt till USA, med en option på ytterligare 21 stycken. Även Siemens levererar vätgaståg med deras plattform Mireo Plus H.[20]

Ett vätgaskoncept kräver likartad infrastruktur som den för dieseldrift då tankstationer behövs längs banan där tågen körs eller i anslutning till dess stationer eller den bana som tåget ska trafikera. Detta för att det krävs en driftnära infrastruktur för detta koncept. En förutsättning för att detta koncept ska fungera är att utbudet och kapaciteten av vätgas tillfredsställer den efterfrågan som finns. Vätgasen måsta kunna tillhandahållas i den form som är kompatibel med tekniken, om det antingen är flytande eller i gasform.

Drivmedlet behöver också kunna överföras till ett fordon på ett säkert sätt. Beroende på vilken teknik som används kan tankningen av vätgasfordon variera mellan några minuter upp till en timme, förutsatt att all infrastruktur som krävs är etablerad. Det finns exempel där tekniker kan möjliggöra en tankning av spårfordon

---

[19] Jernbanedirektoratet (2023), *KVU GREEN: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren - hovedrapport*

[20] WSP (2023), *Förstudie zero emission järnvägsfordon*

på 15 minuter. I Tyskland har det tillämpats mobila tankstationer som ett sätt att säkerställa tankmöjligheter innan det har införts permanenta tankstationer [21].

En tankstation för vätgas kan medföra en del restriktioner relaterat till personsäkerhet. Vätgas i flytande form har en mycket låg temperatur som kräver särskild hantering. Vätgas har även en stor brand- och explosionsrisk, vilket ställer stora krav på den som anlägger och tillhandahåller en vätgasstation. Detta gör det troligt att det kommer krävas särskilda krav på utbildad personal som vistas nära vätgasanläggningen, och en viss övervakning av området[22].

De vätgaståg som har introducerats i praktiken är utvecklade för den kommersiella persontrafiken, särskilt för regionaltågstrafik. Dessa har en räckvidd som är längre än batteridrift då de klarar ungefär 500–1000 kilometer. Räckvidden är beroende av om det är två- eller trevagnarsutförande, vilket även påverkar maxhastigheten som är mellan 130 och 160 km/h.

Vätgasfordons räckvidd är jämförbart med konventionella dieseltåg, vilket gör att kraven och förutsättningarna på en kompatibel infrastruktur och dess anpassning inte är lika höga som för batteritåg, som kräver en anpassning av infrastrukturen.

Företaget Alstom avser leverera det första vätgasdrivna godståget i Europa, vilket är planerat till 2025. Detta gör att godståget kan färdas även på oelektrifierade sträckor. Denna tekniska lösning kommer inkludera en generatorvagn med ett kraftfullt bränslecellsystem som drivs av förnybar vätgas. Tågloket kommer alltså försörjas med el utan behov av kontaktledning, utan istället genom generatorvagnen.[23]

3.4 Batteri

De batteridrivna fordonens räckvidd blir allt längre och längre då batteritekniken utvecklas snabbt. För järnvägstrafiken finns en redan etablerad standardlösning för elgenerering, vilket är kontaktledningar med högspänning i anslutning till järnvägen. Detta gör att det ligger nära till hands att använda bimodala fordon eller hybridfordon, som både har möjligheten att köra på batteriström på oelektrifierade sträckor men också på direktel på elektrifierad bana[24].

---

[21] Altstom (2020), *World's first hydrogen filling station for passenger trains to be built in Bremervoerde.* World's first hydrogen filling station for passenger trains to be built in Bremervoerde | Alstom (hämtad 2023-12-16)

[22] Jernbanedokotratet (2019) *NULLFIB Delmål 4: hydrogen, biogass og biodiesel*

[23] Alstom (2022), From 2025, Nestlé Waters France will use the first hydrogen-powered freight train through an innovative solution developed by Alstom and ENGIE | Alstom

[24] KTH, avd. för transportplanering (2021), *Energieffektiv järnväg: Styrmedel mot klimatmålen*

Hybridfordon är inte beroende av enbart uppladdning med el från kontaktledning utan kan även använda sig av förbränningsmotorer eller bränsleceller för att få större räckvidd på oelektrifierade banor. I både Tyskland och Norge har batteridrift utretts. Främst har det rört sig om regional persontrafik som idag är dieseldriven men som har potential att kunna ersättas med batterieldrift. I Tyskland har en studie genomförts där de rekommenderar att man inför batterielektriska fordon för oelektrifierade sträckor. Samtidigt beskrivs det att vätgasdrift inte ses som ett förstahandsval då det inte har tillräckligt utvecklad infrastruktur för tillverkning och distribution av vätgas i dagsläget[25].

Idag finns batterielektriska tåg redan i drift, eller som koncept på flera ställen. Tåg som drivs med elektriska batterier har begränsad räckvidd, men kan ändå vara mycket användbar för att täcka korta eller medellånga oelektrifierade gap i infrastrukturen, både för gods- och persontrafik.

Idag finns en viss utveckling av batteriteknik för godståg, där det arbetas för att elektrifiera loken. Godståg är ofta mycket tunga vilket försvårar en implementerbar teknik. Wabtec Corporation presenterade världens första batteridrivna, tunga godståg i november 2023. Just nu är ambitionen att ersätta ett av diesellokomotiven med denna nollutsläppsmodell, som laddar sitt batteri genom regenerativ bromsning. Med hjälp av mjukvara för energihantering hämtar tåget sedan energi från batterierna vid optimala tidpunkter eller låter det laddas upp och under tiden används istället dieselmotorerna.[26]

3.5 Tri-mode

Tri-mode är ett namn för de tåg som kan drivas via elektricitet genom traditionella kontaktledningar, batteripack och även diesel. Tri-mode tåg kan i vissa fall benämnas som hybridtåg. Denna tågmodell gör det möjligt för tåg att reducera dieselanvändningen genom att använda det uppladdade batteriet på de oelektrifierade järnvägssträckorna.

Det sker idag en snabb utveckling av dessa tågtyper och de tri-mode tåg som idag erbjuds på marknaden kan anses vara lämpliga i ett kort och medellång tidsaspekt. De som Hitachi producerar kom i drift i slutet av 2022 och de var först ut på den stora marknaden. Batterikapaciteten i dessa tåg är begränsad då det enbart ger tågen en räckvidd på ca 15 kilometer. Batteriet kan laddas upp samtidigt som tåget drivs på elektricitet via kontaktledning eller när det drivs på diesel. Utöver att batterierna används som drivmedel, används de också för uppvärmning av tågen

[25] KTH, avd. för transportplanering (2021), *Energieffektiv järnväg: Styrmedel mot klimatmålen*

[26] Canary Media (2023), *Full steam ahead for electric freight trains,* Full steam ahead for electric freight trains | Canary Media (hämtad 2024-01-06)

och även dess belysning. Ett tri-mode-tåg kan sänka koldioxidutsläppen med 50% i jämförelse med konventionella dieseltåg[27].

Ett aktuellt exempel på upphandling av tri-mode-tåg är London North Eastern Railway (LNER). Det är en tågoperatör på sträckan London-Leeds-Newcastle-Glasgow-Inverness med tillhörande grenar. I november 2023 meddelade de att bolaget köper 10 tri-mode-tåg från spanska tillverkaren CAF[28].

3.6 Interoperabilitet

Järnvägen är ett system som bygger på ett nätverk av länkar och noder. Detta nätverk är inte bara nationellt utan sträcker sig även utanför Sveriges gränser med kopplingar till både Danmark, Norge och Finland. För ett effektivt utnyttjande är det en fördel om så många ingående komponenter som möjligt kan fungera tillsammans, så sömlöst som möjligt.

I frågan om kraftförsörjning är det dominerande systemet konventionella kontaktledningar. Det medför att andra tekniklösningar kan innebära någon form av barriär då det exempelvis kan kräva byte av lok för att ta ett konkret exempel.

Interoperabilitet på järnväg är en viktig faktor kopplat till effektivitet i aspekter som tid och pengar. Men interoperabilitet behöver inte heller vara helt beroende av vilken infrastruktur som tillhandahålls utan kan numera också handla om vilken typ av lok som används. Utvecklingen av hybridfordon går snabbt med bi- och trimodala lösningar.

Vikten av interoperabilitet kan också bero av vilket stråk det handlar om. En länk mellan två banor eller ett stråk med internationell trafik har större behov av interoperabilitet än en järnvägssträcka som är en enskild bana med bara en koppling i en ände.

3.7 Framtida marknadspotential och utveckling

Järnvägsfordon med batteri har idag en snabb marknadsutveckling. Batteridrivna järnvägsfordon erbjuds idag av de största fordonsleverantörerna, dock i begränsad omfattning och främst som fordon för persontrafik av typen regionalfordon. Därmed kan det konstateras att utvecklingen av batteridrivna fordon för persontrafik har kommit längre än utvecklingen inom godstrafik. Lösningar för godstrafik testas i olika projekt och är under utveckling[29].

---

[27] BBC (2023), *Europe's first 'tri-mode' hybrid train,* Europe's first 'tri-mode' hybrid train - BBC Reel (hämtad 2023-12-03)

[28] LNER (2023), *FIRST TRI-MODE LONG DISTANCE TRAINS FOR THE EAST COAST MAIN LINE,* First Tri-Mode Long Distance Trains For The East Coast Main Line (lner.co.uk) (hämtad 2024-02-27)

[29] WSP (2023), *Förstudie zero emission järnvägsfordon*

De flesta batterilösningar som har utvecklats kan tillämpa en räckvidd på 80-120 kilometer. Till detta bör det tilläggas att teknikutvecklingen sker till större del på en internationell arena, där Tysklands efterfrågan på batterilösningar driver marknadsutvecklingen. I Tyskland lämpar det sig bra med en räckvidd på cirka 100 kilometer då de befintliga oelektrifierade sträckorna är relativt korta och sträcker sig genom mindre städer, där batteridrivna tåg kan färdas utan kontaktledning, för att sedan ta sig tillbaka till det elektrifierade järnvägsnätet.

Det finns batterilösningar som kan ge en hastighet upp till 160 km/h med batteridrift. En batterikapacitet på över 500 kWh är möjligt för en trevagnarsenhet. Som tidigare nämnts är den uppskattade räckvidden mellan 80 och 120km, men detta behöver analyseras mer ingående för respektive sträcka, då de geografiska förutsättningarna som exempelvis topografi har en påverkan på räckvidden.

Det finns vätgasteknik och batteriteknik som är tillämpbar för regional kommersiell persontrafik. Det innebär ofta höga investeringskostnader och oavsett teknik krävs det tydliga och väl genomarbetade strategier för hur infrastrukturen ska implementeras. Batteriteknik ger en kortare räckvidd vilket gör att det krävs att det finns befintliga elektrifierade sträckor alternativt att det byggs ut fler elektrifierade sträckor med kontaktledning. Trots att tekniken är beprövad och finns implementerad i Europa behöver man ta hänsyn till det svenska klimatet med kalla temperaturer vintertid[30].

Det förekommer även en skillnad mellan godstrafik och persontrafik, där tekniken för godstrafiken inte är lika mogen. Det har gjorts färre pilotprojekt för godstrafiken, då det finns högre trösklar för att implementera tekniken då mycket godstrafik har längre rutter samt ofta har en större vikt. Således är batteritekniken mer mogen än vätgastekniken när det kommer till godstrafik.[31]

---

[30] Jernbanedirektoratet (2023), *KVU GREEN: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren - hovedrapport*

[31] Jernbanedirektoratet (2023), *KVU GREEN: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren - hovedrapport*

4 Oelektrifierade banor i Sverige

Den första elektrifierade järnvägen i Sverige brukar tillskrivas sträckan Stockholm – Djursholm. De elva kilometrarna öppnade för trafik år 1895. Det dröjde sedan flera år av teknisk utveckling både kopplat till elektrifieringen i sig men också kring energikällan innan det blev ordentligt genomslag. Bland annat spelade utbyggnaden av vattenkraften roll för att elpriserna blev lägre och där med också eldrift mer lönsam.

Kiruna – Riksgränsen blev tidigt en av de längsta sträckorna att elektrifieras när den färdigställdes 1915. Det dröjde sedan till 1926 innan Stockholm – Göteborg var elektrifierad och under 1930-talet följde flera linjer runt om i landet.

Många av landets statliga järnvägsstråk är alltså elektrifierade med kontaktledning idag vilket skett i en stegvis utbyggnad under lång tid. Orsaker till att de inte elektrifierats kan vara flera, som exempelvis kostnader, trafikmängd eller typ av tåg och trafik på banan.

Det går idag att konstatera att det finns utmaningar med att investera i kontaktledningar på de stråk som är oelektrifierade. I de allra flesta fall är banorna i ett sådant skick att andra åtgärder, som att upprätthålla tänkt standard på banan för att kunna framföra trafik, behöver prioriteras. Det innebär också ofta att om elektrifiering med kontaktledning är aktuell så tillkommer många gånger också kostnader för till exempel spårbyten, bankåtgärder, trädsäkring, dränering och andra insatser. Således tillkommer ofta stora kostnader i samband med dessa diskussioner.

Figur 3 nedan visar tillståndet idag på det statliga järnvägarna. Orange färg innebär att bandelen är elektrifierad med kontaktledning, blå att den inte är elektrifierad med kontaktledning.

Elektrifiering med kontaktledning i Sverige

Figur 3: Banor med kontaktledning (orange) och banor utan kontaktledning (blå) (NJDB).

De stråk som idag anses kategoriseras som ej elektrifierade med kontaktledning är:

- Alvhem-Lilla Edet
- Blomstermåla-Mönsterås
- Bofors/Karlskoga-Strömtorp

- Falun-Grycksbo
- Forsmo-Hoting
- Grundbro-Åkers Styckebruk
- Gårdsjö-Håkantorp
- Hamrångefjärden-Norrsundet
- Haparanda-Finland (åtgärd beräknas vara klar 2024)
- Kristinehamn-Gällivare
- Jönköping-Vaggeryd (åtgärd i Nationell transportinfrastukturplan 2022-2033)
- Kil-Torsby
- Skärblacka-Finspång
- Kristianstad-Åhus
- Landeryd-Burseryd
- Linköping-Kalmar
- Bjärka Säby-Västervik
- Malungsfors-Repbäcken
- Mellerud-Bengtsfors
- Mora-Märbäck
- Munkedal-Lysekil
- Nässjö-Halmstad (Värnamo-Halmstad)
- Nässjö-Oskarshamn
- Nässjö-Vetlanda-Kvillsfors/Pauliström
- Orsa-Furudal
- Storuman-Hällnäs
- Timrå-Tunadal (åtgärd i Nationell transportinfrastukturplan 2022-2033)
- Torup-Hyltebruk
- Vallvik-Söderhamn

- Älmhult-Olofström (åtgärd i Nationell transportinfrastukturplan 2022-2033)
- Örbyhus-Hallstavik

Banornas karaktär skiljer sig åt relativt mycket. Vissa banor är flera hundra kilometer långa, vissa bara några enstaka. En del har flera tåg per dygn, andra är i princip stängda för trafik. Det medför att det inte finns någon generell metod att klassificera eller gruppera dessa tillsammans utan kräver en analys av enskilda banor. I syfte att kunna utreda banor vidare för att i nästa steg möjliggöra identifiering av eventuella åtgärder till en kommande planrevidering krävs någon form av sortering.

Första urvalet är att bortse från de banor där åtgärder redan är planerade, se markering i lista ovan. För de 26 stråk som sedan återstår genomförs ett urval baserat på ett antal kriterier:

- Trafik, antal tåg per dygn, typ av trafik och antal olika trafikutövare
- Längd, kilometer
- Avsikt hos regional kollektivtrafikmyndighet
- Avsikt hos näringsliv
- Övrig signifikant information som påverkar (tex omledningsfunktion)

Från denna process har utredningen identifierat åtta stråk som det finns anledning att söka mer information kring. Dessa är:

- Forsmo-Hoting
- Gårdsjö-Håkantorp
- Kristinehamn-Gällivare
- Kil-Torsby
- Linköping-Kalmar
- Bjärka Säby-Västervik
- Malungsfors-Repbäcken
- Storuman-Hällnäs

5 Utredning utvalda banor

I detta avsnitt redovisas den fördjupade utredning som genomförts för respektive stråk som identifierats i föregående avsnitt.

5.1 Forsmo-Hoting

Stråket är en tvärbana i Norrland mellan Hoting, station på Inlandsbanan, och Forsmo, station på Stambanan genom övre Norrland.

Schematisk kartbild över stråket

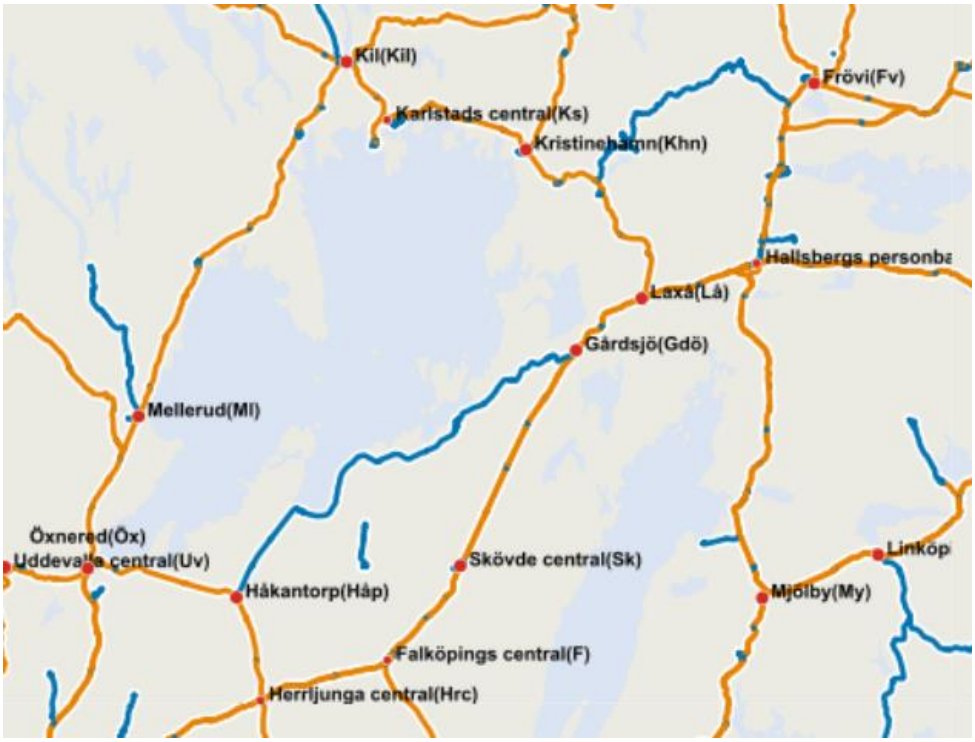
Sträcka:	121 km
Trafik idag:	Två godståg per dygn. Dieseldrift. I princip är det timmertåg från inlandet ut till bruk eller terminaler närmare kusten. SCA (Svenska Cellulosa Aktiebolaget) har uttryckt önskemål om att stråket elektrifieras med kontaktledning. Branschorganisationen Skogsindustrierna lyfte också detta i sitt remissyttrande till Nationell plan för transportinfrastrukturen 2022-2033.

Elektrifiering utredd:	Nej.
Uppskattade kostnader:	Ingen uppgift.
Andra behov:	Trafikverket slutförde en Funktionsutredning 2021 som pekade på behov av underhållsåtgärder för att bibehålla dagens status. Trädsäkring, avvattningsåtgärder, dräneringsåtgärder samt bankåtgärder lyftes fram som viktiga åtgärder. I ett Utredningsalternativ 2 bedömdes också höjning av STH (största tillåtna hastighet) i och inför backar på sträckan vara av god nytta.
Alternativ:	Biodiesel, batteri och vätgas kan vara möjliga.
Övrigt:	
Bedömning:	Sträckan är lång och har stora behov av underhållsåtgärder. Det finns i norra delen mot Hoting ingen elektrifierad bana att ansluta till. Bedömning inför kommande planrevidering är att det inte föreslås några åtgärder i form av kontaktledning, det kan finnas andra alternativ som är mer effektiva.

5.2 Gårdsjö-Håkantorp

Stråket kallas även Kinnekullebanan och sträcker sig från Gårdsjö i norra delarna av Västergötland till Håkantorp i sydvästlig riktning.

Schematisk kartbild över stråket



Sträcka:	121 km
Trafik idag:	Upp emot 20 persontåg och något enstaka godståg per dygn.
Elektrifiering utredd:	En Åtgärdsvalsstudie publicerades 2015 där frågan om elektrifiering bedömdes. Där identifierades sträckan Håkantorp-Lidköping som ett första steg för att elektrifiera med kontaktledning, i andra hand Lidköping-Gårdsjö.
Uppskattade kostnader:	I underlag till ÅVS och med prisnivå 2013-06 bedömdes en åtgärd kosta 377,5 miljoner kronor. Då skulle följande ingå i åtgärdspaketet: • Ny bankropp och helsvetsad räls i befintlig sträckning Håkantorp-Lidköping. • Elektrifiering på sträckan Håkantorp-Lidköping. • En standardhöjning av räls på sträckan Mariestad-Gårdsjö

	• Tillgänglighetsanpassning av plattformar i Mariestad och Framnäs I funktionsutredningen från 2016 bedöms kostnader för upprustning och elektrifiering av hela Kinnekullebanan till 3 650 miljoner kronor.
Andra behov:	Banan är byggd med skarvspår och har stort behov av upprustning. Längs med banan är även ett antal plankorsningsåtgärder planerade.
Alternativ:	Biodiesel, batteri och vätgas kan vara möjliga.
Övrigt:	Västtrafik har i sin Handlingsplan tåg 2028 redovisat att nästa generation tåg på banan kan vara batterielektriska eller vätgaståg. Som ett första steg planeras också dagens dieseldrift ersättas med biodiesel. I Mariestadsområdet diskuteras potential för tillverkning av både batterier och vätgas.
Bedömning:	Sträckan är lång och har stora behov av underhållsåtgärder, framför allt i form av spårbyte. Relativt mycket trafik och länkar mellan två elektrifierade banor. Omledningsfunktion möjlig. Bedömning inför kommande planrevidering är att fördjupa utredning kring delelektrifiering på banan.

5.3 Kristinehamn-Gällivare

Den så kallade Inlandsbanan sträcker sig från Kristinehamn i söder till Gällivare i norr.

Schematisk kartbild över stråket

Sträcka:	1288 km
Trafik idag:	På grund av stråkets längd är det svårt att förenkla detta men i princip går det godståg på södra delen, upp emot fem stycken per dygn samt ett par persontåg.
Elektrifiering utredd:	Södra delen mellan Kristinehamn och Nykroppa elektrifierades med kontaktledning under 2010-talet. Trafikverket genomförde en utredning 2020 gällande Inlandsbanan där det konstaterades: *”För att åstadkomma den uppgraderade funktionen behöver hela banöverbyggnaden bytas mellan Mora och Gällivare. Elektrifiering ingår däremot inte i utredningsalternativet, utan energiförsörjningen ska på sikt ske genom ny innovation i form av bränsleceller, där vätgas omvandlas till elektricitet. På kort sikt är emellertid dieseldrift den lösning som står till buds, och IBAB satsar nu på utbyggnad av HVO för att möta hållbarhetsmålen.”*

Uppskattade kostnader:	Enligt en utredning genomförd av IBAB skulle en elektrifiering av hela Inlandsbanan kosta runt 10 miljarder kronor.
Andra behov:	Enligt utredning från 2020 genomförd av Trafikverket uppskattas upprustningsbehoven av Inlandsbanan till cirka 8,3 miljarder kronor.
Alternativ:	Biodiesel, batteri och vätgas kan vara möjliga.
Övrigt:	
Bedömning:	Sträckan är lång och har stora behov av underhållsåtgärder. Bedömning inför kommande planrevidering är att det inte föreslås några åtgärder i form av kontaktledning, det kan finnas andra alternativ som är mer effektiva.

5.4 Kil-Torsby

Den så kallade Fryksdalsbanan sträcker sig från Kil i söder till Torsby i norr.

Schematisk kartbild över stråket

Sträcka:	82 km
Trafik idag:	Det går idag uppskattningsvis 22 persontåg och fyra godståg per dygn i stråket.
Elektrifiering utredd:	Nej, men Region Värmland har pekat på behov av utredning.
Uppskattade kostnader:	Ingen uppgift.
Andra behov:	Behov av underhållsåtgärder. Banan är ett enkelspårigt skarvspår och saknar fjärrstyrd trafikstyrning. Det finns en reinvesteringsåtgärd för

	Fryksdalsbanan i form av spårbyte mellan Kil-Torsby som genomförs under nuvarande planperiod.
Alternativ:	Biodiesel, batteri och vätgas kan vara möjliga.
Övrigt:	Värmlandstrafik har pekat på både batterielektrifiering och vätgas som möjliga alternativ.
Bedömning:	Sträckan är lång och har stora behov av underhållsåtgärder. Relativt mycket trafik. Trafikverket planerar genomföra en Åtgärdsvalsstudie på Fryksdalsbanan. Bedömning inför kommande planrevidering är att det inte föreslås några åtgärder i form av kontaktledning, det kan finnas andra alternativ som är mer effektiva. Stråket kan vara föremål för fortsatt utredning beroende på fortsatt planering av Åtgärdsvalsstudie.

5.5 Linköping-Kalmar

Banan kallas för Stångådalsbanan och sträcker sig från Linköping i centrala Östergötland till Kalmar i sydöstra Småland.

Schematisk kartbild över stråket

Sträcka:	235 km
Trafik idag:	Det går idag uppskattningsvis 23 persontåg per dygn i stråket.
Elektrifiering utredd:	Nej.
Uppskattade kostnader:	Ingen uppgift.
Andra behov:	Behov av underhållsåtgärder samt åtgärder för robusthet och driftsäkerhet. Region Kalmar län och Region Östergötland meddelade i augusti 2023[32] att prioritering är trädsäkring och åtgärder vid

[32] Gemensam prioritering av järnvägsåtgärder | Region Kalmar Län. 2023-08-23

	obevakade järnvägsövergångar. Detta för att skapa robusta och driftsäkra banor. I nästa steg pekade regionerna på behov av att sänka restiden och vikten av anslutningen av Stångådalsbanan och Tjustbanan i utveckling av en framtida station i Linköping. Trafikverket genomför en utredning på Stångådals- och Tjustbanan som publiceras våren 2024.
Alternativ:	Biodiesel, batteri och vätgas kan vara möjliga.
Övrigt:	Region Kalmar län har beställt nya Kröstatåg som ska levereras från 2026 och framåt. Det handlar om åtta bimodala och fyra helelektriska tåg.
Bedömning:	Sträckan är lång och har stora behov av underhållsåtgärder. Flera andra åtgärder bedöms prioriteras högre. Relativt mycket trafik, framför allt persontåg. Region Kalmar län har beställt bimodala tåg (biodiesel/elektriska) som ska levereras från 2026 och framåt. Bedömning inför kommande planrevidering är att det inte föreslås några åtgärder i form av kontaktledning eller delelektrifiering i dagsläget.

5.6 Bjärka Säby-Västervik

Den så kallade Tjustbanan går mellan Bjärka Säby, söder om Linköping, till Västervik.

Schematisk kartbild över stråket

Sträcka:	96 km
Trafik idag:	Endast persontågstrafik. Vardagar - 6 tågavgångar, tre från Västervik och tre från Linköping. Lördagar - 4 avgångar, två från respektive station. Söndagar - 4 avgångar, två från respektive station.
Elektrifiering utredd:	Nej.
Uppskattade kostnader:	Ingen uppgift.
Andra behov:	Behov av underhållsåtgärder samt åtgärder för robusthet och driftsäkerhet. Region Kalmar län och Region Östergötland meddelade i augusti 2023[33] att prioritering är trädsäkring och åtgärder vid

[33] Gemensam prioritering av järnvägsåtgärder | Region Kalmar Län. 2023-08-23

	obevakade järnvägsövergångar. Detta för att skapa robusta och driftsäkra banor. I nästa steg pekade regionerna på behov av att sänka restiden och vikten av anslutningen av Stångådalsbanan och Tjustbanan i utveckling av en framtida station i Linköping. Trafikverket genomför en utredning på Stångådals- och Tjustbanan som publiceras våren 2024.
Alternativ:	Biodiesel, batteri och vätgas kan vara möjliga.
Övrigt:	
Bedömning:	Sträckan är lång och har stora behov av underhållsåtgärder. Flera andra åtgärder bedöms prioriteras högre. Bedömning inför kommande planrevidering är att det inte föreslås några åtgärder i form av kontaktledning, det kan finnas andra alternativ som är mer effektiva.

5.7 Malungsfors-Repbäcken

Denna bana kallas Västerdalsbanan och går från Repbäcken strax norr om Borlänge till Malungsfors en dryg mil norr om Malung.

Schematisk kartbild över stråket

Sträcka:	133 km
Trafik idag:	Godståg, omkring fem-sex stycken per dygn, körs dels till/från Vansbro (-Dalasågen/Rågsveden) och dels till/från Malungsfors.
Elektrifiering utredd:	Nej.
Uppskattade kostnader:	Ingen uppgift.
Andra behov:	Under 2018 genomfördes upprustningsarbeten på industrispåret mellan Malung och Malungsfors samt mellan Malung och Rågsveden, för att kunna börja frakta gods från timmerterminalen i Malungsfors på nytt. Upprustningen innefattade bland annat sliperbyten från trä- till betongslipers, makadamisering, spårriktning och banförstärkningar.

	Däremot är bandelen Rågsveden-Repbäcken inte upprustad och har enligt Trafikverket (2021) risk för hastighetsnedsättning. Det finns även risk för bärighetsnedsättning vid en järnvägsbro utanför Nås.
Alternativ:	Biodiesel, batteri och vätgas kan vara möjliga.
Övrigt:	
Bedömning:	Sträckan är lång och har stora behov av underhållsåtgärder. Flera andra åtgärder bedöms prioriteras högre. Bedömning inför kommande planrevidering är att det inte föreslås några åtgärder i form av kontaktledning, det kan finnas andra alternativ som är mer effektiva.

5.8 Storuman-Hällnäs

Detta är en av de så kallade tvärbanorna i Norrland och länkar mellan Inlandsbanan och Stambanan genom övre Norrland.

Schematisk kartbild över stråket

Sträcka:	167 km
Trafik idag:	Tre godståg per dygn, företrädesvis timmertåg. Persontrafik pausad på sträckan sedan 2022.
Elektrifiering utredd:	Ja, objekt med kontaktledning prövades i senaste planrevideringen.
Uppskattade kostnader:	Objekt för elektrifiering på sträckan Hällnäs-Lycksele kostnadsbedömdes 2021 till 407 miljoner kronor. Kostnad för elektrifiering av Lycksele-Storuman beräknades 2018 till 660 miljoner kronor.
Andra behov:	Spårbyte krävs troligen också, tidigare kostnadsbedömt till 435 miljoner kronor för sträckan Hällnäs-Lycksele.
Alternativ:	Biodiesel, batteri och vätgas kan vara möjliga.
Övrigt:	Skogsindustrierna lyfte sträckan för behov av elektrifiering i sitt remissyttrande till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022-2033.
Bedömning:	Det bedrivs godstrafik och det föreligger potential för persontrafik. Utredningar har visat på samhällsekonomisk lönsamhet för ett objekt som tidigare prövats i åtgärdsplaneringen. Samtidigt är underhållsbehoven stora. Bedömning inför kommande planrevidering är att det inte föreslås några åtgärder i form av delelektrifiering utifrån denna utredning.

5.9 Summering av analys

I analysen framgår att de flesta banor har stora upprustningsbehov och ofta krävs spårbyten eller liknande större åtgärder. Det är en utmaning kopplat till finansiering då flera av banorna också har relativt lite trafik vilket medför

svårigheter att landa i en lönsam samhällsekonomisk kalkyl på respektive investering.

Vad gäller de banor som ingår i analysen kan det summeras på följande vis:

Stråk för vidare utredning om delelektrifiering:

- Gårdsjö-Håkantorp
- Kil-Torsby

Dessa stråk har relativt hög trafikering med både person- och godståg. De regionala kollektivtrafikmyndigheterna har i dessa delar av landet också pågående processer och utredningar kring framtida investeringar i fordon.

För sträckan Kil-Torsby planerar Trafikverkets Mellersta region att genomföra en Åtgärdsvalsstudie.

Vidare studier skulle kunna utreda potentialen för dessa som pilotprojekt för delelektrifiering, det vill säga elektrifiering med partiell kontaktledning.

De övriga stråk som ingår i analysen bedöms i dagsläget ha lägre potential för delelektrifiering med partiell kontaktledning. Anledningar till det är generellt ett stort behov av underhållsåtgärder i kombination med relativt låg trafikmängd.

På dessa stråk föreslås istället att vidare planering och utredning sammanställer de underhållsbehov som föreligger. Genom att också redogöra för när i tid sådana underhållsåtgärder eller reinvesteringar skulle kunna genomföras vore det möjligt att i samverkan med till exempel regionala kollektivtrafikmyndigheter, näringsliv eller andra aktörer paketera ett förslag till banans framtida funktion. Med den redovisningen kan sedan respektive aktör agera långsiktigt i egna investeringar i exempelvis lok och motorvagnar. På så sätt skapas en sammanhållen helhetslösning för vidare utveckling framåt.

6 Slutsatser och rekommendationer

Denna utrednings syfte var att dels sammanställa ett övergripande kunskapsunderlag gällande elektrifiering av järnväg och aktuella alternativa tekniker. Syftet var också att redovisa möjligheten till utveckling av utpekade oelektrifierade järnvägar i Sverige inför kommande planrevidering.

Teknikutvecklingen är just nu inne i ett skede där det händer väldigt mycket, många initiativ är igång både i Sverige och internationellt. Det växlar också mellan vilken tekniklösning som framstår som den mest fördelaktiga och ny kunskap kommer till oss i strid ström.

En kommande planperiod sträcker sig till om ungefär 15 år. Att nu låsa sig vid ett teknikval medför stor risk att teknikutvecklingen sprungit ifrån investeringsplaneringen och medför en ineffektiv lösning vid färdigställande. I den dialog som genomförts med experter och forskare från ledande universitet, tillverkare, industriföretag, järnvägsoperatörer och sakkunniga framgår att de tekniklag vi talar om just nu, som batteri och vätgas, mycket väl kan vara ledande alternativ inom en inte allt för avlägsen framtid. Trafikverket följer givetvis denna utveckling och deltar i en rad forskningsprojekt inom området.

Den analys som genomförts i denna utredning kring olika oelektrifierade stråk visar att det ofta är banor med stora underhållsbehov i kombination med låg trafikmängd. Det finns dock undantag och analysen har visat att det kan finnas potential att fördjupa utredning kring ett antal stråk.

I en slutbedömning redovisas Gårdsjö-Håkantorp (Kinnekullebanan) och Kil-Torsby (Fryksdalsbanan) som möjliga stråk för exempelvis pilotprojekt kopplat till delelektrifiering med partiell kontaktledning. För dessa stråk skulle fördjupade utredningar kring dess potential som pilotprojekt kunna genomföras i samband med kommande planrevidering. För sträckan Kil-Torsby planerar Trafikverkets Mellersta region att genomföra en Åtgärdsvalsstudie och där kan då frågan om elektrifiering studeras.

På övriga stråk är slutbedömningen att det inför kommande planrevidering antingen saknas tillräckliga utredningar, att banan har andra prioriterade behov, att trafikmängder är för låga eller att lokala organisationer kan driva fram nya marknader och möjligheter. På dessa stråk föreslås istället att vidare planering och utredning sammanställer de underhållsbehov som föreligger. Genom att också redogöra för när i tid sådana underhållsåtgärder eller reinvesteringar skulle kunna genomföras vore det möjligt att i samverkan med till exempel regionala kollektivtrafikmyndigheter, näringsliv eller andra aktörer paketera ett förslag till banans framtida funktion. Med den redovisningen kan sedan respektive aktör agera långsiktigt i egna investeringar i exempelvis lok och motorvagnar. Denna

bedömning och rekommendation innebär inte att dessa stråk inte kan bli aktuella för andra förslag i framtiden.

Trafikverket avser också fortsätta arbetet inom området med bevakning och utredning för att ha möjlighet att redovisa och rapportera inom ramen för AFIR (Alternative Fuels Infrastructure Regulation).

Källförteckning

Fröidh, O. & Jansson, E. (2021). *Energieffektiv järnväg: Styrmedel mot klimatmålen*. TRITA-ABE-RPT-2133

Jernbanedirektoratet (2023). *KVU Green: Utslippsreduksjoner i jernbanesektorn*. Dokumentnummer: 202300849-1

Trafikverket (2018). *Järnvägens elanläggningar*. ISBN: 978-91-7467-588-7

Trafikverket (2021). *Vidmakthållande – Underlagsrapport till Förslag till nationell plan för transportsystemet 2022-2033*. ISBN: 978-91-7725-970-1

Trafikverket (2022). *Förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022-2033*. ISBN: 978-91-7725-950-3

Bilaga 1

Sammanfattning av extern dialog

Agenda

Inledning och presentationsrunda (Jimmy Grandin, Trafikverket)

Trafikverkets utredning (Jimmy Grandin, Trafikverket)

Aktuellt i Norden (Jimmy Grandin, Trafikverket)

Internationell utveckling, reglering och ramverk (tex AFIR) (Magnus Lindgren, Trafikverket)

Bensträckare

Diskussion

Avslutning

Deltagarlista

Jimmy Grandin, Trafikverket
Christer Löfving, Trafikverket (förhinder)
Magnus Lindgren, Trafikverket
Ulla-Stina Ingemarsson, Trafikverket
Linda Ekholm, Branschföreningen Tågoperatörerna (ej svar)
Rickard Persson, KTH
William Liu, KTH
Oskar Fröidh, KTH
Martin Tunér, LTH
Mats Alaküla, LTH
Marcus Lundgren, LTH
Elna Holmberg, Volvo
Gabriel Domingues, BorgWarner
Nils-Gunnar Vågstedt, Scania
Ganesh Chandramouli, Alstom

Diskussionsfrågor

En öppen diskussion i gruppen arrangerades och genomfördes utifrån flera aspekter:

- Teknik och mognad

- Ekonomi, investeringar och affärer
- Regelverk och tillämpningar
- Värderingar och miljöfrågan

Teknik

- Hur ser ni på utvecklingen av alternativa tekniker? Planperiod till 2037.
  - Är det rimligt att tro på det som alternativ nu och i framtiden?
  - Teknisk mognadsgrad?
  - Vilka tidsperspektiv ser ni framför er för små och stora genomslag?
  - Vad krävs av fordon (bimodal, trimodal osv)?
  - Vad krävs för infrastruktur?
  - Vilka är de största utmaningarna?
- Vilka för- och nackdelar ser ni med respektive teknik?
  - Vätgas
  - Batteri
  - Delelektrifiering (är det så *”enkelt som det låter”*?)
  - Biodrivmedel

Ekonomi

- Finns det medel och vilja/tro/mod till investeringar i fordon och infrastruktur?
- Hur ser ni på möjligheten till hållbara affärsmodeller?
- Vilka är de största utmaningarna?

Regelverk

- Vad är er bild av dagens regelverk, policys och tillämpningar? Är de anpassade till teknikutvecklingen?
  - Vilka är de största utmaningarna?
  - Ser ni några avgörande hinder kopplat till lagstiftning och juridik?
  - Andra inspel?

Värderingar

- Är samhället/branschen redo för ny teknik? Finns det någon kultur eller något stigmatiserande hinder?
- Hur viktig är miljöfrågan och hållbara alternativ jämfört med investeringskostnader för en omställning från tex diesel?
- Vilka är de största utmaningarna?
- Andra tankar?

Sammanfattning

Kort, schematisk, sammanfattning av diskussionen:

- **Teknik:** tekniken finns, utvecklingen går fort, handlar om att göra val, utvecklingen på vägsidan kan vara vägledande, teknikintegration och fordonsutveckling viktigt
- **Ekonomi:** kan ej titta isolerat på ekonomi, koppla ihop med klimatfrågan, grön omställning, vem och hur ska åtgärder finansieras beroende på om det är infrastruktur eller fordon, gemensamma incitament viktigt, livscykelanalyser och second-life, går att hitta fler intäktsströmmar som tex använda batterikapacitet för balansering i nätet
- **Regelverk:** är generellt inte anpassat (ännu), särskilt inte för vätgas, säkerhetsfrågor ska kunna lösas
- **Värderingar:** vi behöver alla trafikslag och alla behöver bli bättre, samhället vill ha ny teknik och hållbara lösningar, miljöfrågan är numera ett baskrav, samhället och branschen är redo.

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00
trafikverket.se