

**Vi upplever sedan ett par årtionden att det blir allt varmare på vår planet. Det får anses vara obestridligt att denna uppvärmning orsakas av de allt större utsläppen av växthusgaser, framför allt CO<sub>2</sub>. Av dessa utsläpp har trafiken en stor andel och denna andel blir allt större. Utsläppen från trafiken måste därför minskas om vi skall kunna skydda klimatet. Denna uppställning behandlar olika tekniska alternativ för Sverige till minskat CO<sub>2</sub>-utsläpp, med kommentarer.**

*Jag, Birger Tiberg, är civilingenjör, med järnvägsintresse sedan barnsben och uppvuxen i Sverige, men flyttade 1980 till Schweiz, där jag nu är bosatt. Efter min pensionering engagerar jag mig aktivt i svensk järnvägspolitik, bl.a. med flera konkreta förslag till hur trafiken kan återupptas på ett urval nedlagda järnvägar.*

**Det kommer fram att en ordentlig satsning på järnvägen är en *absolut nödvändig* förutsättning för att kunna uppnå uppsatt klimatmål för transporterna.**

**Citat från Angela Merkel <sup>46</sup>: ”Only with rail we will achieve our climate goals”**

## Innehåll

Sidan

- 1 Sammanfattning
- 3 Flygresande
- 5. Fartygstrafik
- 6 Personbilar
- 7 Lastbilar
- 9 Bussar, Annan motoriserad vägtrafik
- 10 Järnväg
- 12 Biodrivmedel
- 13 Batterier
- 14 Slutkommentarer
- 15 Bilaga 1 – Batteriflyg
- 21 Bilaga 2 – Elvägar
- 23 Referenser

## Sammanfattning

Att förlita sig på att det enbart räcker med att försöka göra all väg- och flygtrafik klimatvänlig, är tyvärr att tro på det omöjliga! Väg- och speciellt flygtrafiken måste reduceras, och om det inte finns andra alternativ för transporterna skadas dagens ekonomi. Alternativet är att släppa klimatmålet vilket skulle försvåra eller förstöra levnadsbetingelserna för kommande generationer. Detta kanske låter drastiskt, men det är tyvärr realitet!

Det är därför en gåta för mig varför Regeringen och Trafikverket fortfarande försvårar för järnvägen! Att det är så visas av många exempel, se sidan 11.

*Sammanfattningen fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--

### ***Sammanfattning - fortsättning***

Dokumentet sammanställer tekniska möjligheter i Sverige att eliminera transporternas negativa inverkan på klimatet, men också vilka möjligheter som *inte* är användbara. I detta sammanhang skall även IVAs omfattande delrapport omnämnas: ["Så klarar Sveriges transporter Klimatmålen"](#) <sup>19</sup> Denna behandlar de allmänna förutsättningarna för att uppnå klimatmålet inom transportsektorn.

Det billigaste och enklaste sättet att minska CO<sub>2</sub>-utsläppet från trafiken är naturligtvis att minska på transporterna, Här behandlas dock bara hur resterande transporter kan göras klimatneutrala. De olika trafikslagen behandlas på denna sida endast kortfattat, utförligare på de följande sidorna.

När det gäller **flyget** är överflyttande av resande till tåg i största möjliga utsträckning det mest realistiska alternativet. Att fortsätta flyga som idag och samtidigt göra flyget klimat neutralt är tyvärr *inte möjligt*. Biobränsle och syntetiskt fossilfritt flygbränsle finns bara i begränsad omfattning och de är dessutom *inte klimatneutrala*, när de används i flygtrafik på hög höjd (8-12 km). *Oanvändbara* alternativ för trafikflyg är batteridrift, vätgas och solpanelsdrift.

För **personbilar** gäller överflyttande av resande till kollektivtrafik (främst till tåg) som ett mycket intressant alternativ. Batteridrift är tyvärr inte intressant om batterierna och/eller elkraften för laddningen inte är framställda på ett hållbart sätt. Det tillkommer att strömförsörjningen måste byggas ut för detta. Bränsleceller kan vara klimatvänliga om ingen fossilkraft används för tillverkning och framdrivning. *Oanvändbara* när det gäller att göra biltrafiken klimatvänlig är hybridbilar och själva tekniken att göra bilar självkörande.

För **godstransporter på väg** är likaledes ett överflyttande av dessa till järnväg i största möjliga utsträckning det mest realistiska alternativet, antingen tåg för hela sträckan eller i kombinationen väg/järnvägstransport. Svenskt biobränsle för lastbilar finns tyvärr bara i begränsad omfattning. Bränslecellsdrift står inför ett införande, men varutransporten på väg kräver flera gånger mer elkraft än järnvägstransport. Endast på försöksstadium är induktion i vägbanan och kombinationen batteri/kontaktledning. *Oanvändbara* för längre transporter är tyvärr ren batteridrift och ren eldrift från kontaktledning.

För långväga **bussar** gäller delvis liknande förutsättningar som för godstransporter på väg.

**Järnvägen** är således ett mycket viktigt alternativ. Det går naturligtvis inte att flytta *alla* transporter till järnväg, men det kommer ändå att bli så många att järnvägen måste inrättas för att klara denna ökande trafik, istället för att som idag i praktiken misskötas. För att inrätta järnvägen för kraftigt ökad trafik ingår inte bara ökat underhåll och nya HH-järnvägar, utan också en ordentlig satsning på befintliga järnvägar, nybyggnad av järnvägar samt återuppbyggnad av rivna banor. Införande av det dyra och onödiga ERTMS kommer tyvärr att leda till det oönskade resultatet att transporter flyttas från järnväg till väg.

Studien visar också att det måste hänföras till drömmier att förlita sig på att det plötsligt skall dyka upp en hittills okänd helt ny revolutionerande teknik, eller förlita sig på en teknik som ännu inte är utprovad, varken tekniskt, ekonomiskt eller miljömässigt. Denna skulle göra att vi kan resa och även transportera gods på samma sätt som idag men ändå kunna skona klimatet. För vad gör vi om denna nya teknik inte skulle infinna sig eller inte visa sig fungera?

## Flygresande

Flyget är idag starkt subventionerat: Befrielse från CO<sub>2</sub>-avgifter och från bränsleskatt m.m. Flyget är idag en stor orsak till utsläpp av drivhusgaser. Kraftigt bidragande är att utsläppet på hög höjd (ca. 8-12 km) har större inverkan på klimatet än utsläpp av samma mängd CO<sub>2</sub> på marknivå. Flyghöjden måste därför sänkas, förutom att flygfotogen som bränsle måste ersättas av något annat för att få bort det klimatskadande utsläppet. Att avstå från resande som hittills gjorts med flyg är naturligtvis det billigaste och enklaste sättet att minska CO<sub>2</sub>-utsläppet, vilket faktiskt kan bli en varaktig följd av Coronapandemin. I det följande behandlas dock hur övrigt resande kan behållas men utan att förorsaka negativ klimatpåverkan. För detta finns det flera alternativ, varav inte alla är realistiska:

**Överflyttning** av flygresande över land **till järnväg** är det **viktigaste alternativet**, till en teknik som är välbeprövad. Där snabbtåg finns är dessa ett mycket bra alternativ. För avstånd över 1 000 km måste nattåg sättas in i mycket högre utsträckning än idag, speciellt internationellt. Sådana nattåg var tidigare ganska vanliga, men konkurrerades ut av lågprisflyg, som överhuvud taget inte täcker sina kostnader. Även järnvägsförvaltningarnas ointresse bidrog till nedläggningen av nattågslinjer. Långväga tågresa i Europa har därmed tyvärr *gjorts allt svårare* de senaste ca. 30 åren, men numera syns tack och lov en ljusning på detta område.

**Biobränsle** och **syntetiskt flygbränsle**, båda fossilfritt framställda, är tyvärr **inte klimatneutrala** när de används på hög flyghöjd (ca. 8-12 km), där inte bara mängden CO<sub>2</sub>-utsläpp (kg) i sig bidrar till klimatuppvärmningen. Detta finns beskrivet i en [rapport från tyska Umweltbundesamt](#)<sup>21</sup> En 3-5 ggr så stor inverkan som från CO<sub>2</sub>-utsläpp vid markytan rapporteras. Exakt hur mycket större bidraget till klimatuppvärmningen är från CO<sub>2</sub>-utsläpp när detta sker på hög höjd är dock ännu inte klarlagt, se också en 2019 publicerad [artikel i Wissenschaft.de](#)<sup>22</sup> Sammanfattat kan man därför ännu inte med bestämdhet säga i vilken grad som utsläppen av bland annat CO<sub>2</sub> på hög flyghöjd påverkar klimatuppvärmningen, bara att inverkan är mycket större än från utsläpp av samma mängd CO<sub>2</sub> nära markytan.

Men, det kan finnas en möjlighet att kunna flyga klimatneutralt: Användning av fossilfritt hållbart bränsle *tillsammans med* en begränsning av flyghöjden så att de beskrivna förstärkande höghöjdseffekterna av utsläppen inte uppträder. Detta orsakar dock ökad bränsleförbrukning, som naturligtvis inte är önskvärd, men är nog priset vi få betala för att göra trafikflyget hållbart. Inte att förglömma att tillgången på fossilfritt bränsle är begränsad, se avsnittet ”Biodrivmedel” Tillsammans med dyrare bränsle och begränsning av utrymmet för flygrörelser kommer flyget (framför allt utrikes) att minska och bli betydligt dyrare. Men något annat sätt att göra trafikflyget hållbart ser jag tyvärr inte. Vi får därför räkna med motstånd från flygindustrin.

**Väte** som energikälla för **bränslecellsdrift** eller som **bränsle för jetdrift** är inom överskådlig framtid tyvärr **oanvändbart** för att minska flygets negativa påverkan på klimatet. Detta finns beskrivet i ”[Slutsatser och rekommendationer från Flygets Miljökommitté Hösten 2007](#)”<sup>23</sup> På sidan 39 avfärdar flygutredaren Arne Karyd väte för flygplansdrivning, och anför olika skäl till detta: 1. Ökat utsläpp även av vattenånga på hög höjd har en negativ inverkan på klimatet, 2. Svårigheten att lagra flytande väte vid -242°C till -252°C utan att alltför mycket försvinner genom avdunstning, 3. Hög kostnad för bränslet, 4. Säkerheten med flytande väte måste garanteras.

*Avsnittet om flygresande fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--

### *Flygresande fortsättning*

**Solpaneler** på flygplanet för framdrivning är **fullständigt orealistiskt**. För exemplet Fokker 50-300, 50 stolar, med längden 25.2 m och spännvidden 29 m skulle det behövas en solpanelsyta på minst 100 m x 140 m. Det säger sig självt att detta är fullständigt orealistiskt! Dessutom måste solpanelerna på vingarnas översida tåla ett betydande undertryck.

Med framtida bättre teknik skulle denna yta kunna minskas något, men fysiken sätter här gränser för vad som är möjligt. Inte att förglömma att det krävs solljus (eller i alla fall dagsljus) för att detta skall fungera. Beräkningen är gjord för 60° nordlig bredd (linjen Fagersta - Hallstavik) och gäller där för vår- och höstdagjämning. För norra Sverige behövs en ännu större yta och under den mörka årstiden är detta en omöjlighet!

**El-drift med batterier** för kommersiellt flyg på längre flygsträckor är helt **orealistisk**, detta så länge som risken för kortslutning inte kan uteslutas till 100%. Detta uttalande bygger på:

1. Batterier med dagens bästa Li-teknik har alltför låg kapacitet för flyg på längre sträckor. Flygkonstruktören Kenneth Nilsson skriver i en artikel i Svensk Flyghistorisk Tidskrift 4/2019 <sup>29</sup> Citat: *"Slutsatsen blir att batteridrivna passagerarflygplan av alla storlekar är flygtekniskt och ekonomiskt omöjliga, även för mycket korta distanser. Energitätheten i batterier är på tok för låg jämfört med flygfotogen."*
2. **Om** man skulle lyckas utveckla batterier med tillräcklig lagringskapacitet för flyg på längre sträckor, skulle det finnas så mycket energi per kg batteri, att detta skulle explodera vid en kortslutning. **Beräkningarna** till detta redovisas i **bilaga 1**.

Att redan dagens litiumbatterier är farliga ombord på flygplan visades mycket drastiskt vid en störtning 2010 av ett fraktflygplan i Dubai som orsakades av litiumbatterier i lasten, vilka fattat eld: [Artikel i Flyingmag.com](#) <sup>4</sup> Citat: *"Investigators say the crash highlights the risks posed by lithium batteries, which are prone to overheating leading to intense fires."* En [Youtube-film](#) <sup>30</sup> i NBC News visar tydligt vad som händer när 5000 Litiumbatterier i en flygcontainer tar eld.

IATA har sedan 2016 [stränga föreskrifter](#) <sup>27</sup> när det gäller Li-batterier i passagerarflygplan. Se även [föreskrifter från FAA](#) <sup>28</sup> Hur förespråkarna för elflyg kan få dessa säkerhetskrav att gå ihop med mer än tusenfalt starkare framdrivningsbatterier, det är för mig en fullständig gåta.

På VTI finns en litteraturstudie utgiven: [Det kommersiella elflyget – verklighet eller dröm?](#) <sup>36</sup> Citat ur denna: *"(...) slutsats (...) att stora heelektrifierade flygplan ligger långt i framtiden, om de någonsin lyckas. Däremot (...) potential för en ny marknad på mindre regionalflyg."*

Sverige har idag (2019) inget officiellt program för hur utsläppen av drivhusgaser från flyget skall reduceras. Därför är det för mig också en gåta hur [uttalade klimatmål](#) <sup>2</sup> skall gå ihop med ökad flygtrafik, några exempel:

1. Sälens flygplats har byggts ut för mer trafik, se <http://www.jarnvag.ch/salen.pdf> <sup>3</sup>
2. I det numera nedlagda Arlandarådet med representanter från Sveriges regering (S+MP) verkade man för en utbyggd flygtrafik.
3. Swedavia har på direkt fråga ännu inte kunnat svara på hur flyget skall kunna göras klimatvänligt.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--

## Fartygstrafik

**Persontrafik:** Det har framkommit förslag på att ersätta flyget över Atlanten med fartygstrafik för att göra resorna över hav hållbara. Följande redovisning visar dock att det motsatta snarare skulle bli resultatet! För att visa detta har jag plockat fram två exempel för att kunna jämföra flyg- och fartygstrafik.

1. Det moderna fartyget [Queen Mary 2](#)<sup>42</sup> är enligt uppgift det enda fartyg som idag används för passagerartrafik över Atlanten, förutom som kryssningsfartyg. Fartyget behöver enligt tidtabellen 7-8 dagar för [Southampton – New York](#)<sup>43</sup>, ca, 6 000 km och har sex motorer på totalt 117 320 kW. Fartyget kan ta 2 695 passagerare.

Om det antas att motorerna går med 70 % effekt fås följande:

82 120 kW i genomsnitt för 7 x 24 h blir 13 800 MWh energiåtgång för överfarten. eller  
5 120 kWh per passagerare för överfarten = 18 430 GJ, eller

**534 lt. drivmedel per pass.** (Jag räknar med omräkningsfaktor 34.5 MJ/lt. för drivmedel)

Om man istället skulle kunna ta ombord dubbla antalet passagerare, så åtgår teoretiskt **267 lt. drivmedel per pass.** vilket fortfarande är mer än för en atlantflygning. Komforten minskar samtidigt starkt: små hytter, trängsel i restauranger, barer och aktiviteter, inskränkningar i vissa aktiviteter. Jag anser det självklart att man önskar en helt annan komfort om man skall tillbringa en hel vecka i sträck till sjöss, mot för om det bara rör sig om några timmar till ett dygn.

2. Detta jämför jag med [Bristol Britannia](#)<sup>44</sup>, ett långdistansflygplan, konstruktion från 1952-60: turboprop, serie 310, 139 passagerare, max. räckvidd 7 130 km, Flyghöjd max. ca. 7 500 m och tank för 30 320 liter flygfotogen, enligt [Airvectors: Bristol Britannina & Vickers Viscount](#)<sup>45</sup>

En full tank räcker alltså gott och väl för ca. 6 000 km Sydengland – New York, vilket blir mindre än. 30 320 lt. / 139 pass. = **mindre än 218 lt. drivmedel per pass.**

Anmärkning. Jag har räknat med en äldre flygplanstyp, en modernare typ skulle antagligen dra mindre drivmedel per passagerare.

### Dessa två exempel visar därmed följande.

1. Bränsleförbrukningen för en överfart över Atlanten är per passagerare mindre eller mycket mindre i ett flygplan än i ett motordrivet passagerarfartyg.
2. Förutsatt hållbart bränsle och reducerad flyghöjd är flyget därmed minst lika klimatvänligt som resan med motordrivet fartyg, tvärtom vad många kanske tror...

Även om det här bara rör sig om två exempel, är resultatet så tydligt att det kan anses vara representativt.

Se även: <https://www.expressen.se/allt-om-resor/kryssning-varre-an-flyg-enligt-ny-undersokning/><sup>7</sup>

**Godstrafik:** Citat ur en [artikel i Svenska Dagbladet](#)<sup>25</sup>: "Landets inrikes sjöfart släpper ut mycket mer föroreningar och växthusgaser än man tidigare trott. (...) den inrikes sjöfarten därmed har större miljöpåverkan än exempelvis inrikesflygen .."

## Personbilar

**Byte av transportmedel** till eldrivet tåg, buss eller cykel hör naturligtvis till de bästa sätten att minska utsläppen av drivhusgaser. Detta förutsätter dock att dessa alternativ är attraktiva: tidtabell, tillförlitlighet, åkkomfort och pris, vidare att det finns separata cykelbanor. Även självkörande minibussar presenteras som ett framtida alternativ till personbilar, mer om detta under rubriken ”Bussar”. För E-bikes och E-sparkcyklar gäller samma förbehåll som för eldrivna personbilar.

**Eldrift med batterier** för omställning av Sveriges personbilsflotta är redan på gång. Men tyvärr blir personbilarna därmed *inte* automatiskt klimatvänliga. Mer om detta under avsnittet ”Batterier”. Kortfattat handlar det om att utvinningen av batteriråvarorna och tillverkningen av batterierna måste vara hållbara, vilket de till en mycket stor del tyvärr inte är idag. Vidare att elen till batteriladdningen måste vara hållbar, vilket kan bli en kritisk fråga med begränsad elströmproduktion och -distribution. Mer om detta finns i rapporten [Elektrifiering av Sveriges Transportsektor](#)<sup>51</sup> från Svenskt Näringsliv feb. 2020

**Biodrivmedel** (helt eller delvis) används redan idag till en liten andel av personbilsflottan. Hur denna andel kan ökas beror på tillgången av inhemskt biodrivmedel, som tyvärr är mycket begränsad, och att biodrivmedlet framställs hållbart. Se under rubriken ”Biodrivmedel”.

Övergång till **bränslecellsdrift** med fossilfritt framställd vätgas är en teknik som har börjat användas, ännu i mycket liten skala. Även här handlar det om tillgången på hållbar elkraft för vätgasproduktionen.

**Hybridbilar** och **laddhybridbilar** får i detta sammanhang bara anses som en liten dellösning vid övergången till fossilfri framdrivning av bilar. Det måste betonas att i hybridbilar kommer all energi från drivmedlet, antingen direkt till motorn eller omvägen över batteriet. En viss minskning av drivmedelsåtgången rapporteras, om än i begränsad omfattning.

Att ställa om till **självkörande bilar** skulle inte minska utsläppen av drivhusgaser, för det spelar knappast någon roll för bränsleförbrukningen vem som sitter vid ratten, en förare eller en robot. Dessutom: Om självkörande bilar har framtiden för sig finner jag vara högst tvivelaktigt. Vägtrafiken är ytterst komplex, men måste ändå kunna behärskas av ett datorprogram med kameror och andra sensorer. Dessutom måste ansvarsfrågan klargöras vem som är ansvarig vid en eventuell olycka: den som sitter i bilen, biltillverkaren, bilförsäljaren eller någon annan? Sitter biltillverkaren utomlands kompliceras ansvarsfrågan ytterligare, osv.

**Sammanfattat** är det osäkert hur Sveriges personbilsflotta kan göras hållbar, speciellt i dagens läge. Batteridrift gör tyvärr inte automatiskt personbilar hållbara.



<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--

## Lastbilar

Lastbilar körs idag framför allt på dieselolja, vilket tyvärr bidrar till att skada klimatet. Lastbilstrafiken är i praktiken starkt subventionerad, då dess kostnader inte täcks. Överlast och överträdelse av hastighetsbestämmelser är inte ovanliga. Dessutom får den i praktiken illegala cabotagetrafiken fortgå utan tillräckliga motåtgärder, vilket även skadar inhemska åkerier.

Den för klimatet viktigaste åtgärden är dock att minska förbrukningen av dieselolja. Bästa sättet för detta är naturligtvis att minska godstransporterna, men efter det kommer att göra kvarvarande godstransporter klimatneutrala, här finns det olika alternativ:

**Överflyttning** av godstransporter **till järnväg** i största möjliga utsträckning är, efter minskade transporter, det **mest intressanta** alternativet, till en teknik som är välbeprövad och till en kostnad som kan överblickas. Detta kan antingen göras med tågfrakt hela vägen, eller i kombination med kortare vägtransport: Hela lastbilen eller bara trailern (påhängsvagnen) lastas på biltransportvagnen, vilket förekommer på många håll i Europa och Nordamerika. Som alternativ lastas containrar med godset eller själva godset om mellan tåg och lastbil. I detta sammanhang måste Sveriges regering och Trafikverket upphöra med att i praktiken missgynna godstransporter på järnväg, som man idag tyvärr gör:

1. Vanskött underhåll av järnvägen
2. Höga banavgifter som höjs ännu mer,
3. Borttagande av spåranslutningar till industrier
4. Införande av onödig och störningskänslig ERTMS där utrustningen för denna i loken skall betalas av godsbolagen själva, se [Rambölls utredning](#)<sup>34</sup>

**Överflyttning** av godstransporter från lastbil **till fartyg** är mycket intressant, längs kusten och längs de vattenvägar som finns i Sverige.

**Biodiesel** som ersättning för dieselolja är ett av alternativen, det är dock osäkert om det kommer att finnas tillräckligt med inhemsk biodiesel i framtiden. Viktigt är också att biodieseln framställs hållbart, Se vidare under rubriken ”Biodrivmedel”.

**Bränslecellsdrift** med fossilfritt framställd vätgas är en teknik som man räknar med står inför ett snart genombrott. Totala elkraftåtgången för lastbilstransporten är dock flera gånger högre än för transport av samma mängd gods på järnväg, viktigt vid begränsad tillgång på elkraft.

**Induktion i vägbanan** för att överföra elenergi är ännu på **försöksstadium**. Bland annat måste det klaras ut hur tekniken klarar snö och is, samt säkerhetsaspekter. Man måste dock betänka att eldrift för lastbilar *alltid* kräver många gånger mer energi än godståg, räknat per ton transporterat gods. Detta oberoende av energiöverföring och framdrivningsteknik för lastbilen.

*Avsnittet om lastbilar fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--

### *Lastbilar - fortsättning*

**Elvägar**, dvs eldrift helt under kontaktledning kan på goda grunder anses vara fullständigt **orealistisk** av kostnadsskäl, utom på vissa korta sträckor. Enbart uppsättandet av kontaktledning skulle inte heller öka kapaciteten på vägnätet. Det skall betonas att två järnvägsspår erfarenhetsmässigt motsvaras i kapacitet av mer än tio vägfiler, hur mycket mer beror på omständigheterna.

I artikeln [Elvägar för lastbil – Kejsarens nya kläder](#)<sup>20</sup>, införd i Ny Teknik 2016-09-16, avskriver innovator Sten Lövgren helt elvägar för lastbil. I artikeln anförs även högre olycksrisk orsakad av kontaktledningsstolparna längs vägarna.

I Wikipedia finns en artikel på tyska om [kontaktledning för godstransporter](#)<sup>37</sup>. Tekniken är över 100 år gammal, men används bara för korta sträckor. I artikeln finns även bilder på elvägar.

Se mer detaljerat i bilaga 2 ”Elvägar”. Ett omtänkande hos trafikverket när det gäller en planerad satsning på elvägar verkar nu vara på gång

**Kombinationen batteridrift/kontaktledning** är ännu på försöksstadiet.

**Batteridrift** till 100% för tunga och långväga transporter skulle falla på den höga batterivikten, som begränsar lastkapaciteten och/eller räckvidden.

**Lastbilsvikt:** Det är allmänt bekant att Sverige redan nu tillhör de länder i Europa som tillåter de längsta och tyngsta lastbilarna. Genom detta kan godset transporteras billigt på väg och ge lastbilarna konkurrensfördel gentemot tåg- och fartygsfrakt. Ett förslag att öka både längden och tillåtna lasten ytterligare skulle öka vägtransportens konkurrenskraft ännu mer, d.v.s. föra över ännu mer frakt till vägtransport. Citat ur rapporten [Klimatmål på villovägar?](#)<sup>32</sup> ”En ökning av den tillåtna totalvikten hos tunga lastbilar från 64 till 74 ton reducerar bränsleförbrukningen per tonkilometer, men samtidigt leder sjunkande transportkostnader till att gods flyttas från järnväg till väg” Ett sådant förfarande går stick i stäv mot att Sverige utlovat att föra över transporterna från väg till järnväg och sjöfrakt i avsikt att främja klimatskyddet, se: <http://www.jarnvag.ch/Trafikutvecklingen.pdf><sup>2</sup> sidan 5. Det har dessutom visats att [vägslitage ökar i fjärde potens med axeltrycket](#)<sup>26</sup>. Ett 20% högre axeltryck orsakar därmed dubbelt vägslitage och 50% högre axeltryck 5 ggr så stort vägslitage!



**Bussar**

**Fossil diesel** och **fossil naturgas**, bland annat, används idag för drivning av bussar vilket orsakar klimatskadande utsläpp och måste därför ersättas.

**Etanol** används redan idag i viss utsträckning för drift av bussar. Förutsättningen för att göra busstrafiken hållbar med detta bränsle är att etanolen framställs utan användning av fossilråvaror.

**Biodiesel** är ett tänkbart alternativ till diesel, förutsatt att det finns tillräckligt mycket av detta drivmedel och att det framställs hållbart. Se under rubriken "Biodrivmedel"

**Syntetisk diesel** kan vara CO<sub>2</sub>-neutral om den framställs utan användning av fossilråvaror, detta är på försöksstadiet.

**Trådbuss** är en gammal beprövad teknik, som dock endast kan användas i städer. Detta av kostnadsskäl (kontaktledningen), se också avsnittet "Lastbilar - Eldrift"

**Batteridrift** har börjat användas för korta sträckor i städer. För att användning av batterier inte skall orsaka indirekta utsläpp av CO<sub>2</sub> finns flera krav, se under avsnittet "Batterier".

**Kombinationen kontaktledning/batteri** har också börjat användas.

**Byte av transportmedel** till eldrivna rälsfordon är ett mycket bra sätt att minska utsläppen av drivhusgaser från bussarna, i större städer är detta byte till spårväg och tunnelbana. "Spårväg" kan i detta sammanhang uppdelas i ren spårväg, d.v.s. stålhjul på stålräls och i systemet spårstyrda bussar på gummihjul. Det senare kräver både styrskena och kontaktledning och används bland annat i Paris. Även omställning från dieselbuss till trådbuss minskar CO<sub>2</sub>-utsläppet. Utanför större städer är för långväga bussturer det bästa alternativet eldrivet tåg, medan för kortare sträckor och tätt mellan hållplatser kan bussen vara det bättre alternativet, men då med fossilfritt bränsle.

**Självkörande minibussar** är ännu i utvecklingsstadium och det har uttalats förhoppningar om att detta trafikmedel i framtiden kan bli ett alternativ till vanliga bussar i normal trafik. Det har dock uppstått tvivel mot detta, som framgår av följande: I Schweiz testas sex städer för närvarande självkörande minibussar, hittills med nedslående resultat. Om det över huvud taget skall bli möjligt att kunna köra dessa som avsett räknar man med att det kommer att dröja mer än tio år<sup>38</sup> Det måste betonas att normal vägtrafik är mycket komplex och kräver mycket av trafikanterna. Ett datorprogram för att bemästra detta är knappast möjligt att utveckla, åtminstone inom överskådlig tid. **Självkörande minibussar är därmed idag ointressanta i vanlig blandad trafik.**

**Annan motoriserad vägtrafik**

Tas inte upp här: motorcyklar, mopeder, traktorer, m.m. då de har liten betydelse för utsläppet av klimatskadande gaser.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--

## Järnväg

Av ovanstående ser man att en *omfattande omflyttning av transporter till tåg är en nödvändig förutsättning* för att kunna uppnå klimatmålet.

Tåg företagen har också denna åsikt enligt en [notis i Järnvägsnyheter.se](https://www.jarnvag.ch/trafikutvecklingen.pdf) <sup>35</sup>

Denna omflyttning av transporterna kommer att leda till en mycket stor trafikökning på järnvägen, som i sin tur i första hand kräver en upprustning men även en bitvis större utbyggnad för att klara de ökade transporterna. Två exempel på detta:

- 1: Om 20% av bilresande byter till tåg medför detta mer än fördubblat tågresande.
- 2: Om hälften av bilresande byter till tåg medför detta ett nästan *fyrdubbelt* tågresande.

För beräkningen har använts trafikarbetet i Sverige 2017, se

<http://www.jarnvag.ch/Trafikutvecklingen.pdf> <sup>2</sup>

Kapaciteten och tillförlitligheten på järnvägen är tyvärr *bristfälliga* i dagsläget för att klara denna tillströmning av resande och gods. En förbättring av tillförlitligheten och även en utbyggnad blir därför nödvändig: dubbelspårsutbyggnad, nya mötesstationer, återuppbyggnad av nedlagda järnvägar, helt nya linjer, elektrifiering, nya anslutningar till industrier, fler fordon, mer personal, m.m. Viktigt är naturligtvis i första hand att järnvägen underhålls på ett betydligt bättre sätt än vad Trafikverket visat sig klara av idag!

Då tåg på räls har mycket lägre rullmotstånd än gummihjul på asfalt behövs mycket mindre energi per ton för att framföra fordon på järnväg än på landsväg. När det gäller elenergi kan denna därmed utnyttjas mycket effektivare för tågtransporter än för elektriska landsvägs-transporter. Detta är framför allt viktigt vid begränsad tillgång på elkraft.

En begränsande faktor sedan järnvägens barndom är dock att man inte kan lägga räls överallt. Det krävs därför ofta en kombination av järnvägs- och landsvägstransport, med omlastning mellan dessa, numera oftast med hela containrar som lastas om. Även transport av lastbilar på biltransportvagnar på järnväg används sedan länge på olika håll i världen.

De kända idag praktiskt användbara framdrivningssystemen på järnvägen baseras idag på:

Eldrift för tåg med kontaktledning eller strömskena, eldrift med batterier eller eldrift med bränsleceller (väte från elektrolys). Elen måste då naturligtvis komma från fossilfria källor, framför allt från vattenkraftverk, solceller och vindkraftverk. Kärnkraft belastar förstås inte klimatet, men har andra bekanta nackdelar, som radioaktivt avfall och katastrofrisk (Tjernobyli, Fukushima).

Förbränningsmotordrift med dieselolja eller med biodiesel

Jag går här inte in på mer eller mindre "exotiska" tekniska lösningar, som t.ex. [Magnetsvävtåg](#) <sup>16</sup> Den tekniken är visserligen känd sedan mycket länge, men har ännu inte kommit till praktisk användning för långa sträckor och höga hastigheter, detta av olika skäl. Tre KTH-professorer visar i [en artikel i GP](#) <sup>24</sup> att magnetsvävtåg är ointressanta för långa bansträckor.

*Avsnittet om järnväg fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--

### **Järnväg – fortsättning**

**Missgynnande:** Järnvägen är således en ytterst viktig komponent för att kunna uppnå klimatmålet, även om den inte är den enda. Strävan att aktivt verka för att lägga ned järnvägar med bra trafikunderlag, som [Karlsborgsbanan](#)<sup>17</sup> och [Lysekilsbanan](#)<sup>18</sup> försvårar istället möjligheten att uppnå klimatmålet och måste därmed upphöra, liksom avlägsnande av spår på stationer. Om det byggs hus på de ytor som på detta sätt blivit fria från spår, försvårar (och fördyrar) man möjligheten att senare åter bygga ut stationerna, när tågtrafiken ökar. Vidare måste det bli ett slut på satsningen för utbyggt flygande, se Sälens flygplats<sup>3</sup> och Arlanda<sup>4</sup>

Trafikverkets strävan att aktivt verka för nedläggning av persontrafiken på flera järnvägar och istället sätta in bussar skulle öka CO<sub>2</sub>-utsläppet ytterligare och påskynda avfolkningen av mindre orter. Orsaken är att inte alla skulle byta från tåg till buss (med lägre komfort och längre restid), utan många skulle börja köra bil istället, sluta resa eller till och med flytta från orten.

Olle Ek och Christian Guldborg på TFK-Transportforsk har skrivit rapporten [Regionala Järnvägar](#)<sup>47</sup> I denna visar de på betydelsen av regionala järnvägar, några citat:

*”I en tid med både ett akut behov av klimatomställning och ett behov av en rättvis utveckling mellan stad och landsbygd finns det starka skäl att ta vara på de befintliga regionala järnvägar som kan erbjuda bra trafiklösningar tillsammans med miljöanpassade gods- och persontransporter.”*

*”Öka samhällsaktörernas insikt i att utvecklingen av de regionala järnvägarna avgörs av det lokala respektive regionala engagemanget och intresset.”*

*”Visa på möjligheterna till självstyre för förvaltningen av infrastrukturen för de regionala järnvägarna kombinerat med en robust medelstilleddning.”*

**ERTMS:** Konsultbolaget Ramböll visar i en [utredning](#)<sup>34</sup> att införande av ERTMS i Sverige skulle leda till så graverande fördyringar för järnvägen, att transporter flyttas över till väg, vilket i sin tur leder till *ökade* CO<sub>2</sub>-utsläpp och att Sverige får ännu svårare att klara klimatmålet!

I en [riskanalys utförd för Trafikverket](#)<sup>50</sup> påpekas att järnvägsbranschen kan få stora ekonomiska svårigheter genom införandet av ERTMS. Detta leder till att gods företag kommer att läggas ner och godstransporter att överföras från järnväg till landsväg.

Ett exempel på hur ERTMS tyvärr lett till [omlagring av järnvägstransport till vägtransport](#).<sup>48</sup>

ERTMS (ETCS) var tänkt att bli ett gemensamt signalsystem för hela Europa. Men, enligt uppgift (2021), har det ”*inte blivit så, utan det finns 50 olika versioner. I Sverige har vi tre icke kompatibla ERTMS-system.*”

I Riksrevisionens rapport 2018 ”[Nytt signalsystem för järnvägen](#)”<sup>49</sup> anges att Trafikverket förväntade sig 25 % högre kapacitet med ERTMS. Detta har i praktiken inte kunnat infrias, utan tyvärr resulterat i en viss minskning av kapaciteten! I rapporten kritiserar handläggningen vid införandet av ERTMS.

Prof. Bo-Lennart Nelldal visar i sin sammanfattning [Kostnadsutveckling järnväg-lastbil](#)<sup>39</sup> hur utvecklingen tyvärr går i riktning från tåg- till lastbilstransport, vilket ökar CO<sub>2</sub>-utsläppet. Denna negativa utveckling är bland annat en följd av en medveten satsning från politikerna för främjande av lastbilstransport.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--

## **Biodrivmedel**

Även etanol som framställts hållbart ingår under biodrivmedel.

Biodrivmedel där det ingår tvivelaktiga råvaror som palmolja är inte hållbara.

Biodrivmedel bör inte importeras, detta skulle då saknas i andra länder för omställning till fossilfritt, och därmed inte minska totala utsläppen av växthusgaser på vår planet. Per Kågesson skriver i en [rapport 2019 till Regeringskansliet](#)<sup>32</sup> *Klimatmål på villovägar?*, citat: *"För närvarande importeras mer än 80 procent av vår biodrivmedelsförbrukning, och av den volymen består ungefär två tredjedelar av HVO (biodiesel) som till hälften framställts ur palmoljeprodukter. EU-kommissionen bedömde nyligen att HVO, baserad på palmolja och biprodukten PFAD, till följd av indirekta markeffekter ger upphov till större utsläpp av koldioxid än om man kör fordonen på fossil diesel (European Commission 2019)."*

Riksdagens Trafikutskott har en rapport: [Fossilfria drivmedel för att minska transportsektorns klimatpåverkan](#)<sup>13</sup> Citat ur denna på sidan 176: *"En svensk forskargrupp vid IVL Svenska Miljöinstitutet och Lunds universitet har gjort uppskattningar av hur stor den svenska biodrivmedelsproduktionen kan vara 2030. Den försiktiga uppskattningen kommer fram till ungefär 15 TWh svensktillverkade drivmedel, medan den mer ambitiösa uppskattningen ger ungefär 28 TWh svensktillverkade drivmedel 2030."*

Detta skall jämföras med [förbrukningen 2017](#)<sup>14</sup> av de viktigaste drivmedlen för vägfordon:

**Bensin inklusive låginblandad etanol 28 TWh**

**Diesel inklusive låginblandad biodiesel 48 TWh**

Härav ses tydligt att för vägfordon kan inhemska biodrivmedel endast till en mindre del ersätta fossila drivmedel. Speciellt skall nämnas diesel, varav en stor del används till lastbilstrafik.

Det tillkommer flygbränsle, förbrukning **13 TWh** år 2017

Som framgår ovan finns det inhemskt biodrivmedel, om än i alltför begränsad omfattning. Hur detta skall användas blir därför en viktig fråga.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--

## Batterier

**Eldrift med batterier** är en teknik som redan finns idag och blir allt vanligare. Viktigt i detta sammanhang är dock att titta på:

1. Utvinningen av råvarorna till batterierna
2. Tillverkningen av batterierna
3. Laddningsströmmen till batterierna
4. Vad som skall hända med uttjänta batterier

Om man inte ser upp här, så kommer elektriciteten till en eller flera av dessa punkter från kol-, olje- eller gaskraftverk. Därmed har man genom bytet till batteridrift kanske vunnit bara minimalt eller inget alls för klimatet eller i värsta fall indirekt till och med förorsakat ökat utsläpp av klimatskadande gaser! Själva bytet till batteridrift är alltså *ingen garanti* i sig för minskade utsläpp av drivhusgaserna! Mer information om detta finns i en [rapport från IVL](#) <sup>5</sup> som belyser klimatpåverkan från produktionen av elbilsbatterier. Sammanfattat saknas det ännu tillräckligt med data för att göra ett klart uttalande över hur omställning till batteridrift för personbilar minskar de totala utsläppen av CO<sub>2</sub>. Det finns även en [studie gjord av Agora-Verkehrswende](#) <sup>6</sup> (tyvärr bara på tyska) som kommer till ungefär samma slutsats:

Det måste säkerställas att punkterna 1. till 4. ovan inte förorsakar CO<sub>2</sub>-utsläpp  
... för att en omställning till batteridrift skall vara meningsfull för klimatskyddet.

Det krävs även att hänsyn tas till miljön och arbetarskyddet för att en omställning till batteridrift skall vara meningsfull för klimatskyddet. Detta är tyvärr ofta inte fallet, vilket framgår av en [Artikel i VCS-Zeitung](#) <sup>40</sup> (VCS = Verkehrsclub der Schweiz).

**Batteridrift är idag därmed *inte* automatiskt klimat- och miljövänlig!**

Utvecklingen av batterier går dock snabbt framåt, så klimat- och miljövänligheten för nya batterier förväntas allmänt bli bättre med tiden.

**Tillgång på elkraft:** Svenskt Näringsliv gav feb. 2020 ut rapporten [Elektrifiering av Sveriges Transportsektor](#) <sup>51</sup> Citat ur sammanfattningen i denna rapport: *”Om stora delar av transportsektorn elektrifieras bedöms efterfrågan på el öka med cirka 26 TWh i Sverige. Det medför inte bara behov av ökad elproduktion utan även av ytterligare nätkapacitet. Det finns redan idag kapacitetsbrist på flera platser i elnätet och en snabb elektrifiering av transportsektorn riskerar att försenas på grund av kapacitetsbrist”*

Rapporten visar på svårigheten att täcka behovet av elkraft för att kunna elektrifiera hela vägtrafiken. Detta är för mig ytterligare ett argument att flytta över transporter från väg till järnväg. Och då tågtransport kräver betydligt mindre energi än vägtransport för samma transport kan därigenom den inte obegränsade mängden elenergi för transport utnyttjas mycket effektivare och utbyggnadsbehovet för elförsörjningen begränsas.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--

## Slutkommentarer

Med dagens kunskaper är hållbart trafikflyg antagligen möjligt, men med mycket stora inskränkningar: kraftigt ökade kostnader och därmed minskat flyg. Hållbar flygtrafik *i dagens omfattning* är däremot en omöjlighet.

När det gäller eldrift för markfordon med batterier måste tillverkningen, laddningen och skrotningen vara hållbara, vilket till stor del *inte* är fallet idag. I värsta fall riskerar vi annars att *öka* det totala CO<sub>2</sub>-utsläppet genom att ställa om från oljebaserad bensin och diesel till batteridrift.

Om man i Sverige ställer om till inhemska drivmedel och inhemsk energi skulle de viktiga transporterna i Sverige samtidigt bli mindre sårbara vid kriser ute i världen, som vid en ny oljekris. Det bör också sägas att för många oljefält måste alltmer olja användas bara för att utvinna den olja som i slutänden kommer till nytta, oljeutvinningen blir därmed allt ineffektivare och dyrare per liter olja och belastar klimatet alltmer.

Det har visat sig vara mycket svårt att uppfylla ett av Sveriges klimatmål: ”...minska utsläppen av växthusgaser från inrikes transporter, exklusive flyg, med 70 procent från 2010 till 2030.” Men en god början måste vara att sluta behandla järnvägen styvmoderligt, vilket idag faktiskt är fallet!

Som avslutning måste sägas att hos ledande personer i politik och i Trafikverket måste ett omtänkande äga rum, om transporterna skall kunna göras hållbara. Hittills har väg- och flygtrafik gynnats, medan järnvägen samtidigt kommit i andra hand eller till och med missgynnats (nedläggningar, bristfälligt underhåll, ökade pålagor). Utbyggnad av dyr och onödig ERTMS leder till en oönskad omlagring av transporter bort från järnväg till väg! I framtiden måste istället **järnvägen få en mycket större vikt** när det gäller transporterna.

Allteftersom nya fakta kommer fram, flyter dessa in i denna sammanställning

8. april 2021 Birger Tiberg

(publicerad första gången 20 maj 2019)



<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>Bilaga 1 Batteriflyg – sidan 1</b>
-------------------	--

## Är trafikflyg med batteridrift teoretiskt möjligt eller inte?

**Sammanfattat** visar beräkningarna att kommersiellt trafikflyg med batteridrift för längre flygsträckor knappast är möjligt! Orsakerna till detta är:

1. Nuvarande batterier har för liten laddningstäthet för trafikflyg på längre avstånd.
2. **Om** det skulle gå att konstruera batterier med tillräcklig laddningstäthet för denna trafik, skulle dessa explodera vid en eventuell kortslutning. En kortslutning måste därför uteslutas till 100%, om batteriflyg skall kunna användas för kommersiellt trafikflyg på längre avstånd!

**För beräkningarna** har propellerflyg valts, då det knappast är möjligt att driva jetflygplan med elektricitet. En flygplanstyp har utvalts: Propellerflygplanet Fokker 50-300 med max. motoreffekt **2050 kW**. Uppgiften för Fokker 50-300 kommer från Arne Karyd, liksom övriga uppgifter nedan. I beräkningarna förutsätts samma vikt för elmotorerna som för dagens flygplansmotorer.

Det förutsätts total flygsträcka 700 km

Start: 300 km/h x 2 min = 10 km

Stigning: 350 km/h x 8 min = 47 km

Landning: 520 km/h x 10 min = 87 km

Start + stigning + landning: 144 km (=10+47+87)

Marschfart 520 km/h: 700 km – 144 km = 556 km → 64 min (=60x556/520)

Energibehov per motor för hela flygningen:

Start: 2050 kW x 100% x 2 min = 68 kWh (=2050x2/60)

Stigning: 2050 kW x 80% x 8 min = 219 kWh (=2050x80%x8/60)

Marschfart: 2050 kW x 70% x 64 min = 1530 kWh (=2050x70%x64/60)

Landning: 2050 kW x 50% x 10 min = 171 kWh (=2050x50%x10/60)

Totalt energibehov för ena motorn **1988 kWh** (=68+219+1530+171)

Totalt energibehov för två motorer + 33% reserv: 1988 kWh x 2 motorer + 33 % = **5300 kWh**

Det har för enkelhetens skull antagits att elmotorerna har 100% verkningsgrad och att de väger lika mycket som motorerna för flygplansbränsle. Detta stämmer inte helt, verkningsgraden ligger under 100% och elmotorerna är snarare tyngre än motorerna för bränsle. Vidare tillkommer energi för uppvärmning, avisning, roderservo, belysning och avionik. Allt detta gör att eldrift kommer i ett ännu sämre läge än vad här redovisas och förstärker därmed det negativa uttalandet för batteriflyg.

I **del 1** av beräkningarna används dagens bästa batteriteknik och i **del 2** ett fiktivt batteri med 23 ggr högre laddningstäthet (Wh/kg)

**Del 1: Dagens bästa batteriteknik (330 Wh/kg) (enligt min kännedom, 2020)**

Med skalfaktor 60 % blir användbar laddningstäthet **200 Wh/kg**, som används i exemplen 1A & 1B.

**Exempel 1A**

För exemplet Fokker 30-500 ovan med 700 km flygsträcka skulle då batterivikten bli 5300 kWh / 200 Wh/kg = **26.5 ton**. Detta skall jämföras med den totala vikten **20.82 ton** för Fokker 50-300, enligt: <https://www.airliners.net/aircraft-data/fokker-50/218>

Det säger sig själv att detta är en orimlighet!

**Exempel 1B**

Om vi tar bort bränslevikten 1 750 lt flygbränsle och hälften (25) av sittplatserna kan vi istället lasta ca. 4 500 kg batterier (totalvikten för 1 750 lt bränsle + bränsletank + 25 x 110 kg/sittplats). Denna insparade vikt kan istället användas för 4.5 ton batterier, vilka kan lagra 900 kWh (= 200 Wh/kg x 4 500 kg batterier)

För start och landning åtgår enligt förra sidan  $68 + 219 + 171 = 458$  kWh med  
sammanlagda flygsträckan  $10 + 47 + 87 = 144$  km

900 kWh skall räcka teoretiskt för start + landning + flyg i marschfart, därav 458 kWh för start + landning, resten  $900 - 458 = 442$  kWh för flyg i marschfart

Flyg i marschfart  $2\,050$  kW x 70% =  $1\,435$  kW

$442$  kWh /  $1\,435$  kW = 0.31 h

Med marschfart 520 km/h fås då 160 km flygsträcka (= 520 km/h x 0.31 h)

Teoretiskt blir totala flygsträckan således  $144 + 150 =$  **304 km**

Verkliga flygsträckan inkl. start och landning är därmed mindre än 304 km.

Slutsats: Med dagens bästa batteriteknik är batteridrift för kommersiellt trafikflyg på längre flygsträckor en omöjlighet!

**Exempel 1 C**

**Om 10 år har** kanske laddningstätheten kunnat ökas till 500 kWh/kg, med skalfaktor 70-80 %. Beräkning analogt exempel 1B ger en teoretisk flygsträcka på maximalt 630 km med ett flygplan med bara halva antalet sittplatser mot för i dagens läge brukligt.

MEN, med laddningstätheten 500 Wh/kg = 1 800 kJ/kg frigörs 1 800 kJ per kg fulladdat batteri direkt vid en kortslutning. Om man räknar på samma sätt som i exempel 2 får man följande resultat:

**Litium** och **Aluminium** tar eld i luft och reaktionsprodukterna hettas upp vidare.

**Mangan, järn, kobolt, nickel** och **koppar** smälter och upphettas vidare till kokpunkten där metallen börjar förångas

De gjorda beräkningarna gäller visserligen bara för rena metaller, men det kan på goda grunder förväntas att även andra metaller, icke-metaller och kemiska föreningar i ett så starkt batteri kommer att reagera på liknande sätt. Om ett flytande ämne, som till exempel vatten, finns i batteriet skulle detta förångas omedelbart, vilket leder till explosion! Det kan även inträffa att kemiska föreningar sönderfaller, med ännu obekanta följdverkningar. Och inte minst måste påpekas att det med största sannolikhet uppstår en kedjereaktion, så att en kortslutning med medföljande brand eller explosion i ett batteri mycket snabbt sprider sig till de andra batterierna.

Även om det därmed inte blir lika allvarliga konsekvenser som i exempel 2 får man räkna med att verkningarna kan bli så stora att ett flygplan störtar.

Anm: Det räknas i denna bilaga (exempel 1A, 1B, 1C och 2) med den *teoretiska* möjligheten för batteriflyg. Det skall betonas att det som inte ens är möjligt teoretiskt är det ännu mindre i praktiken.

## Del 2 – exempel 2: Laddningstäthet 15.5 ggr högre (3 100 Wh/kg) än dagens bästa batteriteknik

Som del 1 visar måste en betydligt högre laddningstäthet utvecklas för att batteritekniken skall vara intressant för trafikflyg på längre avstånd. I denna del räknas därför med en fiktiv laddningstäthet som är 15.5 ggr högre än dagens bästa batteriteknik:  $15.5 \times 200 \text{ Wh/kg} = 3\,100 \text{ Wh/kg} = 11\,200 \text{ kJ/kg}$

(Anm. 15.5 ggr har valts för att få en teoretisk flygsträcka på 700 km)

Den insparade vikten för flygbränsle, 1 750 kg, inkl. bränsletank, kan användas helt för batterier. Vi får då  $1\,750 \text{ kg batteri} \times 3\,100 \text{ Wh/kg} = 5\,425 \text{ kWh}$  lagerkapacitet. Enligt sidan 1 räcker detta teoretiskt för 700 km flyg.

**MEN**, det rör sig om en mycket stor energimängd per kg batteri, som skall tappas långsamt. Om det istället skulle uppstå en kortslutning i batteriet frigörs hela energimängden på en gång i batteriet, som därmed hettas upp. Följande beräkning visar vad som då skulle hända i detta fiktiva batteri.

### Följden av en kortslutning i ett fulladdat batteri, laddningstäthet 3 105 Wh/kg

Det är naturligtvis omöjligt att förutsäga hur dessa batterier skulle se ut, för då skulle man kunna tillverka dessa redan idag. För beräkningen har därför förutsatts att det ingår samma metaller som i dagens litiumbatterier eller av andra material som har ungefär liknande egenskaper som dessa metaller: litium, aluminium, mangan, järn, kobolt, nickel och koppar. Dessa andra material kan bestå av kemiska föreningar med dessa eller andra metaller. Beräkningarna på nästa sida är medvetet en mycket stor förenkling, men är ändå en fingervisning på vad som skulle hända vid en kortslutning i batteriet.

I tabellen nedan visas egenskaperna för metallerna:

	Värmekapacitet J/(kg·K)	Smältpkt	Kokpkt	Smältvärme kJ/kg	Förångningsvärme MJ/kg	Flampunkt
<b>Litium</b>	3600	180.5 °C	1342 °C	432	21.0	180 °C
<b>Aluminium</b>	900	660 °C	2467 °C	386	10.5	555 °C
<b>Mangan</b>	480	1246 °C	2061 °C	219	4.85	
<b>Järn</b>	440	1538 °C	2861 °C	247	6.27	
<b>Kobolt</b>	420	1495 °C	2927 °C	275	6.39	
<b>Nickel</b>	440	1455 °C	2913 °C	298	6.31	
<b>Koppar</b>	380	1085 °C	2527 °C	206	4.73	

Källa: nuclear-power.net, [nuclearpowerradiation.tpub.com](http://nuclearpowerradiation.tpub.com)

Det antas att värmekapaciteten förblir ungefär konstant upp till kokpunkten.

Vid en kortslutning frigörs **3 100 Wh/kg = 11 200 kJ/kg energi**, vilket leder till en extremt stark temperaturökning.

Beräkning av energimängd för att hetta upp från 0 °C till smältpunkten, smälta, fortsatt hetta upp till kokpunkten och till sist förångna metallerna. Det har för enkelhetens skull räknats med uppvärmning från 0°C.

#### Litium

...till smält- och flampunkten 180°C:  $(180-0) \times 3.6 \text{ kJ/kg} = 648 \text{ kJ/kg}$

Metallen tar eld i luft när den smälter och reaktionsprodukten hettas upp vidare.

Men om metallen inte tar eld händer följande:

...till kokpunkten:  $(180.5-0) \times 3.6 \text{ kJ/kg} + 432 \text{ kJ/kg} + (1\ 342-180.5) \times 3.6 \text{ kJ/kg} = 5\ 263 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $5\ 263 \text{ kJ/kg} + 21\ 000 \text{ kJ/kg} = \mathbf{25\ 263 \text{ kJ/kg}}$

#### Aluminium

...till flampunkten 550°C:  $(555-0) \times 0.9 \text{ kJ/kg} = 500 \text{ kJ/kg}$

Metallen tar eld i luft vid 555 °C och reaktionsprodukten hettas upp vidare.

Men om metallen inte tar eld händer följande:

...till kokpunkten:  $(660-0) \times 0.9 \text{ kJ/kg} + 386 \text{ kJ/kg} + (2\ 467-660) \times 0.9 \text{ kJ/kg} = 2\ 606 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $2\ 506 \text{ kJ/kg} + 10\ 500 \text{ kJ/kg} = \mathbf{13\ 106 \text{ kJ/kg}}$

#### Mangan

...till kokpunkten:  $(1\ 246-0) \times 0.48 \text{ kJ/kg} + 219 \text{ kJ/kg} + (2\ 061-1246) \times 0.48 \text{ kJ/kg} = 1\ 208 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $1\ 208 \text{ kJ/kg} + 4\ 850 \text{ kJ/kg} = \mathbf{6\ 058 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning **5 142 kJ/kg** (=11 200 - 6 058)

#### Järn

...till kokpunkten:  $(1\ 538-0) \times 0.44 \text{ kJ/kg} + 247 \text{ kJ/kg} + (2\ 861-1\ 538) \times 0.44 \text{ kJ/kg} = 1\ 506 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $1\ 508 \text{ kJ/kg} + 6\ 270 \text{ kJ/kg} = \mathbf{7\ 776 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning **3 424 kJ/kg** (=11 200 - 7 776)

#### Kobolt

...till kokpunkten:  $(1\ 495-0) \times 0.42 \text{ kJ/kg} + 275 \text{ kJ/kg} + (2\ 927-1\ 495) \times 0.42 \text{ kJ/kg} = 1\ 504 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $1\ 504 \text{ kJ/kg} + 6\ 390 \text{ kJ/kg} = \mathbf{7\ 894 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning **3 306 kJ/kg** (=11 200 - 7 894)

#### Nickel

...till kokpunkten:  $(1\ 455-0) \times 0.44 \text{ kJ/kg} + 298 \text{ kJ/kg} + (2\ 913-1\ 455) \times 0.44 \text{ kJ/kg} = 1\ 580 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $1\ 580 \text{ kJ/kg} + 6\ 310 \text{ kJ/kg} = \mathbf{7\ 890 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning **3 310 kJ/kg** (=11 200 - 7 890)

#### Koppar

...till kokpunkten:  $(1\ 085-0) \times 0.38 \text{ kJ/kg} + 206 \text{ kJ/kg} + (2\ 527-1\ 085) \times 0.38 \text{ kJ/kg} = 1\ 166 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $716 \text{ kJ/kg} + 4\ 730 \text{ kJ/kg} = \mathbf{5\ 896 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning **5 304 kJ/kg** (=11 200 - 5 896)

**Slutsats:** Beräkningen visar att en kortslutning skulle leda till att både litium och aluminium tar eld och att reaktionsprodukterna upphettas vidare. De andra metallerna kommer att förångas helt. Det hela går mycket snabbt varför det alltså blir synnerligen allvarliga konsekvenser av en kortslutning, d.v.s. en explosion. De gjorda beräkningarna gäller visserligen bara för rena metaller, men det kan på goda grunder förväntas att även andra metaller, icke-metaller och kemiska föreningar i ett så starkt batteri kommer att reagera på liknande sätt. Om ett flytande ämne, som till exempel vatten, finns i batteriet skulle detta förångas omedelbart, vilket också leder till explosion! Det kan även inträffa att kemiska föreningar sönderfaller, med ännu obekanta följdverkningar. Och inte minst måste påpekas att det med största sannolikhet uppstår en kedjereaktion, så att en kortslutning med medföljande explosion i ett batteri mycket snabbt sprider sig till de andra batterierna.

Sådana kraftiga batterier kan därmed snarast betraktas som bomber, som man långsamt tappar på energi! En kortslutning skulle därmed leda till att ett flygplan med sådana batterier inte skulle störta utan explodera i luften! Ingen skulle överleva.

*Om kortslutning i ett batteri inte kan uteslutas till 100% är därför kommersiellt trafikflyg på längre sträckor med batteridrift en omöjlighet!*

Birger Tiberg 16. feb. 2021



## Elvägar

### **Eldrift för vägtrafik helt under kontaktledning är för långa sträckor helt orealistisk. även om tekniken skulle visa sig fungera!**

Att utrusta alla statliga vägar ([98 500 km](#))<sup>9</sup> i Sverige med kontaktledning skulle uppskattningsvis kosta i storleksordningen 1 600 miljarder kr. För beräkningen har ett schablonvärde ca. 4 milj./km använts, för ny kontaktledning över ett järnvägsspår. Om det räknas med denna kostnad och att det per körfil på väg behövs dubbel kontaktledning, att en körfil per riktning utrustas med kontaktledning och att dessutom åtgärder behövs för att förhindra elolyckor med oskyddade trafikanter vid nedfallen kontaktledning, kan kostnaden uppskattas till minst ca. 16 milj./km väg, eller ca. 1 600 miljarder för 98 500 km väg. (M. Börjesson m.fl. räknar med 25 milj./km, se nedan) 1 600 miljarder motsvarar *en tredjedel* av [Sveriges BNP på 4791 miljarder under ett år \(2017\)](#)<sup>10</sup> Man kan också räkna på annat sätt: Om vi antar att [Trafikverkets budget \(2018\)](#)<sup>11</sup> skulle fördubblas från 57 till 114 miljarder per år och att denna ökning av budgeten (57 miljarder) helt skulle användas till att bygga kontaktledning över de statliga vägarna skulle det ta ca. minst 28 år att bli färdig och då har man bara gett sig i kast med lastbilstrafiken, nämligen att försöka göra denna utsläppsfri. Man får heller inte glömma underhållskostnaden för kontaktledningen. Om man senare vill öka kapaciteten genom att bygga ut vägen, måste kontaktledningen flyttas ut, vilket fördyrar utbyggnaden.

Den mycket höga kostnaden 1 600 miljarder *motsvarar* nybyggnad av 8000 km ny dubbelspårig elektrisk järnväg, med en uppskattad byggkostnad till ca. 200 milj./km, eller *spårlängden* 16 000 km. Jämför med *spårlängden* drygt 16 500 km på Sveriges nuvarande järnvägsnät [enligt Trafikverket](#)<sup>12</sup> Det bör betonas att jag *inte* föreslår att bygga ytterligare 16 000 km järnväg, utan detta är endast avsett som en kostnadsjämförelse. Järnvägen måste i framtiden byggas ut för mer trafik, men inte i denna stora omfattning och inte så snabbt.

I rapporten [Samhällsekonomiska kalkyler för elvägar](#)<sup>31</sup> räknas med en kostnad av 25 milj./km väg för uppsättande av kontaktledning (se avsnitt 3.7.). För 957 km väg (Sthlm -Gbg/-Malmö) blir detta 24 mdr. SEK. I avsnitt 5 uppskattas att ca. 33 % av koldioxidutsläppet från den tunga lastbilstrafiken kan minskas på detta sätt. Vad som skall ske med resterande 67 % av koldioxidutsläppet från den tunga lastbilstrafiken redovisas dock inte. Samma kostnad (24 mdr.) skulle uppskattningsvis räcka för att elektrifiera (för 4 milj./km) den resterande delen (2 241 km) av Sveriges järnvägsnät som är utan kontaktledning och dessutom bygga ca. 160 km nytt spår med kontaktledning (för 100 milj./km).

Rapporten förespråkar ett offentligt ägande av elvägen, dvs. uppsättningen av kontaktledning skall finansieras av staten, dvs. av skattepengar. Detta står också i rapporten [Klimatmål på villovägar?](#)<sup>32</sup>, citat: "Staten bör själv finansiera elektrifieringen av delar av motorvägsnätet"

I ovannämnda rapport "Samhällsekonomiska kalkyler..." anges (i avsnitt 4.2.) att elväg med tiden dock kan utkonkurreras av andra billigare framdrivningssätt, citat: "...den tekniska utvecklingen efter 2040 är svåröversäglig. Det råder en betydande osäkerhet kring utvecklingen av både batterier och bränsleceller efter 2040." **En stor investering i elvägar är av detta skäl förknippat med stor ekonomisk osäkerhet!** Se även avsnittet "Ett omtänkande..." på nästa sida.

I rapporten behandlas bara vägtrafik, och det mycket ensidigt positivt. I avsnitt 2.1. står det: "... för transporter som kan utnyttja elvägarna blir vägtransporter billigare och tar volymer från järnväg och sjö" alltså i **direkt motsats** till [Regeringsförklaringen 2019](#): "Allt fler långväga godstransporter ska flyttas från lastbil till tåg och sjöfart" och även i **direkt motsats** till en [Redovisning från Trafikverket](#)<sup>33</sup> 2019 till ett regeringsuppdrag: "Åtgärder för ökad andel godstransporter på järnväg och med fartyg"

Mycket anmärkningsvärt är följande uttalande i avsnitt 4.2. "Eftersom järnvägstrafiken är underinternaliserad, dvs den bär inte sina fulla externa kostnader, innebär minskade järnvägstransporter en nytta för samhället. Samhällets vinst av minskat slitage på järnvägen, olyckor, buller och trängsel är större än förlusterna av mindre intäkter av banavgifterna."

Min åsikt om detta: Mycket ensidigt, ofullständigt och järnvägsfientligt, och därmed också klimatfientligt!

Rapporten är ett publicerat "Working paper". För innehållet står författarna Maria Börjesson, VTI/KTH, Magnus Johansson, VTI, samt Per Kågesson, Nature Associates.

**Ett omtänkande hos Trafikverket** verkar dock nu (feb. 2021) vara på gång när det gäller nyttan av elvägar. Se rapporten [Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar](#)

Flera citat ur rapporten:

*"Den snabba batteriutvecklingen har bidragit till att den fordonsflotta som tidigare prognosticerats nyttja en elväg bedöms vara betydligt mindre jämfört med för bara något år sedan."*

*"Det är dock mycket tveksamt om trafikmängderna på det svenska vägnätet räcker till för att en utbyggnad av elvägar ska vara samhällsekonomisk lönsam vid en hög inblandning av biodrivmedel i dieseln enligt aviserad politik fram till 2030. Elvägar är också en betydligt mindre kostnadseffektiv lösning för att reducera utsläppen i transportsektorn jämfört med en hög inblandning av biodrivmedel."*

*"Klimatnyttan vid en storskalig utbyggnad av elvägar är dock mindre än den övergripande målsättningen på en halvering av utsläppen jämfört med 2018 års nivå."*

Birger Tiberg 8. april 2021

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--

## Referenser

- 1 Kenneth Nilsson, Patrick Berry, "Batteriteknik i större skala – flygtekniskt omöjligt", Ny Teknik, 2019-01 -30, [Använd 2019-09-27]:  
<https://www.nytechnik.se/opinion/batteridrift-i-storre-skala-flygtekniskt-omojligt-6946208>
- 2 Birger Tiberg, Trafikutveckling klimat, 2019-04-29, [Använd 2019-05-20]:  
<http://www.jarnvag.ch/Trafikutvecklingen.pdf>
- 3 Birger Tiberg, Malung-Sälen förslag till återuppbyggnad, [Använd 2019-05-20]:  
<http://www.jarnvag.ch/salen.pdf>
- 4 Anders Carlsson, Notis i Flygtorget 2019-04-25, [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.flygtorget.se/Aktuellt/Artikel/?Id=13160>
- 5 Pressmeddelande från IVL 2017-05-29 "Ny rapport belyser klimatpåverkan från produktionen av elbilsbatterier", [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.ivl.se/toppmeny/pressrum/pressmeddelanden/pressmeddelande---arkiv/2017-05-29-ny-rapport-belyser-klimatpaverkan-fran-produktionen-av-elbilsbatterier.html>
- 6 Publikation från Agora Verkehrswende April 2019: «Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial», [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimabilanz-von-elektroautos/>
- 7 Måns Ivarsson, notis i Expressen 2018-11-27: "Kryssning värre än flyg enligt ny undersökning", [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.expressen.se/allt-om-resor/kryssning-varre-an-flyg-enligt-ny-undersokning/>
- 9 Trafikverket har uppgifter daterade 2017-12-31, om Sveriges vägnät, [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Sveriges-vagnat/>
- 10 Uppgifter från Ekonomifakta "BNP – Sverige" daterad 2019-02-29, [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.ekonomifakta.se/Fakta/Ekonomi/Tillvaxt/BNP---Sverige/>
- 11 Trafikverkets verksamhetsplan 2018-2020, daterad 2018-01-10, [Använd 2019-05-20]:  
[https://www.trafikverket.se/contentassets/442e0ad2c9e749aa832ae0c0f612dd15/vp\\_2018-2020\\_med\\_bilagor.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/442e0ad2c9e749aa832ae0c0f612dd15/vp_2018-2020_med_bilagor.pdf)
- 12 Trafikverkets uppgift om Sveriges järnvägsnät, daterad 2016-06-0, [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/Sveriges-jarnvagsnat/>
- 13 Riksdagens trafikutskott, 2017/18:RFR13, ISBN 978-91-88607-48-5, "Fossilfria drivmedel för att minska transportsektorns klimatpåverkan" daterad 2018, [Använd 2019-05-20]:  
<https://data.riksdagen.se/fil/EE20BCB5-1593-4298-A58A-5F6FA643E4BF>
- 14 Energimyndighetens Statistikdatabas, "Energianvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) uppdelad per bränsleslag, 1970-", [Använd 2019-05-20]:  
[http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Transportsektorns%20energianvandning/-/EN0118\\_1.px/?rxid=2317b153-6985-401d-96e3-354d614f9cde](http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Transportsektorns%20energianvandning/-/EN0118_1.px/?rxid=2317b153-6985-401d-96e3-354d614f9cde)
- 16 Wikipedia – Maglev, daterad 2019-05-11, [Använd 2019-05-20]:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Maglev>

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--

- 17 Birger Tiberg, Karlsborgsbanan - Förslag till återupptagen tågtrafik, 2018-04-24, [Använd 2019-05-20]:  
<http://www.jarnvag.ch/Karlsborgsbanan.pdf>
- 18 Birger Tiberg, Lysekilsbanan – Förslag till återupptagen regelbunden tågtrafik, 2015-12-15, [Använd 2019-05-20]:  
<http://www.jarnvag.ch/Lysekilsbanan.pdf>
- 19 Delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet juni 2019: "Så klarar Sverige Klimatmålen" [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-for-klimatet/transportssystem-slutrapport-2019-06-12-id-132097.pdf>
- 20 Sten Lövgren, artikel i Ny Teknik 2016-09-16, [Använd 2020-03-26]:  
<https://www.nyteknik.se/opinion/elvagar-for-lastbil-kejsarens-nya-klader-6786086>
- 21 Umweltbundesamt 2012, Klimawirksamkeit des Flugverkehrs - Aktueller wissenschaftlicher Kenntnisstand, [Använd 2019-07-23]:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/klimawirksamkeit\\_des\\_flugverkehrs.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/klimawirksamkeit_des_flugverkehrs.pdf)
- 22 Wissenschaft.de 2019: Klimawirkung von Kondensstreifen verdreifacht sich, [Använd 2019-07-25]:  
[https://www.wissenschaft.de/erde-klima/klimawirkung-von-kondensstreifen-verdreifacht-sich/?utm\\_source=newsletter&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=wissenschaft.de\\_01-07-2019&fbclid=IwAR30h66n2exj3L5VvV06WM3kqQa1pD6oFXynZMEngWrh6P2qiRc7X-ADU\\_0](https://www.wissenschaft.de/erde-klima/klimawirkung-von-kondensstreifen-verdreifacht-sich/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=wissenschaft.de_01-07-2019&fbclid=IwAR30h66n2exj3L5VvV06WM3kqQa1pD6oFXynZMEngWrh6P2qiRc7X-ADU_0)
- 23 Bock & Burkhardt 2019, Contrail cirrus radiative forcing for future air traffic, [Använd 2019-08-02]:  
<https://www.atmos-chem-phys.net/19/8163/2019/>
- 24 Andersson et. al., Magnettåg är inget realistiskt alternativ, GP, 2018 01-08, [Använd 2019-08-12]:  
<https://www.gp.se/debatt/magnett%C3%A5g-%C3%A4r-inget-realistiskt-alternativ-1.5024917>
- 25 Svenska Dagbladet 2019-09-05, Båtarna större miljöbov än flygen [Använd 2019-09-17]  
<https://www.svd.se/batarna-storre-miljobov-an-flygen>
- 26 AASHO Road Test, Sammanfattning i Wikipedia [Använd 2020-03-26]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/AASHO\\_Road\\_Test#cite\\_note-3](https://en.wikipedia.org/wiki/AASHO_Road_Test#cite_note-3)
- 27 Stränga föreskrifter från IATA betr. Li-batterier i flygplan [Använd 2020-01-28]  
<https://www.iata.org/contentassets/05e6d8742b0047259bf3a700bc9d42b9/lithium-battery-update.pdf>
- 28 Stränga föreskrifter från FAA betr. Li-batterier i flygplan [Använd 2020-01-28]  
[https://www.faa.gov/hazmat/packsafe/resources/media/Airline\\_passengers\\_and\\_batteries.pdf](https://www.faa.gov/hazmat/packsafe/resources/media/Airline_passengers_and_batteries.pdf)
- 29 Kenneth Nilsson, Svensk Flyghistorisk Tidskrift 4/2019, sidan 21
- 30 Youtube-film från NBC News 2016: Lithium Batteries Threaten Cargo Planes [Använd 2020-02-21]  
<https://www.youtube.com/watch?v=1Sp-zjRm3Q8>
- 31 M. Börjesson et al, Samhällsekonomiska kalkyler för elvägar, 2020 [Använd 2020-12-06]:  
[Transportekonomi Working Paper \(transportportal.se\)](https://transportekonomi.se/transportekonomi-working-paper)
- 32 P. Kågesson, Klimatmål på villovägar? En ESO-rapport om politiken för utsläppsminskningar i vägtrafiken, 2019 [Använd 2020-06-17]:  
[https://eso.expertgrupp.se/wp-content/uploads/2018/12/2019\\_5-Klimatmal-pa-villovagar.pdf](https://eso.expertgrupp.se/wp-content/uploads/2018/12/2019_5-Klimatmal-pa-villovagar.pdf)
- 33 Åtgärder för ökad andel godstransporter på järnväg och med fartyg, redovisning från Trafikverket till ett regeringsuppdrag, 2018 [Använd 2020-06-8]:  
<https://trafikverket.ineko.se/se/åtgärder-för-ökad-andel-godstransporter-på-järnväg-och-med-fartyg-redovisning-av-regeringsuppdrag>

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--

34. Notis i Järnvägsnyheter.se [använd 2020-07-04]:  
<https://www.jarnvagsnyheter.se/20200703/10536/16-miljarder-kostar-ertms-tagbranschens-aktorer>
35. Notis i Järnvägsnyheter.se [använd 2020-10-18]:  
<https://www.jarnvagsnyheter.se/index.php/20190802/8775/jarnvagen-behovs-mstallning-till-fossilfri-transportsektor>
36. Litteraturstudie från VTI, Det kommersiella elflyget – verklighet eller dröm?, 2020, [använd 2020-10-18]:  
[https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/det-kommersiella-elflyget-verklighet-eller-drom\\_1422314](https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/det-kommersiella-elflyget-verklighet-eller-drom_1422314)
37. Oberleitungslastkraftwagen, Wikipedia [använd 2020-10-17]:  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Oberleitungslastkraftwagen>
38. «Notstopp wegen ein paar Mücken», K-Tipp nr. 18 2020, sid. 8-9
39. Kostnadsutveckling järnväg-lastbil, Bo-Lennart Nelldal, 2019 [använd 2020-11-02]:  
<https://www.almega.se/app/uploads/sites/9/2019/10/Konkurrens-i-%C3%A4rn%C3%A4g-lastbil-Bolle-2019-09-30.pdf>
40. Die Batterie: Knackpunkt der Mobilität, VCS, [använd 2020-11-06]:  
[https://www.verkehrsclub.ch/fileadmin/user\\_upload/30\\_ratgeber/43\\_auto/e-mobility/Batterien\\_D\\_DEF.pdf](https://www.verkehrsclub.ch/fileadmin/user_upload/30_ratgeber/43_auto/e-mobility/Batterien_D_DEF.pdf)
41. Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar, 2021 [Använd 2021-02-10]:  
[www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1524344/FULLTEXT01.pdf](http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1524344/FULLTEXT01.pdf)
42. Wikipedia: Queen Mary 2 [använd 2021-02-14]:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Queen\\_Mary\\_2](https://en.wikipedia.org/wiki/Queen_Mary_2)
43. Cunard's Queen Mary 2 [använd 2021-02-14]:  
<https://www.seat61.com/queen-mary-2-transatlantic.htm>
44. Wikipedia: Bristol Britannia [använd 2021-02-14]:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Bristol\\_Britannia](https://en.wikipedia.org/wiki/Bristol_Britannia)
45. Airvectors: Bristol Britannina & Vickers Viscount [använd 2021-02-14]:  
<https://airvectors.net/avbrtn.html>
46. Angela Merkel i railtech.com [använd 2021-02-20] :  
<https://www.railtech.com/policy/2021/01/11/angela-merkel-only-with-rail-we-will-achieve-our-climate-goals/>
47. Olle Ok, Christian Guldborg, Regionala järnvägar, TransportForsk 2020 [använd 2021-02-21]:  
<http://www.tfk.se/web/printpreview.aspx?printpreview=1&refid=325>
48. Artikel i tidningen Västernorrland [använd 2021-03-21]:  
<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/ger-upp-jarnvagstransporter>
49. Nytt signalsystem för järnvägen, Riksrevisionen, 2018 [använd 2021-03-21]:  
[https://www.riksrevisionen.se/download/18.65d707c31647e67ea3698656/1534879060217/RiR\\_2018\\_21\\_ANPASSAD.PDF](https://www.riksrevisionen.se/download/18.65d707c31647e67ea3698656/1534879060217/RiR_2018_21_ANPASSAD.PDF)
50. Ny kommersiell riskanalys för ERTMS-införandet, Trafikverket, 2020 [använd 2021-03-23]:  
<https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/aktuellt-for-dig-i-branschen3/Aktuellt-ERTMS/2020/ny-kommersiell-riskanalys-for-ertms-inforandet/>
51. F. Obel, K. Sahlén, M. Xylia, Elektrifiering av Sveriges Transporter, 2020 [använd 2021-04-02]:  
[https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/afe0c9\\_elektrifiering-av-sveriges-transportsektorpdf\\_1140277.html/BINARY/Elektrifiering%20av%20Sveriges%20transportsektor.pdf](https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/afe0c9_elektrifiering-av-sveriges-transportsektorpdf_1140277.html/BINARY/Elektrifiering%20av%20Sveriges%20transportsektor.pdf)

Personlig information från doktorand Sten-Erik Björling, Luleå Tekniska Universitet

Personlig information från prof. Patrik Johansson, Chalmers, betr. batterier

Personlig information från flygexperten och utredaren Arne Karyd

Personlig information från adj. prof. Per Norberg, Chalmers