



Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

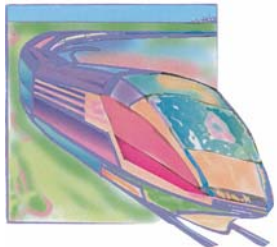
# Transportforum 9 januari 2008

## Gröna tåg, del I (13:00 – 15:00)

---

Ordförande: *Evert Andersson, KTH*

- **Klimatfrågan utmanar transportsektorn - hur mycket kan spårtrafiken bidra?** (*Evert Andersson, KTH*)
- **Banverkets långsiktiga miljöarbete och visioner** (*Sören Dahlén, Banverket*)
- **Tågindustrins miljöarbete** (*Pia Öhrn, Bombardier Transportation*)
- **Inducerar exponering av friska försökspersoner i tunnelmiljö luftvägseffekter?** (*Britt-Marie Larsson, Karolinska Institutet*)
- **Minskade partikelemissioner inom spårtrafiken** (*Mats Berg, KTH & Pia Öhrn, Bombardier*)





**Järnvägsgruppen KTH**  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

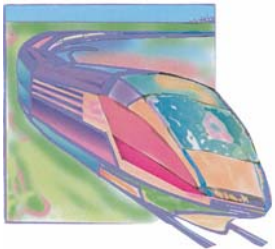
---

# **Klimatfrågan utmanar transportsektorn**

## **Hur mycket kan spårtrafiken bidra?**

Evert Andersson  
Professor

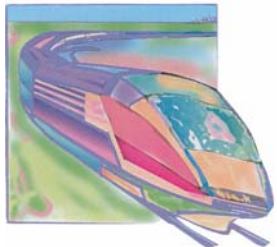
Järnvägsgruppen KTH  
Institutionen för Farkost & Flyg





# Klimatproblemet

- **Jorden blir allt varmare** genom utsläpp av **växthusgaser**, med svåröverskådliga effekter som följd (IPCC, Stern m.fl.).
- Om vi vill **begränsa uppvärmningen till 2 grader** så krävs att de **globala utsläppen minskar med 70 %** till 2050 (EEA, Stern m.fl.). Då har vi 50 % chans att klara målet.
- Om fördelningen av utsläppen ska bli lika för alla på jorden, **måste vi minska klimatgaserna med 80-85 %**
- **Vi måste tänka om och måste:**
  - utveckla nya teknologier för uppvärmning, kylning, industriprocesser och transporter
  - ändra bebyggelseplaneringen (för att minska bilkörning)
  - bättre tillvarata och utveckla befintliga teknologier (t ex isolering av hus, **spårtrafik** m m).
- Problemet är **internationellt**, men vad kan vi göra i **Sverige?**



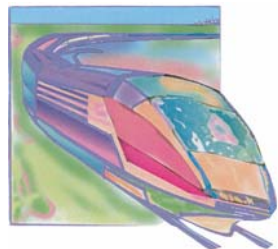
# Transportsektorn och miljöproblemen

- **Transportsektorn** står för **45 % av alla utsläpp** av växthusgaser (koldioxid (CO<sub>2</sub>) + kväveoxider m m), inkl svenskars andel av utrikes flyg och sjötransporter (Naturvårdsverket / Åkerman et al, 2007).
- **Transportsektorns inhemska utsläpp** av ren koldioxid är **ca 20 Mton** per år (Naturvårdsverket 2006).
- Andra problem är **buller** och **utrymmesbehov** i tätbebyggelse

Tunnelbana



Personbil

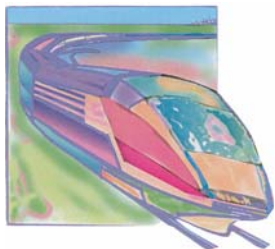


- Men transporter stödjer ekonomisk utveckling och välstånd + ökar livskvalitén för många människor.

# Eldrivna tåg är energisnåla

## (1) Persontrafik 450 km

B = Medelbeläggning



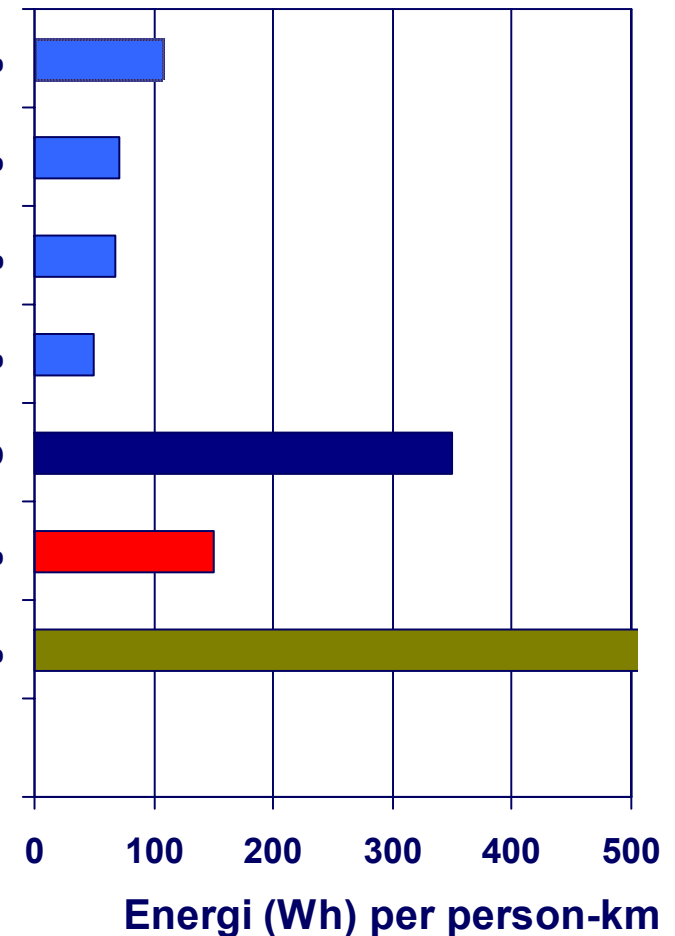
Källor:

Andersson & Lukaszewicz:  
Energy consumption .... for Scandinavian electric passenger trains

Central Japan Railways

För flyg, buss, bil: Data från NTM  
(Nätverk för Transporter & Miljön)

Äldre luktåg 8-vagnar B=44 %  
SJ X 2000 B=60 %  
Snabbt regionaltåg Regina B=45 %  
JR Shinkansen Serie 700 B=65 %  
Privat bil 1,8 p  
Buss 59 pl B=50 %  
Flyg Boeing 737-800 B=65 %





Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Eldrivna tåg är energisnåla

## (2) Godstrafik 450 km

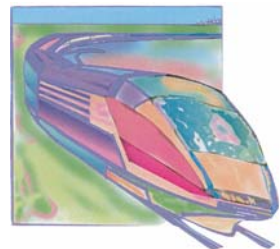
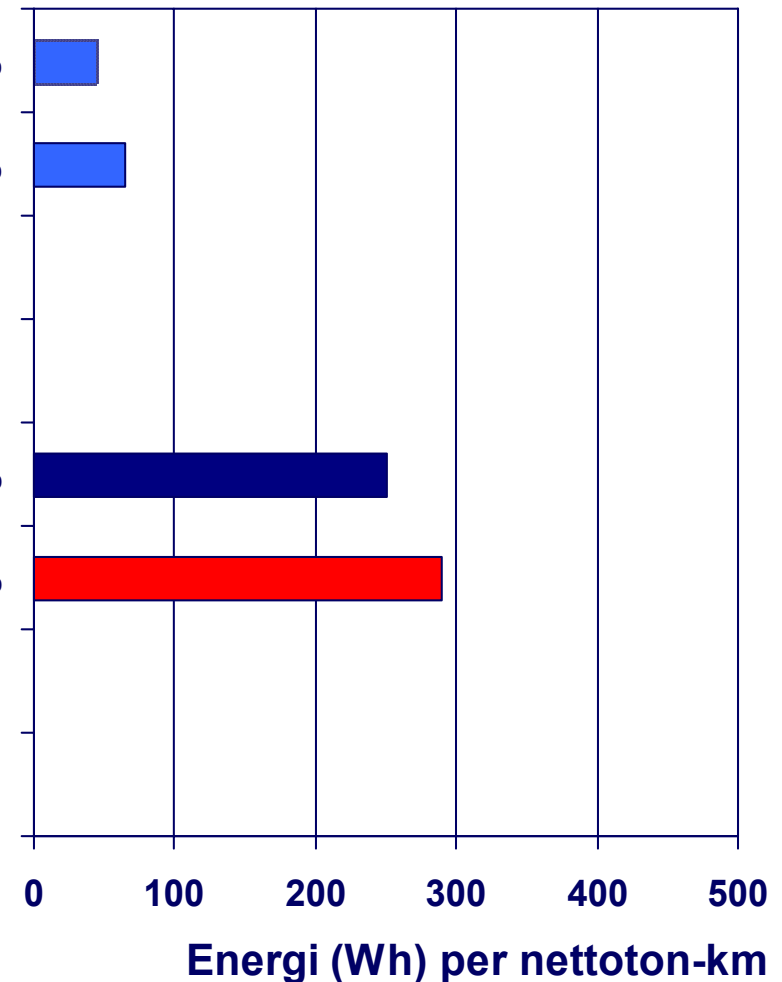
B = Medelbeläggning



Vagnslast B=60 %  
Tåg, kombi växelflak B=57 %



Lastbil 40 ton, trailer B=70 %  
Lastbil växelflak B=57 %



Källor:

För tåg: GreenCargo + egna beräkningar

För lastbil: Baserat på ata från NTM  
(Nätverk för Transporter & Miljön)

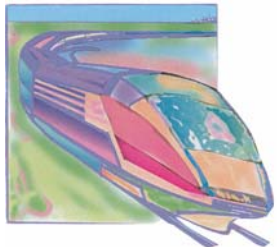


Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Varför är eldrivna tåg energisnåla?

- Tåg rullar lätt med **stålhjul** på de **släta skenorna**.
- Man kopplar ihop **vagnar i tät följd**. Luftmotståndet per vagn blir lågt.
  - man kan köra i 200 km/h med tåg, för att få samma luftmotstånd per sittplats som en personbil i 90 km/h.
- Eldrivna tåg har **bra verkningsgrad** (små energiförluster); ca 3-4 gånger bättre än en bensinmotor; 2-3 gånger så bra som en dieselmotor.
- Bromsning kan ske elektriskt. Elmotorerna i tåget fungerar då som el-generatorer. De matar tillbaka el till kontaktledningen och till andra tåg. En del av **elenergin kan alltså återanvändas** (10 – 30 %).

Dessutom

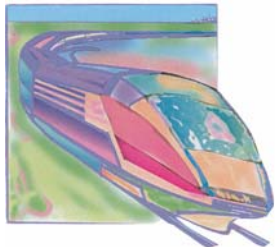


- Tåg följer ett spår och **kan ta ner el-energi från en ledning över spåret.**



## El-energi och olje-produkter är inte helt jämförbara

- Det beror också på **hur el-energin produceras**
  - Kol, olja, gas (tas överskottsvärmen tillvara för uppvärmning?)
  - Kärnbränsle
  - Vattenkraft
  - Biobränsle
  - Vind
- Man kan **producera el på det sätt och som är “bäst”**.  
Man är inte bunden till fossila, flytande eller gasformiga bränslen.
- Ur miljösynpunkt är det avgörande om primärenergien är **“förnyelsebar”** och **vilka utsläpp den ger**.





Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Luftföroreningar: koldioxid CO<sub>2</sub>

För tåg: Medelvärde för el på Nordiska marknaden



Äldre loktåg 8-vagnar B=44 %

SJ X 2000 B=60 %

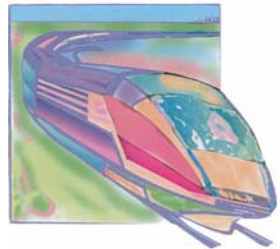
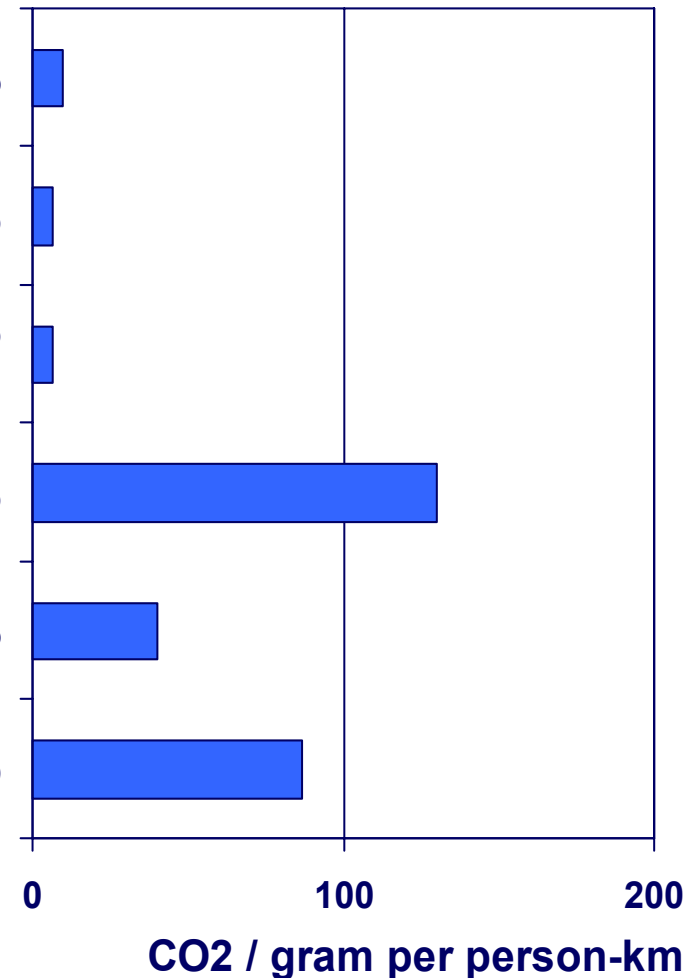
Snabbt regionaltåg Regina B=45 %



Flyg Boeing 737-800 B=65 %

Buss Euro3 B=50 %

Privat bil Mk2000 - 1,8 p



Källor:  
Andersson & Lukaszewicz:  
Energy consumption .... for Scandinavian  
electric passenger trains. För flyg, buss, bil:  
baserat på data från NTM



Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Luftföroreningar: kväveoxider $\text{NO}_x$

För tåg: Medelvärde för el på Nordiska marknaden



Äldre loktåg 8-vagnar B=44 %

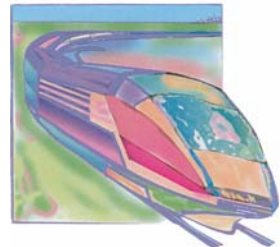
SJ X 2000 B=60 %

Snabbt regionaltåg Regina B=45 %



Flyg Boeing 737-800 B=65 %

Buss Euro3 B=50 %

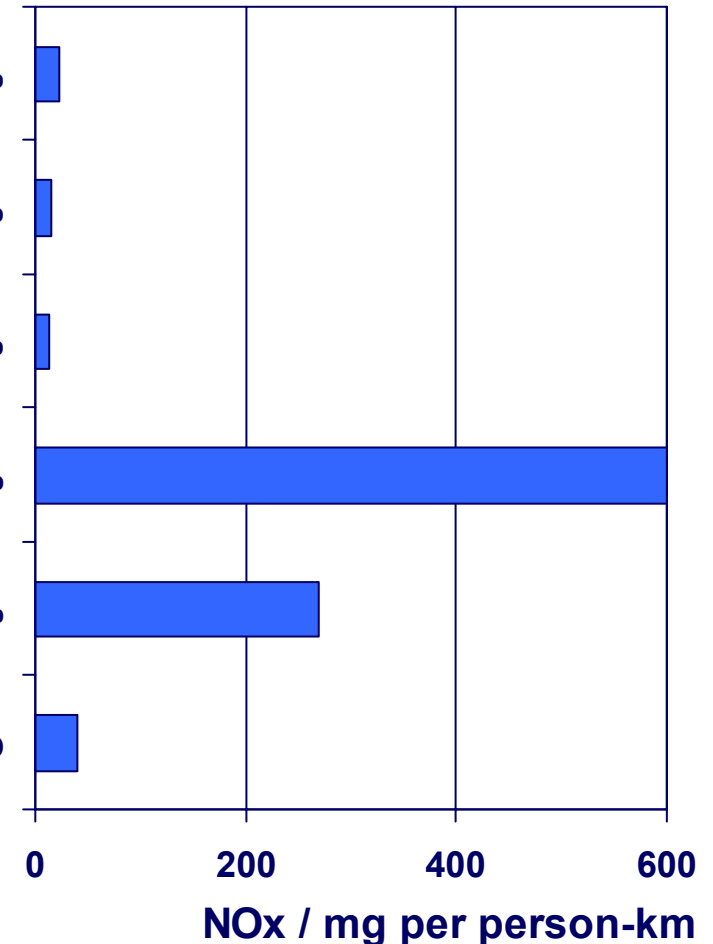


Källor:

Andersson & Lukaszewicz:

Energy consumption .... for Scandinavian  
electric passenger trains. För flyg, buss, bil:  
baserat på data från NTM

Privat bil Mk2000 - 1,8 p





Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Vi och vårt gods vill komma fram allt snabbare ...

---

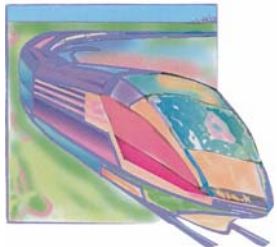
Ökar inte energiförbrukningen om  
man höjer hastigheten?

**Svar:** Jo det gör den – med lika tåg som tidigare.

**Men höjer man hastigheten så gör man nästan alltid  
åtgärder på tåget som neutraliserar den höjda hastigheten  
ur energisynpunkt – och mera därtill.**

Dessutom ökar **resandet** (och beläggningen).

Det bidrar också till att minska den specifika  
energiförbrukningen (d v s per pass-km).



Ovanstående gäller i regel **även för godstrafik**, men i något  
mindre utsträckning.



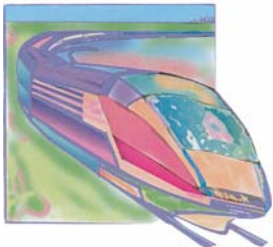
Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Kommer energi och utsläpp att fortsätta minska i framtiden ?

---

- Det finns fortfarande en **stor potential för förbättringar!**
- Den specifika **energiförbrukningen** (och relaterade indirekta **utsläpp**) från eldriven spårtrafik kommer troligen att **minska även i framtiden**, parallellt med ökad hastighet.

För spårtrafiken går **låg energiförbrukning** och **ekonomisk effektivitet** oftast “hand i hand”.





Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Vad kan spårtrafiken bidra med (fram till 2030 – 2050) ?

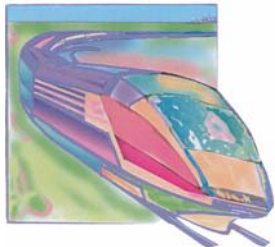
---

## Hur påverkas utsläppen av växthusgaser?

Svar:

Det beror huvudsakligen (till mer 90 % i Sverige) på hur stor överföringen från andra färdmedel blir.

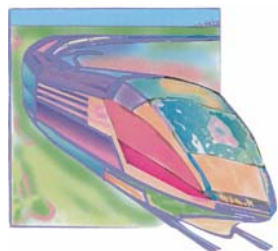
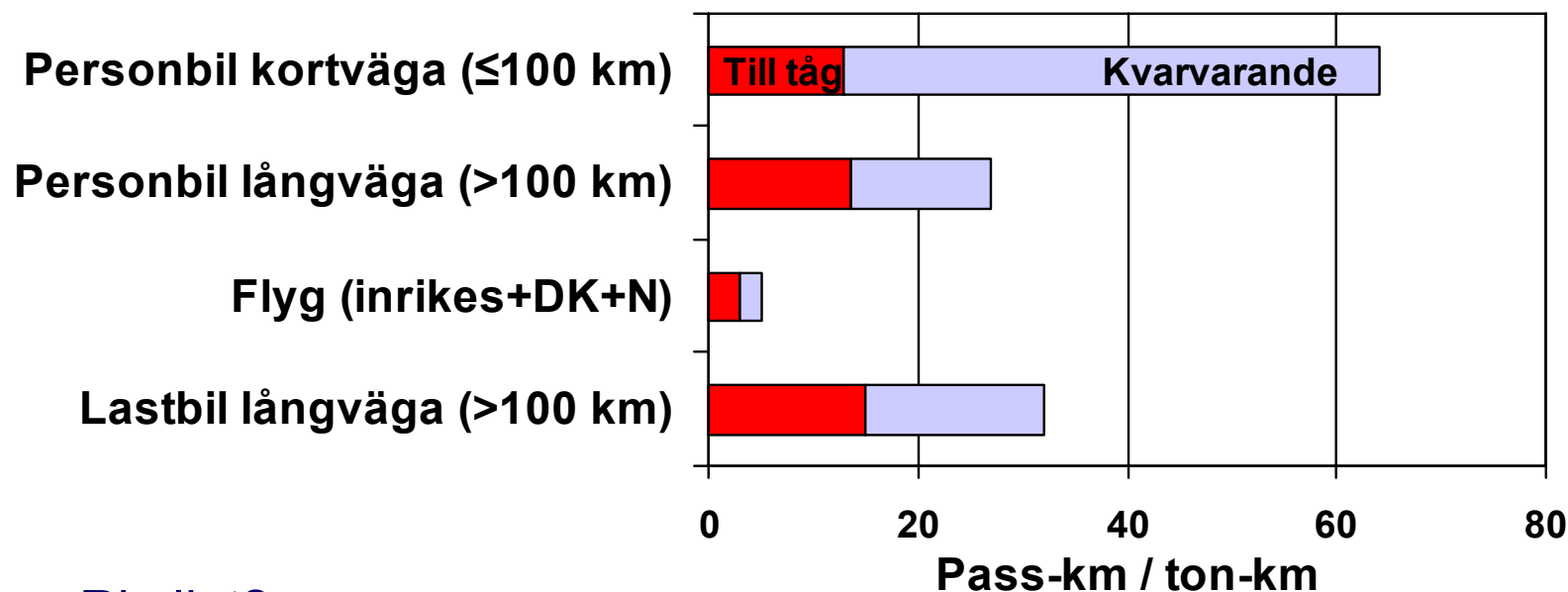
Hur den tillkommande elproduktionen för ökad spårtrafik sker i framtiden påverkar också i någon mån.



# Vad kan spårtrafiken bidra med ? (2)

## Räkneexempel för ca 2040

Överföring från andra färdmedel (räknat i pass-km / nettoton-km),  
relaterat till dagens inrikes transportarbete



Rimligt?

Redan idag (med nuvarande bränslepriser etc)

- Marknadsandel för långväga tåg med bra standard  $\approx$  40-50 %
- Andelen järnvägsgods i USA  $\approx$  40 %

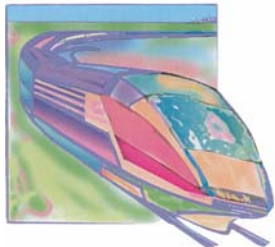


Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Effekter på energi och utsläpp av koldioxid

Med modern men konventionell teknik:

- **Minskad energiförbrukning för väg- och flygtrafik**
    - **Ca 20 TWh** (huvudsakligen fossilt bränsle)  
varav ca 60 % är för långväga transporter (>100 km)
    - Motsvarar ungefär uppvärmning av **1 000 000 villor**.
  - **Ökad energiförbrukning för spårtrafik**
    - **Ca 3 TWh** (med dagens moderna konventionella tågteknik)
    - Motsvarar ca **2 %** av Sveriges nuvarande elproduktion
  - **Minskade utsläpp av koldioxid (CO<sub>2</sub>)**
    - **Ca 4.8 milj ton<sup>1)</sup>**  
varav 60 % för personbilar  
20 % för lastbilar  
20 % för flyg (faktor 2,5 p g a skadliga utsläpp på hög höjd)
    - Motsvarar ca **24 % av inhemska utsläpp från transporter**
- 1) För spårtrafik räknat med medelvärde av nuvarande nordiska elproduktion  
För övrig trafik enligt bearbetade data från NTM (Närverk för Transporter o Miljön)





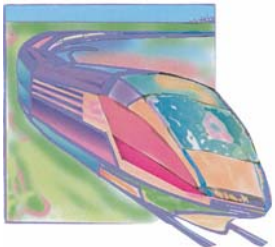
Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Men tekniken utvecklas ...

---

Vi har hittills räknat med modern konventionell teknik,  
i bruk idag.

- **Väg- och flygtrafiken utvecklas tekniskt**
  - Minskad specifik energiförbrukning
  - Minskade utsläpp från fossila bränslen
  - Biobränslen (till viss del)
  - El- och hybridbilar för kortväga trafik (eldrift < ca 50 km)





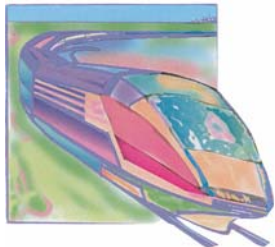
Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Spårtrafiken utvecklas också

- Den specifika elförbrukningen minskar troligen minst 25-30 % i nästa generation tåg.
- På längre sikt kan ytterligare förbättringar göras (10-20 %), särskilt för persontransporter.
- Energibehovet för den antagna spårtrafiken ökar då med endast **ca 1,4 TWh**.
  - Motsvarar ca **1 % av Sveriges nuvarande elproduktion**,
  - Motsvarar **5 – 10 %** av den planerade utbyggnaden av **vindkraft**.

Dessutom

- Spårtrafiken kommer framför allt in på **längre transportavstånd** där eldrift (etc) av bilar är ett avsevärt tekniskt problem. En ökad spårtrafik kompletterar alltså omställningen av vägtrafiken.

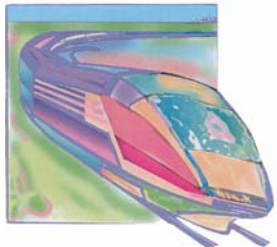




Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Övriga effekter

- Kraftigt **förbättrad transportförsörjning**
- **Regional utveckling** - regionförstoring
  - Vidgad arbetsmarknad
- De glest befolkade nordiska länderna har troligen större behov av effektiva långväga transporter än vad man har i de tätbefolkade delarna av Europa.



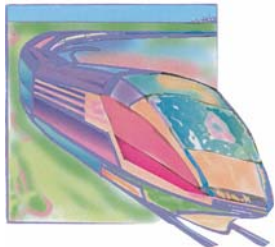


Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Vad krävs? Åtgärder för spårburen persontrafik

---

- Skapande av ett **höghastighetsbanor** för 250 – 320 km/h i de stora stråken.  
Används även för snabb långväga och regional trafik.  
Stärker kapaciteten även för godstransporter.  
Sverige ligger nu efter övriga Europa.  
Planeringen bör snabbt komma igång!
- Kompletteringar för ett **förgrenat nät** med god tillgänglighet ute i landet.
- Utveckling och utbyggnad av **lokal spårtrafik i storstäderna** (tunnelbanor, spårvägar, ev “spårtaxi”). Även ökad busstrafik. Snabbare och frekventare förbindelser “dörr-till-dörr”.





Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

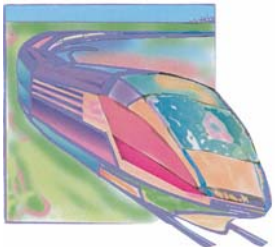
# Åtgärder för spårburen godstrafik

- Skapande av ett nät för **kombitransporter** för god geografisk tillgänglighet.

Minimera anslutningstransporterna på väg genom tätt liggande **snabblastningsterminaler** (40 – 60 st).

Viktigt för snabba konkurrenskraftiga transporter av **högvärdigt gods**.

- Ökad **tåglängd** och **axellast**.  
Ökad **lastprofil** (Sverige har unika möjligheter i Europa).
- Införande av “**duo-lok**” (kombinerade el- och “diesellok”).  
Förbättrar lokutnyttjning och miljöprestanda.



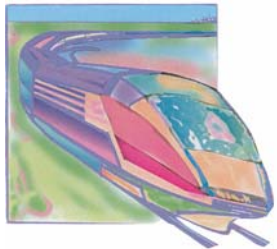


Järnvägsgruppen KTH  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

# Generella åtgärder för spårtrafiken

---

- Åtgärder för **kapacitetshöjningar** i befintligt nät.  
Investeringar – stora och små.
- Åtgärder för en kraftigt förbättrad **tillförlitlighet** och **tidsprecision**. Påverkar även kapaciteten.  
Studera Japan och Schweiz!
- Fortsatt **marknadsanpassning**
- Organisatorisk utveckling
- Teknisk forskning och utveckling



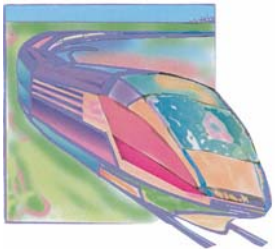
Utveckling och investeringar!



# Slutsatser

---

- En utbyggd och förbättrad spårtrafik kan bli ett **viktigt bidrag till omställningen** av samhället till kraftigt minskade utsläpp av växthusgaser.
- Det är lättare att ställa om när det finns bra alternativ.
- Spårtrafiken kompletterar omställningen av vägtrafiken. Minskar även flygtrafiken.
- Effekterna är positiva för samhället även utan klimatfrågan.





**Järnvägsgruppen KTH**  
Centrum för forskning och  
utbildning i järnvägsteknik

---

**Tack för uppmärksamheten !**

[everta@kth.se](mailto:everta@kth.se)

För publikationer och information:

[www.kth.se/fakulteter/centra/jarnvag/publications](http://www.kth.se/fakulteter/centra/jarnvag/publications)

[www.gronataget.se](http://www.gronataget.se)

