

# **Studie vedrørende implementering af det fælleseuropæiske togkontrolsystem ETCS på de danske baner**

Niels Brejnbjerg Buch, projektleder, Trafikstyrelsen for Jernbane og Færger  
Jan Kragerup, afdelingsleder, NIRAS

## **1. Baggrund og formål**

På Aalborg Trafikdage 2002 blev der gjort rede for Banestyrelsens arbejde med implementering af Europæiske radio og togkontrolsystemer (STRATO-projektet, se konferencerapport 2 side 375).

Siden da har Banestyrelsen og efter 1. juli 2003 Trafikstyrelsen for Jernbane og Færger arbejdet videre med dette arbejde.

Som en væsentlig del af dette arbejde har der været gennemført en samfundsøkonomisk analyse af konsekvenserne ved indføring af de Europæiske radio (GSM-R) og togkontrolsystemer (ETCS) i Danmark.

Alle større offentlige investeringer underkastes en samfundsøkonomisk evaluering, og indføringen af et nyt radio- og togkontrolsystem er ingen undtagelse. Det kan dog ofte være vanskeligt at se en større økonomisk fordel ved at udskifte et eksisterende og til dels velfungerende system med et nyt. Alene det faktum at der i en overgangsperiode vil være 2 tekniske systemer i drift, som begge skal drives og vedligeholdes, betyder et væsentligt minus for økonomien ved at udskifte et system.

I den konkrete sag om et europæisk radio- og togkontrolsystem, kunne man godt sige, at en sådan undersøgelse var unødvendig, da Danmark i kraft af sin tiltræden til EU's direktiver for højhastigheds- og konventionelle baner, er forpligtiget til at anvende de europæiske systemer ved nyanlæg på og opgraderinger af TEN-strækninger (Trans European Network).

Da der imidlertid er mange forskellige måder at implementere de europæiske systemer på, både med hensyn til tekniske niveauer, mulige overgangsløsninger og geografisk udbredelse, har det alligevel været en stor fordel at få gennemført undersøgelsen, således at man har kunnet prioritere en eller flere løsninger i det fremtidige arbejde.

Det rådgivende ingeniørfirma NIRAS har i samarbejde med den franske transportrådgiver SYSTRA bistået Banestyrelsen med løsning af opgaven i forbindelse med togkontrol. En tilsvarende opgave vedr. togradio blev gennemført bistået af ingeniørfirmaet Rambøll.

### ***1.1 Hvorfor ETCS?***

ETCS medfører primært to fordele. For det første gøres grænseoverskridende togtrafik nemmere end i dag – og det må forventes at fjernelsen af denne barriere medfører en stigning i den grænse-

overskridende gods- og passagertogtrafik. Derudover opnås en egentlig konkurrencesituation mellem leverandører af togkontrolsystemer, hvilket forventes at medføre reduktioner i implementerings- og vedligeholdelseskostninger.

I det følgende gennemgås kort de 3 niveauer (levels) i det europæiske togkontrolsystem.

### ***1.2 ETCS level 1***

Level 1 svarer i hovedtrækkene til det eksisterende danske togkontrolsystem (det såkaldte danske ATC-system). Toget modtager information om signalernes visning og den for strækningen gældende maksimale hastighed via antenner, kaldet baliser, i sporet. Lokomotivføreren modtager informationen på et signal i førerrummet og hvis han ikke reagerer i overensstemmelse med dette signals visning bliver toget automatisk nødbremset. For at minimere generne ved at toget kun kan modtage kørselsinformationen i et punkt (balisen) kan man, for at hæve kapaciteten på en given bane, supplere balisen med en såkaldt linieleder (et kabel lagt i sporet der sender informationen op i toget). Togets position registreres ved hjælp af udstyr i sporet (sporisolationer eller akseltællere).

### ***1.3 ETCS level 2***

I modsætning til level 1 modtager toget i level 2 sine kørselsinformationer via radio (GSM-R). Baliser anvendes kun som elektroniske kilometersten. Signaler langs sporet er ikke længere nødvendige. Togets position registreres stadig ved hjælp af udstyr i sporet (sporisolationer eller akseltællere).

### ***1.4 ETCS level 3***

I forhold til level 2 er det nu toget selv der angiver sin position via radio (GSM-R), baseret på de elektroniske kilometersten (baliser) og togets egen vejmåling. Da systemet ikke længere er bundet af faste togdetekteringsafsnit, siger man at der er flydende blok. Systemet kræver at toget hele tiden ved, at det ikke har tabt en vogn, da der ikke længere er udstyr i sporet til at detektere en tabt vogn.

Med flydende blok hæves kapaciteten betragteligt (ca. 20 %) i forhold til en konventionel bane med faste togdetekteringsafsnit.

På trods af denne klare fordel ved level 3, har industrien imidlertid ikke vist interesse for level 3 endnu, og vil tidligst gå i gang med at udvikle dette fra omkring 2006, hvilket formentlig vil betyde at level 3 som hyldevare tidligst vil kunne anskaffes fra 2012-15. Level 3 har derfor ikke været behandlet yderligere i denne undersøgelse.

## **2. Scenarier**

For at kunne gennemføre undersøgelsen opstillede Banestyrelsen/Trafikstyrelsen et antal scenarier for indføring af ETCS (og GSM-R). Scenarierne omhandlede både mulige overgangsløsninger og valg af ETCS level samt geografisk udbredelse af systemet.

## **2.1 Mulige overgangsløsninger og valg af ETCS level**

Indenfor ETCS-systemet er der en række muligheder for at lette overgangen fra de nationale systemer til ETCS.

- I infrastrukturen er det muligt at indbygge ETCS parallelt med det eksisterende nationale system. Herved vil det være muligt for både nationale tog og tog udrustet med ETCS at køre på strækningen.
- I det rullende materiel er det muligt at indbygge forskellige interfacemoduler:
  - I et tog med ETCS indbygget kan man tilføje et interfacemodul, der kan aflæse informationer fra en national balise og sende dem til ETCS-systemet i toget. Dette interfacemodul kaldes en STM (Specific Transmission Module).
  - I et nationalt tog (uden ETCS) er det muligt, at tilføje et interfacemodul der kan læse den europæiske balise, og sende informationen herfra til det nationale togkontrollsystem i toget. Interfacemodulet kaldes en BTM (Balise Transmission Module). Denne løsning kræver, at der i den europæiske balises informationer indgår et særligt nationalt telegram med den information, der ellers ville være kommet fra den nationale balise. Denne løsning kan kun anvendes ved ETCS level 1.

I forbindelse med undersøgelsen blev der opstillet følgende scenarier for overgangsløsninger i samspil med valg af ETCS level:

1. Infrastruktur: ETCS level 1 med dansk telegram. Rullende materiel: ETCS-tog eller danske tog med BTM
2. Infrastruktur: ETCS level 1 og ATC. Rullende materiel: ETCS-tog og danske tog
3. Infrastruktur: ATC. Rullende materiel: ETCS-tog med STM og danske tog
4. Infrastruktur: ETCS level 1 eller ATC. Rullende materiel: ETCS-tog med STM og danske tog med BTM
5. Infrastruktur: ETCS level 2. Rullende materiel: ETCS-tog evt. med STM
6. Infrastruktur: ETCS level 2 eller ATC. Rullende materiel: ETCS-tog med STM

## **2.2 Geografisk udbredelse**

Med hensyn til geografisk udbredelse af systemet i en første fase (på længere sigt vil det være naturligt at indføre ETCS på de strækninger, der i dag har dansk togkontrol samt ved nyanlæg) har følgende scenarier været undersøgt:

- På strækningen mellem Øresundsbroen og Padborg via Storebælt
- På de strækninger der er på det såkaldte TEN-kort (Øresundsbroen-Padborg, Fredericia-Frederikshavn, Lunderskov-Esbjerg, Hjørring-Hirtshals, Ringsted-Rødby og Nykøbing F-Gedser)
- På alle strækninger i Danmark inkl. amtsbaner

## **2.3 Samlet oversigt over scenarier**

Ud fra de 6 scenarier for overgangsløsninger og de 3 for geografisk udbredelse kan opstilles følgende skema over scenarier:

Geografiske scenarier ---> Overgangsscenarier	Korridor Øresundsbroen- Padborg	TEN-kort	Alle baner
1	X	X	X
2	X	X	-
3	X	-	-
4	X	X	X
5	X	-	-
6	X	X	X

X: Scenario der blev undersøgt.

- : Ingen undersøgelse, da scenariet på forhånd anses for at være urealistisk

I alt 13 scenarier blev herefter undersøgt.

### 3. Metode

Fordele og ulemper ved scenarierne er beskrevet kvalitativt. Endvidere er følgende søgt kvantificeret for hvert af de undersøgte scenarier:

- Investerings- og reinvesteringsbehov, infrastruktur samt udstyr i materiel
- Ændringer i drifts- og vedligeholdelseskostninger, infrastruktur
- Ændringer i trafik (antal passager- og godstog) pga. den nemmere grænsepassage
- Ændringer i infrastrukturafgifter
- Ændringer i passager- og godsmængder
- Ændringer i passager- og godsbetalinger
- Ændringer i drifts- og vedligeholdelseskostninger, materiel
- Ændringer i værdi af rejsetid for passagerer og gods
- Ændringer i sikkerhed/uheld

Nutidsværdi er opgjort for infrastrukturejer/-forvalter, operatører og samfundet som helhed i henhold til Finansministeriets retningslinier. De komponenter, som analyserne indeholder, fremgår af følgende tre skemaer.

#### Infrastrukturejer(-e):

Investeringer	Investeringer og reinvesteringer i infrastruktur inklusive baliser, alle nødvendige installationer og modifikationer mv. samt øvrige omkostninger.
Værdi af fjernede ATC-baliser	Overflødige, fjernede ATC-baliser (ZUB) indtægtsføres med en nedskreven værdi, i det omfang de kan genanvendes på det øvrige banenet.
Besparelser i drifts- og vedligeholdelsesudgifter	Det nye togkontrolsystem forventes at medføre lavere drifts- og vedligeholdelseskostninger. I ETCS level 2, hvor ydre signaler påregnes fjernet, opnås yderligere en besparelse.
Infrastrukturafgifter	På grund af en forventet forøgelse af den grænseoverskridende trafik sker der en vis tilvækst i indtægter fra infrastrukturbetalinger fra operatører.

## Implementering af ETCS på de danske baner

Broafgifter	Forøgede indtægter som følge af den forventede stigning i antallet af togpassager over de faste forbindelser.
Marginalomkostninger pga. den øgede trafik	Stigningen i trafikken medfører øget slitage på infrastrukturen, hvilket betyder en vis forøgelse af drifts- og vedligeholdelseskostningerne.

### Operatører:

Investeringer	Investeringer og reinvesterings i nødvendigt udstyr og modifikationer i rullende materiel.
Infrastrukturafgifter	På grund af den forventede forøgelse af den grænseoverskridende trafik sker der en vis tilvækst i infrastrukturbetalinger til infrastrukturejer.
Broafgifter	Forøgede udgifter som følge af den forventede stigning i antallet af togpassager over de faste forbindelser.
Ændringer i driftsomkostninger	Forøgelse af driftsomkostningerne til driften af rullende materiel, som følge af den forventede forøgelse i den grænseoverskridende trafik.
Reducerede omkostninger til flersystemtog	Med ETCS bortfalder behovet for flersystemtog, og der opnås derved en besparelse i kapital- og driftsomkostninger.
Reduceret lokomotivbehov	Mens flersystemtog, se ovenfor, i dag kan krydse grænserne, foretages for andre tog et skift af lokomotiv ved grænsen. Med ETCS opnås en vis reduktion i det nødvendige antal lokomotiver.
Ændringer i betalinger for passager- og godstransport	Forøgede indtægter for passager- og godstransport som følge af stigningen i den grænseoverskridende trafik.

### Samfund:

Infrastrukturejere og operatører	Summen af ændringer i indtægter og omkostninger jf. ovenstående.
Rejsetid	Den reducerede rejsetid medfører en gevinst mht. værdi af rejsetid for såvel nuværende som nye rejser.
Uheld	I scenarier hvor ETCS etableres på strækninger uden automatisk togstopssystem, opnås en gevinst pga. reduktioner i uheldsomkostninger.
Eksternaliteter	Ændringer i eksternaliteter pga. af en vis forventet overflytning af gods fra vej til bane.
Skatteforvridning	Skatteforvridningsfaktor iht. Finansministeriets retningslinier.

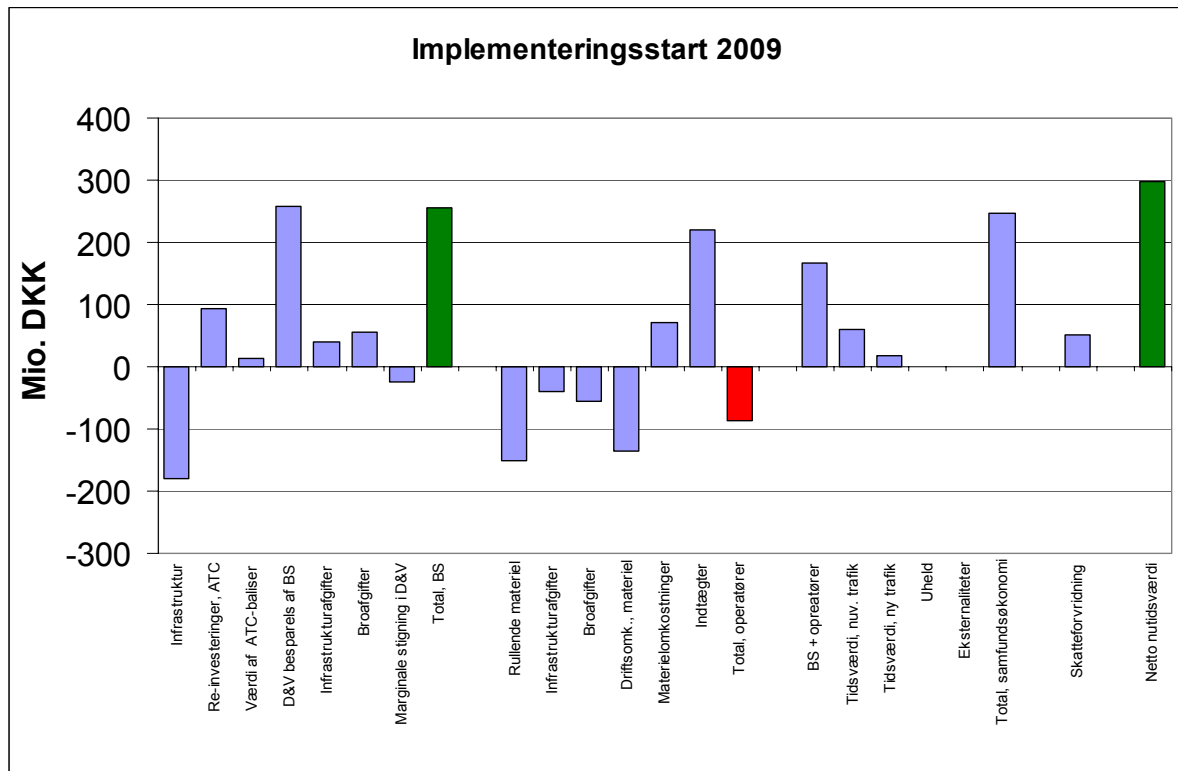
## 4. Resultater

Hovedresultaterne af cost-benefit analysen for det mest fordelagtige scenario er vist i figur 1. Det mest attraktive scenario omfatter overgangsløsning 1 (ETCS level 1 med dansk telegram, ETCS-materiel eller dansk materiel med BTM) i korridoren Øresundsbroen til Padborg. Tidsmæssigt er implementeringen afstemt med levetiderne af det nuværende udstyr.

Som det fremgår synes der at være en gevinst for infrastructurejere, et (mindre) tab for operatører samt samlet en positiv samfundsøkonomisk gevinst.

De fleste undersøgte scenarier har negativ nutidsværdi, primært på grund af større investeringsbehov og/eller øgede drifts- og vedligeholdelseskostninger til dublerede togkontrollsystemer.

Analyserne bygger på et antal kalkulerede eller forudsatte beregningspriser. Der er udført følsomhedsanalyser med det formål at afdække hovedresultaternes robusthed.



Figur 1 – Nutidsværdi af fordele og ulemper (Overgangsløsning 1, Øresund – Padborg)

## 5. Konklusion

I foregående afsnit er der gjort rede for resultatet af de samfundsøkonomiske analyser for indføring af fælleseuropæisk togkontrol. For de løsninger, der omhandler ETCS level 2, er der dog kun tale om et delresultat, da den samfundsøkonomiske værdi af indføringen af det fælleseuropæiske tog-radio system ikke er medtaget. Da dette imidlertid er en nødvendig del af et level 2 system, er det nødvendigt at medtage relevante costs og benefits vedrørende GSM-R. Den positive værdi, som radio-systemet medfører, opvejer dog langt fra den negative værdi fra togkontrol-delen.

En væsentlig årsag til den negative værdi for level 2 scenarierne, skal findes i at Banestyrelsen/Trafikstyrelsen har anset det for nødvendigt at udskifte de eksisterende signal- og sikringsanlæg med nye for at kunne anvende ETCS level 2. Udgiften til denne udskiftning er medtaget i ovenstående beregninger hvilket tynger økonomien ganske meget. Der er derfor foretaget en følsomhedsanalyse på netop dette punkt for scenario 6 på strækningen Øresundsbroen - Padborg.

### *Implementering af ETCS på de danske baner*

Denne viser at hvis kun 50 % af udgifterne til nye sikringsanlæg belaster økonomien for ETCS implementering vil den samfundsøkonomiske værdi være omkring 0. Hvis udgifterne til nye sikringsanlæg helt fjernes, vil der være en positiv værdi på omkring 500 mio. DKK (i dette tilfælde er implementeringstiden dog 15 år).

Baseret på undersøgelsen anbefalede Banestyrelsen i foråret 2003 Trafikministeriet, at der blev arbejdet videre med implementeringen af ETCS scenario 1 på strækningen mellem Øresundsbroen og Padborg, da denne løsning havde en god samfundsøkonomisk virkning og samtidigt kunne gennemføres ved en rimelig investering. En anden fordel ved denne løsning var at man hurtigt ville kunne gøre det muligt at køre igennem landet uden at skulle investere i særligt udstyr til togkontrol i Danmark (hvis man har et tog udstyret med ETCS).

Umiddelbart efter færdiggørelsen af den samfundsøkonomiske analyse offentliggjorde regeringen sin trafikinvesteringsplan. Denne plan indeholder i forbindelse med ERTMS følgende:

”På europæisk plan indføres et nyt standardiseret signal- og togkontrolsystem i flere lande, mens en række andre lande etablerer pilot-projekter. Der pågår til stadighed en udvikling af systemet. Danmark har tiltrådt interoperabilitetsdirektiverne 96/48/EF og 2001/16/EF for hhv. højhastigheds- og konventionelle baner. Dette indebærer, at man ved nyinvesteringer og moderniseringer af banenet og materiel skal anvende interoperabelt udstyr (ERTMS) bl.a. til togkontrol (ETCS) og togradio (GSM-R). En overgang til nyt togkontrol- og signalsystem vil forudsætte betydelig investeringer for Banestyrelsen og togoperatørerne, men omvendt vil reinvestering og drift af nuværende systemer også blive dyrere med årene. Tidspunktet for overgang til nyt togstyringssystem er derfor en central problemstilling. Såfremt der ønskes en øget fleksibilitet for operatører i grænseoverskridende togtrafik, kræver det i praksis mulighed for at køre flere tog, dvs. mere banekapacitet. Et nyt signal- og togkontrolsystem vil billiggøre anlægget af nye banestrækninger. Derfor understøtter implementering af systemer og udbygning af banekapaciteten hinanden. Det første skridt i udviklingen af nyt togkontrolsystem er at igangsætte et udviklingsarbejde med henblik på at forbedre beslutningsgrundlaget inden den egentlige igangsætning i 2006. Regeringen sikrer dette ved at afsætte 30 mio. kr. i de nærmeste tre år til udvikling af udstyr, der gør det muligt at foretage en gradvis overgang til en fremtidig europæisk standard for togkontrolsystem (ETCS). Hermed påbegyndes implementeringen af de EU-direktiver, Danmark er forpligtiget af på jernbaneanrådet. Indførelsen af systemet på hele banenettet vil derefter strække sig over en årrække. Det præcise udgiftsbehov er endnu ikke afdækket, men vil indebære en omkostning i størrelsesordenen 1-2 mia. kr. Systemet vil indebære udgifter for togoperatørerne, som endnu ikke er afdækket. Der afsættes 300 mio. kr. til udskiftning af de nuværende radiosystemer på S-togsnettet og på statens øvrige jernbaneinfrastruktur med den europæiske GSM-R standardradio. En endelig beslutning om indførelse af nye togradioer (GSM-R) afventer udarbejdelsen af et egentligt beslutningsgrundlag.”

Ovenstående stemmer overens med resultatet af Banestyrelsens/Trafikstyrelsens undersøgelser. Variationerne i prisoverslag skyldes bl.a. forskelle i geografisk udbredelse. De 1-2 mia. der nævnes i trafikinvesteringsplanen er til landsdækkende implementering af ETCS. Banestyrelsen/Trafikstyrelsen har foreslået i første omgang at indføre ETCS på korridoren, men det vil være naturligt at indføre det i hele landet efterhånden som de eksisterende anlæg skal udskiftes.