

# PRØVEKJØRING MED KRENGETOG PÅ SØRLANDSBANEN



## SLUTTRAPPORT

Jernbaneverket  
Biblioteket

Jernbaneverket Hovedkontoret juni 1997



Jernbaneverket

## FORORD

Gjennom de siste tiårene er det skjedd en kraftig utvikling av krengeteknologien. Det finnes i dag krengetog i forskjellige størrelser og fabrikater. En rekke land, deriblant Sverige og Finland har tatt krengetogkonseptet i bruk.

Ved kjøring med krengetog kan togets hastighet økes utover det som tillates for konvensjonelle tog ved at vognkassen krenger i kurvene.

I Norge har man vurdert og analysert bruk av krengetog i en årrekke. Krengetog er også blitt testet på det norske jernbanenettet tidligere, men da kun som begrensede tekniske tester. Det ble derfor i januar 1996 besluttet å etablere et prosjekt i regi av NSB Bane (fra 1.12.96 Jernbaneverket), som skulle belyse krengetogets påvirkning på kjørevegen over tid og i sammenheng med øvrig materiell.

Prosjektet skulle være et fullskalaforsøk, og gå i ordinær rute med passasjerer mellom Oslo og Kristiansand fra 29. september til 21. desember 1996.

Det ble i perioden før og under prøvekjøringen gjennomført målinger i infrastrukturen og ombord i toget, for å avklare hvilke krefter og påkjenninger som opptrer. Disse målingene ble sammenholdt med de akseptable grenseverdiene og målinger fra øvrig materiell. Kundenes reaksjoner på krengetogskonseptet ble avklart gjennom en kundeundersøkelse. Til sammen skulle dette avdekke om det oppstår uforutsette vansker med kjøring av krengetog i Norge.

Prosjektet skulle også teste ut interessen og sannsynligheten for at NSB, politikere og samfunn vil satse på utbredt trafikkering av krengetog på det nasjonale jernbanenettet.

Prosjektansvarlig for prosjektet har vært direktør Åge Lien, Jernbaneverket Hovedkontoret, med overingeniør Tanja Guettler som prosjektleder fram til 15. november 1996 og overingeniør Gisle Tangenes som prosjektleder fra 15. november 1996.

Prosjektet har vært delt i følgende fire delprosjekter med respektive delprosjektledere:

- Delprosjekt Teknisk kontroll med overingeniør Hallstein Gåsemyr som prosjektleder
- Delprosjekt Infrastruktur med overingeniør Gisle Tangenes som prosjektleder
- Delprosjekt Driftskonsept med lokleder Knut Hauglund som prosjektleder
- Delprosjekt Marked med utredningsleder Roald Stallemo som prosjektleder

Gert Heiberg i NSB BA Persontrafikk har også deltatt i prosjektledelsen med bistand til delprosjekt Marked og prosjektleder. Kari Sofie Jensen har hatt ansvaret for informasjonsdelen.

For å bistå prosjektansvarlig ble det etablert et prosjektråd bestående av markedsdirektør Arne Veggeland, regionsjef John Ole Grinde, jernbanesjef Oddvar Hodne og materiell- og framføringssjef Einar Evensen.

Denne sluttrapporten er utarbeidet av overingeniør Gisle Tangenes, Jernbaneverket Ingeniørtjenesten. Rapporten inneholder et sammendrag fra sluttrapportene til de fire delprosjektene.

Oslo juni 1997

Åge Lien  
Direktør

Jernbaneverket  
Biblioteket

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>0. SAMMENDRAG</b>	<b>3</b>
<b>1. DELPROSJEKT INFRASTRUKTUR</b>	<b>5</b>
1.1 Tiltak som ble gjennomført	5
1.2 Kjøretidsberegninger og slakk	5
1.3 Konklusjon	6
<b>2. DELPROSJEKT TEKNISK KONTROLL</b>	<b>7</b>
2.1 Måling av sporgeometri med Mauzin målevogn	7
2.1.1 Resultater	7
2.2 Videoovervåking av sporet på strekningen Kristiansand - Oslo	8
2.3 Måling av strømvaktar på strekningen Oslo - Kristiansand tur/retur	8
2.4 Måling av komfort	9
2.5 Måling av sideforskyvning av belastet spor med belastningsvogn	10
2.5.1 Resultater	11
2.6 Måling av forskyvninger og krefter i instrumentert spor	13
2.6.1 Resultater	13
2.7 Måling av anløpsvinkler til hjulsett fra det rullende materiell	14
2.7.1 Resultater	15
2.7.2 Vurdering av flens/skinnesmøring eller hjuldreining	15
2.8 Asymmetrisk sliping i to kurver	16
2.8.1 Resultater	17
2.9 Kontroll av q <sub>r</sub> -tall	17
<b>3. DELPROSJEKT MARKED</b>	<b>18</b>
3.1 Ombordservicekonsept	18
3.2 Markedsføring	18
3.3 Tilbringertjeneste og innsjekking	19
3.4 Markedsundersøkelse	20
3.4.1 Resultater	20
3.4.2 Reisesyke	21
3.5 Antall reisende og punktlighet	24
<b>4. DELPROSJEKT DRIFTSKONSEPT</b>	<b>25</b>
4.1 Vedlikehold	25
4.2 Togframføring	25
<b>5. REFERANSELISTE</b>	<b>26</b>

## 0. SAMMENDRAG

Denne rapporten omhandler erfaringer og konklusjoner som kan trekkes i forbindelse med prosjektet «Prøvekjøring med krengetog på Sørlandsbanen». Prosjektet startet opp med planlegging og forberedelser fra januar til september 1996. Fra 29. september begynte selve prøveperioden på strekningen Oslo - Kristiansand - Oslo med et innleid X2 fra SJ. Prøveperioden strakte seg over 12 uker fram til 21. desember 1996.

Prosjektet skulle kartlegge hvilke muligheter som ligger i bruken av krengetog, og hvilke tiltak som bør gjennomføres i infrastrukturen for å ta ut hastighetspotensialet til krengetoget. Det ble derfor parallelt med prøveprosjektet utarbeidet hovedplaner for innsetting av krengetog på fjernogstrekningene.

Hovedplanene viser at man må investere flere hundre millioner kroner i infrastrukturen dersom man skal kunne ta ut hastighetspotensialet til krengetoget og samtidig øke frekvensen betydelig. De største investeringene knytter seg til nedleggelse av planoverganger, en generell oppgradering av over- og underbygningen, oppgradering av signal- og sikringsanlegget samt oppgradering av kontaktledningsanlegget. De konkrete tiltakene som må utføres er beskrevet i hovedplanene for innsetting av krengetog på Sørlandsbanen, Bergensbanen og Dovrebanen (se referanselisten).

Det ble også gjennomført enkelte tiltak i infrastrukturen før prøvekjøringen begynte, men tiltakene ble begrenset til det som var mulig å få til på den korte tiden. Kapittel 1 beskriver hvilke tiltak som ble gjort.

Prosjektet skulle videre avdekke hvorvidt kjørevegen var tilfredsstillende med hensyn til tekniske krav, og om det oppsto uforutsette vansker ved kjøring med krengetog i Norge. For å undersøke dette ble det gjennomført tester og analyser av påvirkning mellom krengetoget og eksisterende infrastruktur. Resultatene ble sammenholdt med de akseptable grenseverdiene og resultatene fra øvrig materiell.

Følgende målinger ble gjennomført:

- måling av sporgeometri med Mauzin målevogn
- videoovervåking av sporet på strekningen Kristiansand - Oslo
- måling av strømvaktaker på strekningen Oslo - Kristiansand tur/retur
- måling av komfort
- måling av sideforskyvning av belastet spor med belastningsvogn
- måling av krefter i instrumentert spor
- måling av anløpsvinkler til hjulsett fra det rullende materiell
- asymmetrisk sliping i to kurver
- kontroll av hjulprofilen på X2

Testene viser at X2 ikke medfører større belastninger på eksisterende spor enn de togene som trafikkerer strekningen i dag, selv om krengetoget opererer med hastigheter som ligger ca 20% over hastigheten til konvensjonelle tog.

En nærmere beskrivelse av testene, samt konklusjonene fra dem er oppsummert under delprosjekt Teknisk kontroll i kapittel 2.

For å undersøke kundenes reaksjoner på komfortopplevelsen og ombordservicen i krengetoget ble det gjennomført en kundeundersøkelse. Denne skulle også gi svar på hvor mange og hvilke nye passasjerer tilbudet tiltrakk seg. Kundeundersøkelsen for krengetoget ble sammenlignet med tilsvarende undersøkelse som ble utført for de ordinære ekspressstogene.

Undersøkelsen viser at passasjerene var meget godt fornøyd med krengetoget. Det var i gjennomsnitt bare 8% av passasjerene som ble togsyke under prøvekjøringen. Andelen som ble togsyke hadde ingen sammenheng med om passasjerene satt med eller mot kjøreretningen, og andelen varierte fra avgang til avgang.

En nærmere beskrivelse av kundeundersøkelsen er oppsummert under delprosjektet Marked i kapittel 3.

I prøveperioden var det 16.825 personer som reiste med krengetoget. Punktligheten i perioden var 79%. Den relativt lave punktligheten skyldes i stor grad arbeider på Drammensbanen, som ofte førte til 10 -15 minutters forsinkelse.

Økningen i passasjerantall på Sørlandsbanen fra 1995 til 1996 var på 4,85%. Dersom man skiller ut prøveperioden var økningen for perioden september til desember på 14,5%. Av denne økningen står krengetoget for hele 9%. Det var spesielt i de siste ukene at belegget økte kraftig på krengetoget, slik at det er naturlig å anta at den prosentvise økningen for krengetoget ville vært enda større dersom prøveperioden hadde vært lengre. Trafikkøkningen som krengetoget representerte viser at innsetting av krengetog vil medføre en klar økning i persontrafikken på fjernstrekningene.

Det er også verdt å merke seg at prøvekjøringen ikke medførte redusert belegg på de øvrige togene på Sørlandsbanen. Tallene viser at økningen på disse togene var på 5,5% i prøveperioden i forhold til samme periode året før.

Krengetoget ble i perioden 16 til 28. september sendt på visningsturer på de tre fjernstrekningene. Her ble det nye togkonseptet presentert av ledelsen i NSB, med administrerende direktør i spissen. Alle de positive presseoppslagene tyder på at visningsturene ble godt mottatt både av politikere og presse.

Prøvekjøringen fikk også meget god pressedekning etter at krengetoget kom i ordinær rute. Disse oppslagene sammen med «jungeltelegrafene» bidro i sterk grad til at konseptet ble kjent blant kunder og interesserte.

## 1. DELPROSJEKT INFRASTRUKTUR

Delprosjektet skulle ivareta alle forhold vedrørende tilpasning av eksisterende infrastruktur for kjøring med krengetog. Delprosjektet fastla et hastighetsprofil for krengetoget basert på eksisterende hastighetsskilting. Hastighetsprofilen ble fastlagt med bakgrunn i «Retningslinjer for krengetog» datert 08.12.95, utgitt av Banedirektørens tekniske kontor.

### 1.1 Tiltak som ble gjennomført

Det ble gjennomført følgende tiltak før prøvekjøringen startet:

- utskifting av 14 stålbruer uten gjennomgående ballast
- supplering med ca. 9.000 m<sup>3</sup> pukk
- utbedring av punkter med store sidekrefter, som ble identifisert ved målevognskjøring
- senking av kontaktledningen ved 4 stasjoner
- sporjustering av ca. 135 km spor
- sliping av ca. 269 km spor
- ballastrensing av ca. 14 km spor
- utsetting av noen få midlertidige hastighetsskilt

Den totale kostnaden for tiltakene ble ca 17 mill.kr.

Øvrige tiltak som må gjennomføres på Sørlandsbanen, for å ta ut hastighetspotensialet til krengetoget, er beskrevet i hovedplanen for innsetting av krengetog på Sørlandsbanen. Tilsvarende hovedplaner er utarbeidet for Bergensbanen og Dovrebanen (se referanselisten).

I forhold til retningslinjene for krengetog ble det for prøvekjøringen gitt dispensasjon for kravene til sikt ved planoverganger. Dispensasjonen gjaldt usikrede planoverganger hvor planovergangsglemmen ikke lå inne i sporet.

Ved fastsettelse av hastighet for krengetoget ble det også gitt dispensasjon fra kravet til rykk, rampestigningshastighet og gjennomkjøringstid i sirkler og rettlinjler på minimum 2 sekunder.

Krav til rykk og rampestigningshastighet er det tatt hensyn til i hovedplanene for fjerntogstrekningene. Det vil si at komforten ved full innsetting av krengetog vil bli noe bedre enn under prøvekjøringen, forutsatt at hastighetsnivået er det samme. Krav til gjennomkjøringstid er det også tatt hensyn til i hovedplanene, men kun der det er mulig å få til uten for store kostnader.

### 1.2 Kjøretidsberegninger og slakk

Kjøretidsberegningene ble utført med dataprogrammet «Togkjør», og viste at det var mulig å kjøre strekningen Oslo - Kristiansand på 3 timer og 52 minutter med 2 minutters oppholdstid på stasjonene Lysaker, Drammen, Kongsberg, Bø, Neslandsvatn og Nelaug. Endelig rute ble fastsatt med avgang fra Oslo klokken 15:33 og ankomst Kristiansand 19:38 for dagene fra og med søndag til og med torsdag. Det vil si en reisetid på 4 timer og 5 minutter. Man måtte altså legge på ca. 6% slakk i ruta på grunn av kryssinger med andre tog.

En egen fredagsavgang gikk fra Oslo klokken 18:51 og var i Kristiansand klokken 22:47, med 2 minutters stopp på Lysaker, Drammen, Kongsberg, Bø og Vegårdshei. Det vil si en kjøretid på 3 timer og 56 minutter. De teoretiske kjøretidsberegningene viste en kjøretid med samme stoppmønster på 3 timer og 49 minutter. Man måtte her bare legge på ca 3% slakk på grunn av kryssinger med andre tog.

Reduksjonen i reisetid i forhold til ordinære ekspresstog på strekningen Oslo - Kristiansand var på mellom 35 og 37 minutter.

For strekningen Kristiansand - Oslo viste kjøretidsberegningene at det var mulig å kjøre strekningen på 3 timer og 48 minutter med 2 minutters stopp på stasjonene Nelaug, Bø, Kongsberg, Drammen og Lysaker. Endelig rute ble fastsatt med avgang fra Kristiansand klokken 6:01 og ankomst Oslo klokken 10:00 fra og med mandag til og med fredag. Det vil si en reisetid på 3 timer og 59 minutter. Prosentandelen slakk man la på den teoretiske kjøretiden ble da ca. 5%.

Lørdagsavgangen gikk fra Kristiansand klokken 9:25 og med ankomst Oslo klokken 13:22. Det vil si en kjøretid på 3 timer og 57 minutter. Slakken ble her redusert til ca. 4%.

Reduksjonen i reisetid i forhold til ordinære ekspresstog på strekningen Kristiansand - Oslo var på mellom 38 og 46 minutter.

Mesteparten av slakken både for framreise og tilbakereise ble lagt på strekningen Oslo - Drammen.

Erfaringene fra lokførerne og losene viser at det er mulig å kjøre raskere enn den teoretiske beregnede kjøretiden som dataprogrammet «Togkjør» beregner. Dette har sammenheng med at lokførerne etterhvert kjenner strekningen så godt at de akselererer og retarderer bedre enn det «Togkjør» klarer å simulere.

### 1.3 Konklusjon

Prøvekjøringen har vist at kjøretiden mellom Oslo og Kristiansand kan reduseres med mellom 35 og 46 minutter bare ved å investere noen få millioner kroner i infrastrukturtiltak. En videre reduksjon av kjøretiden vil føre til en større kostnadsøkning. En sentral problemstilling blir da hvor en skal sette grensen for hvilke tiltak som bør gjennomføres for krengetog. Dette er belyst gjennom hovedplanene for innsetting av krengetog på fjernstrekningene Sørlandsbanen, Bergensbanen og Dovrebanen.

Disse hovedplanene, samt arbeidet prøvekjøringen, viser at manglende satsing på standardheving av banene er den viktigste grunnen til at krengeteknologien ikke kan utnyttes fullt ut. Spesielt vil tiltak på over- og underbygningen, samt sanering/sikring av usikrede planoverganger gi en ytterligere reduksjon av kjøretiden. Disse tiltakene vil medføre investeringer på flere hundre millioner kroner.

Prøvekjøringen har belyst nødvendigheten av å revidere de foreløpige retningslinjene for krengetog utgitt av Banedirektørens tekniske kontor. Dispensasjon fra krav om sikt ved usikrede planoverganger hvor trelemmen ligger permanent ute av sporet bør innarbeides i retningslinjene. Dette betyr ikke at man skal nedprioritere nedlegging av dem, men at en dispensasjon gis mens man venter på at en avtale med rettighetshavere om nedlegging er underskrevet. Videre bør krav til gjennomkjøringstid i rettlinjler og sirkler også diskuteres.

Når det gjelder krav til ukompensert sideakselerasjon bør man vurdere om grenseverdien kan settes høyere, mens kompenseringsgraden i kregingen settes lavere. Studier fra Sverige viser at andelen passasjerer med togsyke dermed reduseres. Dette er nærmere omtalt i kap. 3.4.2.

## 2. DELPROSJEKT TEKNISK KONTROLL

Delprosjektet har ivaretatt alle forhold vedrørende måling og analyse av påvirkningen mellom materiell og infrastruktur. Delprosjektet skulle avdekke hvorvidt kjørevegen er tilfredsstillende med hensyn til tekniske krav.

I dette kapittelet beskrives forsøkene og resultatene fra dem. Beskrivelsen er kortfattet, og en mer detaljert beskrivelse finnes i delrapporten fra delprosjektet, samt egne rapporter fra de utførende konsulentene (se referanseliste).

### 2.1 Måling av sporgeometri med Mauzin målevogn

Dårlig sporstandard medfører dårlig komfort og store krefter mot sporet. For å kontrollere sporstandarden før X2 ble satt inn i prøvedrift, ble det utført en ekstra måling av sporgeometrien på strekningen Oslo - Kristiansand den 14.08.96. På grunnlag av denne målingen ble det gjort tiltak der hvor sporstandarden var for dårlig. Målingen ble gjort av Banverket med Mauzin målevogn og med nødvendig bistand fra Jernbaneverket.

Sporstandarden deles inn i 6 hastighetsavhengige kvalitetsklasser (K0, K1, K2, K3, K4, K5), hvor K0 er den strengeste kvalitetsklassen og tillater hastigheter opp mot 200 km/h.

Sporets standard uttrykkes i et kvalitetstall K (i %). Kvalitetstallet uttrykker hvor stor del av strekningen som har beregnede standardavvik som er lavere (dvs. bedre) enn de definerte grenseverdiene. Et høyt K-tall beskriver dermed et godt spor i den aktuelle kvalitetsklasse.

#### 2.1.1 Resultater

På strekningen Oslo - Kristiansand var spredningen i kvalitetstallet meget stor. K-tallet kunne være så lavt som 20, men det ble også registrert K-tall på 80.

Det ble registrert sporvidder hvor feltutslaget oversteg B - grensen i de ulike hastighetsavhengige kvalitetsklasser. Ved overskridelse av denne grensen er det tilstrekkelig at sporjustering gjennomføres i henhold til vedtatte vedlikeholdsarbeider. Sporvidde hvor feltutslaget oversteg C - grensen (akuttgrense) ble ikke registrert. Ved denne grensen må feil i sporet rettes omgående.

Det ble registrert flere typer alvorlige sporfeil på strekningen Oslo - Drammen hvor verdier for akuttgrensen ble overskredet. Feilene var i hovedsak vindskjevheter på over 5 %. Den mindre gode sporstandarden med hensyn til alvorlige sporfeil på strekningen Oslo - Drammen må sees i sammenheng med de bygningsmessige arbeider som pågår langs denne strekningen i forbindelse med ferdigstilling av Gardermobanen.

På strekningen Drammen - Kristiansand ble det imidlertid registrert god sporstandard over lengre delstrekninger i de ulike hastighetsavhengige kvalitetsklassene med hensyn til vindskjevhet. Først i området mellom Saggrenda og Meheia stasjoner ble det registrert overskridelse av grenseverdiene for vindskjevhet. Det ble også registrert enkelte overskridelser av grenseverdiene for vindskjevhet på strekningen fra Hjuksebø til Kristiansand.

Alvorlige sporfeil i akuttgrense med hensyn til pilhøyde og feil i høyde opptrer jevnlig over hele strekningen.



Det er viktig å presisere at de hastighetsavhengige kvalitetsklassene er fastsatt ut fra skiltet normal hastighet. X2 kjørte med ca 20-30% høyere hastigheter enn dette, og har derfor mange steder kjørt raskere enn det kvalitetsklassen skulle tilsi. På disse stedene kan komforten ha vært mindre god, spesielt i kurver. Det er derfor viktig at også sporets standard blir oppgradert til riktig hastighetsavhengige kvalitetsklasse før krengetoget blir satt inn i full drift. Hovedplanene for innsetting av krengetog på fjernstrekningene beskriver hvilke strekninger som må oppgraderes.

Dersom krengetog skal settes i full drift på fjerntogstrekningene, bør man kjøre flere målevognskjøringar enn de to man utfører pr. år i dag. Det er viktig for komforten og kregesystemet at sporet er riktig justert i henhold til den hastighetsavhengige kvalitetsklassen. Dette betyr at det bør avsettes mer penger til vedlikehold av sporet. I hovedplanene for innsetting av krengetog på fjerntogstrekningene er den årlige økningen i vedlikeholdskostnadene anslått til mellom 8 og 15%, avhengig av hvilket ambisjonsnivå man legger seg på.

## 2.2 Videoovervåking av sporet på strekningen Kristiansand - Oslo

Det ble gjennomført en videoovervåking av strekningen Kristiansand - Oslo. Formålet var å få et visuelt inntrykk av forholdene langs sporet, med hensyn til de usikrede planovergangene sett fra førerkabinen. Videoen fungerte også som et nyttig verktøy for planleggingen av hastighetsprofilene. Kvaliteten på videobildene er meget bra og bildene gir et godt inntrykk av forholdene langs sporet.

Under kjøringen ble det observert et stort antall planoverganger uten trelemmer i sporet, og hvor det var skoglendt terreng fram mot jernbanelinjen. Mange av disse planovergangene var det umulig å trafikkere og de fleste så ut som om de ikke hadde vært brukt på mange år.

Det ble på bakgrunn av denne videoen gitt dispensasjon fra krav til sikt for de usikrede planovergangene hvor trelemmene ikke var innlagt i sporet. Dette har fungert tilfredsstillende under prøvekjøringen, og bør vurderes ved full innsetting av krengetog på fjerntogstrekningene.

## 2.3 Måling av strømtakere på strekningen Oslo - Kristiansand tur/retur

Målingen ble gjennomført den 14.06.96 på det samme X2-settet som skulle trafikkere strekningen under prøvekjøringen. Instrumenteringen samt målingen ble utført av SJ ved Maskindivisjonens laboratorium, og med nødvendig bistand fra Jernbaneverket.

Hensikten med målingen var å verifisere at samarbeidet mellom strømtakeren og kontaktledningen kunne skje på en slik måte at strømtakerhavarier ikke forekom under prøvekjøringen. Det var også viktig å undersøke kontaktledningens standard, og hvilke tiltak som eventuelt måtte iverksettes på grunn av den høyere hastigheten til krengetoget. Følgende parametre ble målt:

- sik-sak
- kontaktkraft fremre slepekull
- kontaktkraft bakre slepekull
- total kontaktkraft
- kontaktråd høyde
- togets hastighet

Det ble fastsatt følgende grenseverdier for feil:

- kontaktkraft på et enkelt slepekull  $\geq 100$  N
- total kontaktkraft  $\approx 0$  kN
- sik - sak  $> 550$  mm

På kjøringen fra Kristiansand til Oslo ble det kjørt med større hastighet enn motsatt retning, og det ble på denne strekningen registrert 125 feil. Det var overveiende fire feilkilder som gikk igjen. Disse var:

1. For lange spennvidder i kurver som medførte for stor sik-sak
2. Ukorrekt høydeforløp for kontaktledningen i forbindelse med tunneler og bruer som førte til forhøyede krefter
3. I seksjons- og avspenningsfeltene var det dårlig forhold mellom de to kontaktledningene noe som medførte forhøyede krefter
4. Harde punkter i forbindelse med utliggerne som medførte store krefter

De største feilene ble utbedret før prøvedriften ble igangsatt.

Under prøvekjøringen fungerte samspillet mellom strømvaktaker og kontaktledning tilfredsstillende. Det ble ikke registrert feil som kunne tilbakeføres til strømvaktakeren.

## 2.4 Måling av komfort

Komfortmålinger ble gjennomført sammen med målingen av kontaktledningen den 14. juni 1996. Komforten kan måles med akselerometre, og disse ble montert over boggisenter for lok'et og i første mellomvogn etter lok'et. Dermed ble målingene gjort i vogn uten krengeing (lok'et) og i vogn med krengeing (mellomvogn). Målingene ble utført av Teknisk Laboratorium ved NSB BA.

Hensikten med målingene var å undersøke komforten (uttrykt ved Wz-tall) knyttet opp mot sporstandardene.

På strekningen Kristiansand - Oslo ble det kjørt med større hastighet enn i motsatt retning. Lok'et gikk bakerst fra Oslo og fremst fra Kristiansand. Akselerometrene ble ikke flyttet på tilbaketuren fra Kristiansand.

På grunnlag av de innsamlede målingene kan det såkalte komforttallet (Wz-tallet) beregnes. Dette tallet ble beregnet i både vertikal retning (z-retning) og i lateral retning (y-retning). Ut fra hensynet til passasjerkomfort gjelder følgende verdier for Wz-tallet:

Komforttall (Wz-tall)	Passasjerkomfort
1,0	Særdeles god
2,0	God
3,0	Tilfredsstillende
4,0	Driftsmessig forsvarlig
4,5	Ikke driftsmessig forsvarlig
5,0	Driftsfarlig

Tabellen under viser de gjennomsnittlige vertikale og laterale Wz-tallene for strekningen Asker - Kristiansand - Asker i lok og mellomvogn:

Materielltype	Asker - Kristiansand	Kristiansand - Asker	Gjennomsnitt
Lok, vertikal Wz-tall	2,36	2,38	2,37
Lok, horisontal Wz-tall	2,41	2,36	2,39
Mellomvogn, vertikal Wz-tall	2,01	2,04	2,03
Mellomvogn, horisontal Wz-tall	2,06	2,29	2,18

Det fremgår av tabellen at komforten ligger mellom verdiene god og tilfredsstillende. Tabellen viser også at det er en markant forskjell i komforten for lok'et og mellomvognen. Komforten er vesentlig dårligere i lok'et, som ikke krenger, enn den er i mellomvognen som krenger. Denne forskjellen har ikke sammenheng med selve krengeingen. Det er vibrasjonskomforten som registreres, det vil si endring av vognkasseakselerasjonen. Lok'et i X2-settet er tyngre enn mellomvognene, og har derfor stivere fjærer. Dette er den vesentligste årsaken til den mindre gode komforten i lok'et enn i mellomvognen.

Det er også interessant å merke seg at forskjellen i komforten er marginal i forhold til kjørehastigheten. Det ble kjørt med ca. 20% høyere hastighet fra Kristiansand til Asker enn motsatt vei. Tabellen viser likevel at det nesten ikke er noen forskjell i komforten. Det må imidlertid bemerkes at tallene er gjennomsnittsverdier for Wz-tallene på hele strekningen Asker - Kristiansand - Asker.

Dersom man går nærmere inn i tallene finner man ut at når man kjører fra Kristiansand mot Oslo er delstrekningen Bø - Gvarv den beste strekningen komfortmessig, med et Wz-tall på mellom 1,76 og 2,08. Delstrekningene Vegårdshei - km 255 og km 320 - Fidjetun er de dårligste, med Wz-tall på mellom 2,24 og 2,52.

I retning mot Kristiansand er det strekningen Grovane - Vennesla som er den beste delstrekningen komfortmessig, med Wz-tall på mellom 1,75 og 2,0. Strekningen Mjøndalen - Hokksund er den dårligste delstrekningen, med Wz-tall på mellom 2,15 og 2,75.

Målingen av sporstandarden med Mauzinvogn (se kap. 2.1) fant sted omtrent samtidig som målingen av komforten. Det er derfor undersøkt om det er en korrelasjon mellom sporstandarden og komforten uttrykt ved Wz-tallet. Resultatene viser at jo bedre sporstandarden er, jo bedre er komforten.

Måling av komforten viser at alle målte Wz-tall ligger godt innenfor de verdier som kan aksepteres for det rullende materiell ut fra hensynet til passasjerene. Sammenligning mellom måling av sporstandarden (kap. 2.1) og måling av komforten viser at jo bedre sporstandarden er, jo bedre er komforten.

## 2.5 Måling av sideforskyvning av belastet spor med belastningsvogn

Sideforskyvning av sporet kan oppstå under to forutsetninger:

1. ved ubelastet spor, det vil si at sporet ikke trafikkeres av tog
2. ved belastet spor, det vil si at sporet trafikkeres av tog

I det første tilfellet blir skinnene påført store longitudinelle trykkrefter ved stigende temperaturer. Dette medfører at skinnene forsøker å utvide seg i lengderetningen (solslyng). Denne kraften må det kompenseres for ved at sporet har nødvendig motstand mot sideforskyvning. Komponenter som bidrar sterkest til denne motstanden er tyngre sviller (betong) og nødvendig bredde på ballastskuldrene.

Ubelastet spor behandles ikke i denne rapporten. I det etterfølgende er måling av sideforskyvning på belastet spor behandlet.

Når togmateriell fremføres opptrer det laterale krefter normalt på sporet som er en funksjon av:

- sentrifugalkraften
- dynamiske krefter på grunn av sporfeil
- boggikonstruksjonens egenskaper ved gjennomløp i kurver

Kreftene kan forårsake sideforskyvning av sporet med avsporing som følge dersom kreftene blir meget store. Størrelsen av de horisontalt rettede kreftene må ikke overskride definerte grenseverdier. Derfor settes det krav til ballastprofilens evne til å oppta kreftene og dermed hindre sideforskyvning av sporet.

Belastningsvognen til Banverket gjør det mulig å måle den motstand som sporet utøver mot sideforskyvning når sporet belastes. Denne motstanden sammenlignes med den teoretiske grenseverdien etter formelen til Prud' homes.

Prud' homes formel angir den teoretisk nødvendige motstanden sporet må ha for å hindre sideforskyvning av skinnegangen. Dersom belastningsvognen måler motstand mot sideforskyvning som er større enn den beregningsmessige verdien i henhold til Prud' homes formel, har sporet tilstrekkelig kapasitet til å motstå sideforskyvning. Sporet tilfredsstillende da kravet til fremføring av togmateriell ut fra sikkerhetsmessige kriterier.

Erfaringer fra omfangsrike målinger utført i andre land viser at tilstrekkelig kapasitet mot sporforskyvning oppnås i et spor som består av:

- tresviller lagt i senteravstand ikke større enn 650mm
- skinner med vekt større enn 46 kg/m
- ballastskuldrer med foreskrevet bredde
- spor som er pakket skikkelig
- tilfredsstillende dreneringsforhold

### 2.5.1 Resultater

Motstand mot sideforskyvning ble målt med belastningsvognen til Banverket på 5 forskjellige steder mellom Kongsberg og Meheia stasjoner. Tre av forsøksstedene var på rett linje mens to var i kurver. Ett forsøkssted var i spor med tresviller mens de øvrige stedene var i spor med betongsviller. På alle stedene ble det utført 5 eller flere målinger. Dette var nødvendig for å utføre en statistisk analyse. Målingene ble utført i henhold til retningslinjene til Banverket.

I de etterfølgende tabellene er de viktigste resultatene gjengitt:

#### **1. Målestrekning ved km 111,6 på rett spor i lav fylling. Antall målinger 5 stk.**

Aksellast [kN]	Teoretisk grenseverdi [kN]		Målt minimumsverdi [kN]	Målt middelvei [kN]	Standardavvik [kN]
	godsvogner	lokomotiver			
40	19,8	23,3	32,58	43,3	7,4
70	28,3	33,3	70,61	77,6	5,7
100	36,8	43,8	99,82	104,07	3,4

#### **2. Målestrekning ved km 109,6 på rett spor i fjellskjæring. Antall målinger 7 stk.**

Aksellast [kN]	Teoretisk grenseverdi [kN]		Målt minimumsverdi [kN]	Målt middelvei [kN]	Standardavvik [kN]
	godsvogner	lokomotiver			
40	19,8	23,3	32,58	45,2	6,9
70	28,3	33,3	70,61	78,1	4,8
100	36,8	43,3	99,82	104,3	3

Ut fra tabellene ser man at de to første målingene på rettlinj ligger langt over grenseverdiene. Dette betyr at sporet på disse to stedene har tilstrekkelig kapasitet mot sideforskyvning.

**3. Målestrekning ved km 108,0 på rett spor i tunnelinngang fra øst. Antall målinger 5 stk.**

Aksellast [kN]	Teoretisk grenseverdi [kN]		Målt minimumsverdi [kN]	Målt middelvei [kN]	Standardavvik [kN]
	godsvogner	lokomotiver			
40	19,8	23,3	21,53	26,7	3,4
70	28,3	33,3	50	53,1	2,9
100	36,8	43,3	74,51	77,2	2,7

Her registrerer man at den målte minimumsverdien er mindre enn grenseverdien for lokomotiver. Dette gjelder for kun 1 av de 5 målingene. Middelveidien er høyere enn grenseverdien. Sporet er på dette stedet belagt med tresviller, noe som forklarer den lavere motstand mot sideforskyvning enn i de to første målestrekningene hvor sporet er belagt med betongsviller.

**4. Målestrekning ved km 111,1 i kurve med radius 961 meter. Antall målinger 7 stk.**

Aksellast [kN]	Teoretisk grenseverdi [kN]		Målt minimumsverdi [kN]	Målt middelvei [kN]	Standardavvik [kN]
	godsvogner	lokomotiver			
40	19,8	23,3	25,57	47,4	21,7
70	28,3	33,3	59,98	85,3	21,6
100	36,8	43,3	92,42	116,9	20,4

**5. Målestrekning ved km 108,25 i kurve med radius 483 meter. Antall målinger 5 stk.**

Aksellast [kN]	Teoretisk grenseverdi [kN]		Målt minimumsverdi [kN]	Målt middelvei [kN]	Standardavvik [kN]
	godsvogner	lokomotiver			
40	19,8	23,3	27,54	39,6	10
70	28,3	33,3	58,5	75,2	11,4
100	36,8	43,3	87,11	107,11	11,9

For den 4 og 5 målestrekningen har sporet også tilstrekkelig motstand mot sideforskyvning. Disse to målestrekningene ligger i kurver. Man registrerer imidlertid at spredningen (standardavviket) av de målte verdiene er meget stor.

Spor med betongsviller hadde kapasitet mot sideforskyvning som var ca. 1,5 ganger større enn den kapasitet som ble målt i spor med tresviller. Dette har sammenheng med at tyngden av en betongsville er vesentlig større enn tyngden av en tresville, noe som fører til økt stabilitet i sporet. Andre årsaker er betongsvillens form og befestigelse, som er mer gunstig med tanke på motstand mot sideforskyvning enn en tresville.

Målingene indikerte at sporet var godt og ensartet pakket. Visuelt syntes kornfraksjoneringen, kornformen og ballastskuldrene å være i henhold til kravspesifikasjonene.

Ut fra målingene kan man konkludere med at sporet mellom Kongsberg og Meheia stasjoner utøver en tilstrekkelig motstand mot sideforskyvning av belastet spor. Den nødvendige laterale kraft for å oppnå definert lateral deformasjon var større enn den kraft som beregnes etter Prud' hommes formel. Det vil si at en manglende overhøyde på  $l_{max} = 280$  mm for X2 kan forsvares på Sørlandsbanen.

## 2.6 Måling av forskyvninger og krefter i instrumentert spor

Målinger av sporkrefter på instrumentert spor hadde til hensikt å måle de vertikale og laterale forskyvningene ved passering av krengetoget X2 og ekspresstoget EL17.

Forsøkene i sporet ble gjennomført i uke 43 av Pandrol Int. To utvalgte kurver ved Meheia stasjon ble målt. Kurvene hadde betongsviller på 240 kg og skinneprofil på S49. Sporet ble instrumentert for å måle både vertikale og horisontale forskyvninger av skinnene relativt til sville. De to kurvene hadde følgende data:

	Km	Radius	Overhøyde	Skinnebefestigelse	Mellomleggsplate
Kurve 1	110,51	295 m	150 mm	Pandrol PR 341 A	5 mm EVA plast
Kurve 2	111	961 m	88 mm	Pandrol e 1877	10 mm gummi

Årlig trafikk ved målestedene er ca. 4,5 mill. tonn.

X2 passerte 9 ganger gjennom de to målestedene. Hastigheten både for X2 og konvensjonelle ekspresstog (EL17) varierte mellom 97 km/t og 102 km/t. I den første kurven tilsvarte dette en manglende overhøyde på 224 mm for både krengetoget og EL17. Dette er langt over den grensen som tillates for EL17 (160 mm), mens grensen for krengetoget overholdes (280 mm). Grunnen til at ekspresstoget holdt så høy fart var sannsynligvis for å kjøre inn en forsinkelse.

### 2.6.1 Resultater

Resultatene fra begge forsøksstedene viser at krengetoget ved tilnærmet samme hastighet som EL17 forårsaker ubetydelige høyere vertikale forskyvninger på den lavere liggende skinnen i innerstreng. På den høyereliggende skinnen i ytterstreng viste resultatene omtrent samme forskyvninger for X2 og de konvensjonelle ekspresstogene.

Grunnen til at krengetoget får noe høyere vertikale forskyvninger enn ekspresstogene er på grunn av at aksellasten til X2 er høyere enn for ekspresstogene. Trekkenheten til X2 har en aksellast på 18,5 tonn, mens EL17 har en aksellast på 16 tonn.

Resultatene viser videre at den vertikale forskyvningen av skinnen er vesentlig større for skinner med mellomleggsplate på 10 mm gummi enn for mellomleggsplate på 5 mm EVA plast. Dette har naturligvis sammenheng med at mellomleggsplaten i gummi er langt mykere enn EVA plast. Dette er gjort med hensikt for å redusere den høye dynamiske belastningen på svillene og det rullende materiell ved høye hastigheter.

Når det gjelder de laterale forskyvningene viser det seg at krengetoget også her forårsaker større forskyvninger enn ekspresstogene. Dette ble registrert i spor med mellomleggsplate på 5 mm EVA plast.

Det er viktig å presisere at de vertikale og laterale kreftene som virker på skinnene er meget lave og ligger godt under grenseverdiene. Dette gjelder både for krengetoget og for ekspresstogene.

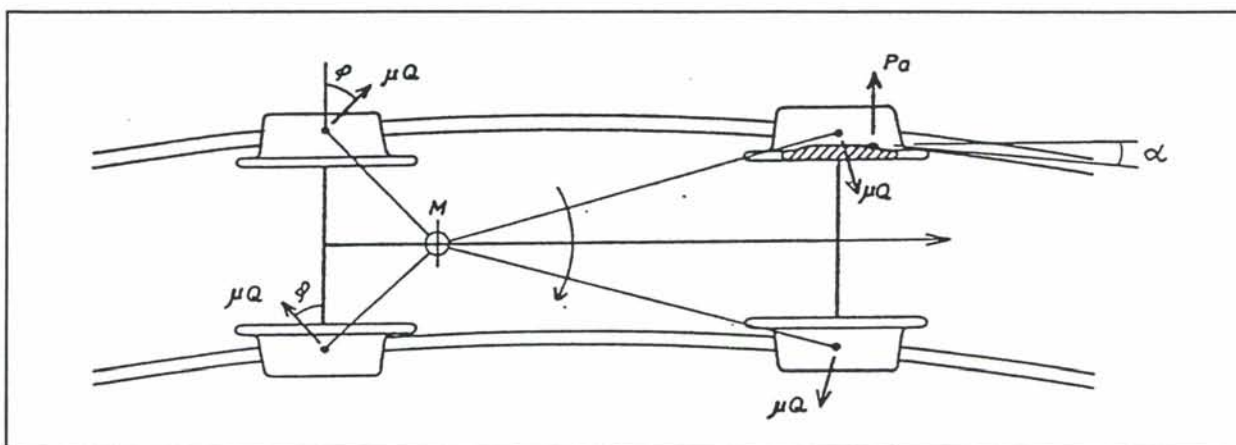
Til en viss grad kan det konkluderes med at løpeegenskapene til boggien til X2 er bedre enn løpeegenskapene til boggien til ekspresstogene. Dette har større gyldighet for kurven med den laveste radien enn for kurven med den største radien.

## 2.7 Måling av anløpsvinkler til hjulsett fra det rullende materiell

Ved fremføring av togmateriell på sporet skal det mellom hjulflens og innside av skinnehode være en viss klaring. Hvor stor klaringen er avhenger av sporgeometrien. Klaringen skal være større i kurver enn på rett linje.

I spor på rett strekning vil hjulkransens konisitet sentrere hjulsatsen slik at ingen av hjulflensene i alminnelighet berører skinnehodet. I kurver med stor radius vil vanligvis hjulflensen heller ikke berøre skinnehodet. Dette fordi hjulsatsen fortsatt sentreres ved hjulkransens konisitet og på grunn av overhøyden i kurven. Teoretisk er det ikke nødvendig med flens på hjulene dersom sporstandarden er uten feil og hjulsatsene fungerer riktig. Hjulflensene utgjør en sikkerhetsanordning ved feil i spor og på hjulsatsen.

I kurver med liten radie ligger hjulflensen på det ledende hjul i ledende aksel an mot skinnehodet med en horisontalt rettet styrekraft. Denne kraften vil opptre i tillegg til friksjonskreftene. Selve vinkelen mellom rulleretningen og tangenten i anløpspunktet fra hjul mot skinne kalles anløpsvinkelen, og er vist på figuren under som  $\alpha$ .



Figur 2.1 Anløpsvinkelen  $\alpha$ .

I en boggikonstruksjon vil normalt førende hjul i første hjulsats forårsake en anløpsvinkel med den ytre skinne ved gjennomløp i en kurve. I den bakre hjulsats vil hjulet normalt anta en radiell stilling i forhold til skinnen, eller anløpsvinkelen vil være liten.

Størrelsen til anløpsvinkelen er en meget viktig parameter for å kunne bedømme evnen boggikonstruksjonen, og dermed hjulsatsen, har til å gjennomløpe kurver. Unormal størrelse på anløpsvinkelen til forskjellige boggikonstruksjoner (stive, radielt selvstyrende og radielt tvangsstyrte) kan ha sin årsak i:

- feil på hjulsatsene på boggiene
- slitasje på hjul og/eller skinner
- tvangskrefter på hjulsatsene ved f.eks. bremsing
- glatt skinnegang ved f.eks. nedbør, ising eller smøring fra stasjonære anlegg

Generelt gjelder at jo større anløpsvinkelen er, jo dårligere gjennomløper hjulsatsen eller boggikonstruksjonen en kurve. Stor anløpsvinkel medfører også en større lateral kraft, som igjen medfører økt slitasje på spor og materiell. Måling av anløpsvinkel er derfor en nyttig metode for å bestemme tiltak som må iverksettes i forbindelse med vedlikehold av spor og togmateriell.

Det er påvist at feil anløpsvinkel forårsaker stort energiforbruk ved fremføring av togmateriell, og derfor vil minst mulig anløpsvinkel føre til både redusert vedlikehold og redusert energiforbruk.

### 2.7.1 Resultater

Det kanadiske firmaet WID (Wayside Inspection Devices Inc.) gjennomførte målinger av anløpsvinkler til forskjellig togmateriell på 4 ulike steder i ukene 44 og 45. Tre av stedene var på strekningen mellom Skollenborg og Meheia stasjoner. Den fjerde målingen ble foretatt ved Billingstad stasjon på spor i retning Asker.

Det ble gjennomført målinger av anløpsvinkler til forskjellig togmateriell i stort omfang. Hensikten var å undersøke de gangdynamiske egenskaper til hjulsatser og boggikonstruksjoner, spesielt ved gjennomløp i kurver. Målingene omfattet:

- godstog trukket av bl.a. EI 14
- ulike passasjertog trukket av EI 13, EI 16 og EI 17
- Bm 69
- X2

Størrelsen på anløpsvinkelen er avhengig av kurveradie. Jo mindre radie, jo større blir anløpsvinkelen.

Målestedene var konsentrert til tre kurver med radie i underkant av 300 meter og til en kurve med radie større enn 900 meter. I henhold til erfaringer til WID bør anløpsvinklene til de ledende hjulsatser ikke være større enn:

- 25 min eller ca. 7 milliradianer (det er 60 min i 1° og 0,00029 radianer i 1 min) i kurve med radie ca. 300 m
- 7 min eller ca. 2 milliradianer i kurve med radie ca. 1000 m

Det overveiende antall av de passerende hjulsatser i den ledende (første) boggikonstruksjonen gjennomløp kurvene med anløpsvinkler lik eller bedre enn erfaringsverdiene til WID. I tillegg utøvet de bakre hjulsatser i boggiene anløpsvinkler som var tilnærmet lik 0. Den overveiende del av vognparken må derfor sies å være i brukbar stand.

Det ble imidlertid registrert noen tilfeller hvor rullende materiell utøvet for stor anløpsvinkel. Dette gjaldt spesielt godsvogner, men også EI 14 med 2 tre-akslede boggierte viste et mindre godt gjennomløp i kurvene. I følge erfaringene til WID vil det i en vognpark alltid være ca. 2 - 3 % av materiellet som har for stor anløpsvinkel. Dette materiellet burde ha vært inne til reparasjon og vedlikehold.

X2-settet utøvet anløpsvinkler både for ledende og for bakre hjulsats i alle boggikonstruksjonene som ikke var vesentlig bedre enn for passasjertog trukket av EI 17. Det vil si at den radialstyrte boggien til X2 hadde omtrent de samme anløpsvinkler som boggien til EI 17. Grunnen til dette er at krengetoget ble framført med hastigheter som lå ca. 20% over hastigheten til EI 17.

Det overveiende inntrykk er at vognparken til NSB BA er i tilfredsstillende forfatning. Det finnes imidlertid unntak hvor det ble målt til dels store vinkler. Når det gjelder krengetoget ble dette framført med høyere hastigheter i kurver enn konvensjonelt materiell. Målingene av anløpsvinkler indikerer likevel at krengetoget ikke utøver mer slitasje i sporet enn det dagens tog gjør.

### 2.7.2 Vurdering av flens/skinnesmøring eller hjuldreining

Resultatene fra målinger av anløpsvinkler viser at den radialstyrte boggien til X2 fungerer mindre tilfredsstillende i vått eller glatt spor enn i tørt spor. Dette skyldes sannsynligvis manglende friksjonsforhold mellom hjul og skinne. Boggikonstruksjonen til X2 er avhengig av nettopp god friksjon mellom hjul og skinne for at boggien skal stille seg inn radialt i kurver.



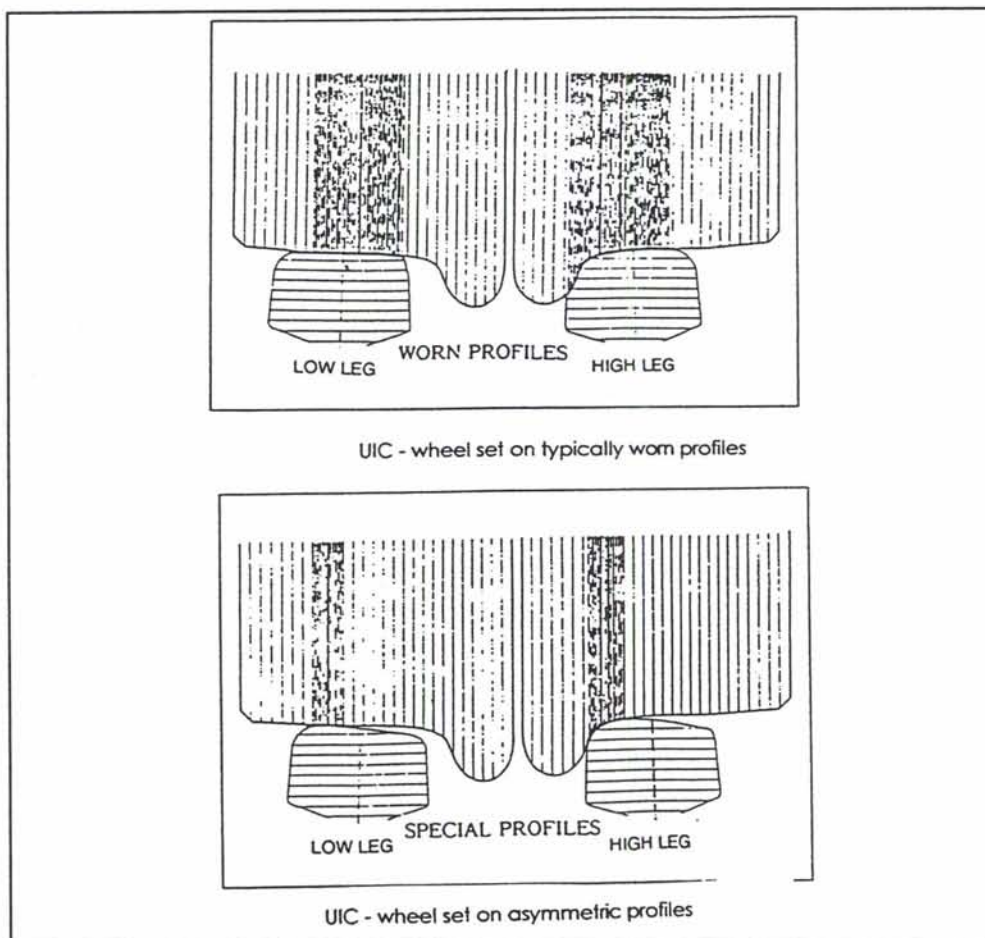
Resultatene fra kontroll av  $q_r$ -tallet (se kap. 2.9) viser imidlertid at ved tørt vær er hjulslitasjen stor dersom ikke smøring av skinne/flens utføres. Ved en slik smøring får man et glatt spor som medfører en mindre god radiell innstilling av boggien til X2.

Man må altså velge mellom stor hjulslitasje eller dårligere radiell innstilling av boggien til X2. Det store spørsmålet blir da om en mindre god radiell innstilling av boggien til X2 forårsaker redusert komfort. Det er overveiende sannsynlig at inntil en viss grense vil det ikke være tilfelle. Først når boggien inntar et instabilt løp (hunting) blir komforten redusert. Det anbefales derfor at flens/skinnesmøring gjennomføres i nødvendig grad for å redusere slitasje ved friksjon.

## 2.8 Asymmetrisk sliping i to kurver

Asymmetrisk sliping går ut på å forme overflaten på skinnehodet til ytre og indre skinne i en kurve slik at kontaktpunktene mellom hjul og skinne flyttes. Dette blir gjort for å oppnå riktig differanse på diameteren til de 2 hjulbanene på hjulsatsen, ved gjennomløp i kurver med radius mindre enn ca. 400 meter.

Hensikten med sliping var å undersøke om dette hadde noen positiv effekt på de gangdynamiske løpeegenskapene til krengetoget, ved gjennomløp av hjulsats og boggikonstruksjoner i kurver. Anløpsvinkler ble derfor målt før og etter asymmetrisk sliping. Figuren under viser situasjonen før og etter asymmetrisk sliping:



Figur 2.2 Situasjonen før og etter asymmetrisk sliping

### 2.8.1 Resultater

Mellom 1. og 2. periode for måling av anløpsvinkler med det bærbare utstyret til WID ble det utført asymmetrisk sliping i en kurve ved Meheia stasjon og i en kurve ved Skollenborg stasjon. Begge kurvene hadde radie i underkant av 300 meter. Sliping ble gjennomført av SPENO.

Umiddelbart etter den asymmetriske sliping i kurven ved Skollenborg den 03.11.96 utøvet X2 forbedrede løpedynamiske gangegenskaper i kurven. Dette fordi alle hjulsatsene hadde mindre anløpsvinkler enn det som var tilfelle før sliping. Det var pent vær under målingen.

Dessverre ble været dårligere med mye regn. Målingene viste at ved våt og glatt skinnegang hadde den asymmetriske sliping ingen effekt. Det vil si at anløpsvinklene ikke ble mindre. Dette har sin årsak i manglende friksjon mellom hjul og skinne. Ved flytting opp til målestasjonen ved Meheia falt nedbøren som snø og skinnegangen ble svært glatt. Målingene viste også her at den asymmetriske sliping ikke hadde noen effekt på anløpsvinklene.

På grunn av forandring i værforholdene og få målinger kan det dessverre ikke trekkes noen sikker konklusjon på om den asymmetriske sliping hadde den tiltenkte effekt. Med bakgrunn i den ene målingen med X2 synes det imidlertid som om riktig asymmetrisk sliping har en positiv effekt. Dette viser også forsøk utført i større omfang i Østerrike.

### 2.9 Kontroll av $q_R$ -tall

I forbindelse med vedlikehold av hjulsatsen er det flere mål som må kontrolleres. De viktigste er:

- $q_R$ -målet (tverrmålet)
- flensslitasje

Når  $q_R$ -målet underskrides grenseverdien på 6,5 mm blir hjulflensens sideflate mot skinnehodet for steil. Dette medfører fare for klatring av hjulflensen på skinnehodet dersom tilstrekkelig friksjon er til stede. Spesielt i tørre perioder med pent vær vil slik klatring kunne oppstå. Det er nødvendig å holde  $q_R$ -målet under oppsikt, og derfor ble det besluttet å gjennomføre periodisk kontroll av hjulflens og  $q_R$ -målet i driftsfasen til X2. Formålet med dette var å undersøke slitasjetendenser ved fremføring av X2, og eventuelt knytte dette opp mot vær-situasjonen dersom det var mulig. Kontrollen ble utført av NSB.

$q_R$ -målet ble kontrollert ved følgende tidspunkter:

- 30.08.96 (ved oppstart i driftsfasen)
- 13.11.96
- 22.11.96 (hjuldreining)
- 28.11.96
- 05.12.96
- 12.12.96
- 18.12.96 (avsluttende måling)

I perioden fra driftsstart og frem til 1. måling den 13.11.96 falt  $q_R$ -målet betydelig, fra ca. 10 mm til 5 mm for flere av hjulene. Tilsvarende var flenstykkelsen i denne perioden gått ned fra 31 mm til 27 mm. Det ble da umiddelbart iverksatt hjuldreining. I den resterende prøvekjøringsperioden var været mye dårligere med mye nedbør, slik at slitasjen i denne perioden var helt ubetydelig.

Den sterke slitasjen på hjulflensen og det lave  $q_R$ -målet hadde sin årsak i det vedvarende pene været i 1. del av prøveperioden. Erfaringer har vist at sammenhengende perioder med pent vær i minst 14 dager fører til slitasje. Aktuelle virkemidler for å unngå denne slitasjen er smøring av hjulflensen, men X2-settet hadde ikke utstyret for smøring påmontert. Dette utstyret bør monteres på de nye krengetogene som skal trafikere fjerntogstrekningene.

### 3. DELPROSJEKT MARKED

Delprosjektet skulle ha ansvar for ombordservicekonsept, herunder rekruttering, salg og opplæring. Videre skulle delprosjektet ha ansvar for markedsføring, billettsalg, organisering av tilbringertjeneste, markedsundersøkelse og informasjon.

Erfaringene viser at prosjektet gikk bra sett fra et marked/kundesynspunkt, men prøveperioden var for kort med hensyn til å innarbeide et nytt tilbud i markedet. Kundene var meget fornøyde og ønsker toget velkommen tilbake.

#### 3.1 Ombordservicekonsept

Med tanke på fremtidens tog vil det være viktig å velge riktig serveringsform i forhold til inntjening og kostnader. Det ble derfor valgt tre ulike typer togservering for å teste hvor tilfredse kundene var med de forskjellige alternativ. Følgende togservering ble tilbudt:

- Uke 40-43 - kun salgsvogn
- Uke 44-47 - kun minibistro
- Uke 48-51 - salgsvogn, minibistro og servering på plassen

I tillegg ble det besluttet å kjøre toget med 3 ulike klasser:

- Vanlig økonomiklasse - 20 kroner plassbillett
- Standardklasse med gratis kaffe, te, aviser, blader etc. - 50 kroner produkttillegg
- Oppgradert klasse. Samme som standardklasse, men i tillegg et måltid -120 kroner produkttillegg

Serveringen på de ulike klassene fungerte utmerket. Det var spesielt populært med oppgradert og standard klasse. Disse klassene hadde også høyere belegg enn toget forøvrig. I oppgradert klasse var det togfører som hadde ansvar for servering og service.

Erfaringene med salgsvogn var meget god. Både personalet og kunder var godt fornøyd med denne perioden. Det er muligheter for god kontakt med kundene når en er ute med salgsvogna. Passasjerene var noe mer tilbakeholdne når serveringstilbudet kun besto av minibistro. Kundene måtte da gå fra plassen sin for å kjøpe noe å spise og drikke. For å sikre salget krevde det mye informasjon over høytaleren.

Det serveringstilbudet som kundene var aller mest fornøyd med var ikke overraskende tilbudet med minibistro, salgsvogn og servering på plassen. Det ble i denne perioden solgt mer enn i de andre to periodene, og ombordpersonalet fikk mange positive tilbakemeldinger. Dette tilbudet krever imidlertid ekstrabemannning og høy stå på vilje hos personalet. Servering av varmmat på plassen var et meget populært tiltak.

#### 3.2 Markedsføring

Markeds- og kommunikasjonsplan ble laget. Planen var basert på følgende elementer:

- Rutefoldere som ble distribuert via ordinære salgskanaler; i tog, direkte hjem til alle folk i Aust-Agder og som direkte reklame forøvrig.
- Informasjonsbrosjyre som ble distribuert som direkte reklame i Telemark, på stasjoner og i tog. Brosjyren ble også delt ut i forbindelse med diverse tilstelninger.
- Høytalerinformasjon ble brukt aktivt en uke i tid i de fleste tog på Sørlandsbanen.

- Mediaomtale fikk man i de fleste av landets aviser og andre mediakanaler i forbindelse med visningsturene, og i ettertid da toget gikk i rute. Slik fikk man en kontinuerlig oppfølging og en mediadekning som bidro til å markedsføre toget på en god måte.
- Direkte reklame til stamkunder ble sendt ut. Det ble også gitt omtale i "Stamkundeprogrammet", og spesielle tilbud til alle stamkunder som ønsket å teste toget ble utarbeidet. Dette ble positivt mottatt.
- Direkte reklame til pensjonistlag og andre grupper ble sendt ut.
- Annonsering i media med jevne mellomrom ble en viktig del av markedsføringen. Spesielt i Agder og Telemark ble dette brukt. Budskapet endret seg fra "Bli med å prøv", "Dagens tilbud" til "Siste sjanse". Med andre ord en blanding av informasjon, pakketurer, dagsturer og en avslutningsrunde.
- Det ble hengt opp et seil på Oslo S.

Lokal forankring og eierskap til produktet er meget viktig. Hele prosjektet løftet salgspersonalet. Det er imidlertid ikke så lett å selge en 3 måneders periode, fordi både personal og kunder trenger lengre tid for å bli kjent med produktet. Dette ser man tydelig ved at det først var de siste ukene at belegget virkelig økte.

En viktig del av markedsføringen var visningsturene som ble arrangert de siste to ukene i september. Disse turene medførte en enorm mediadekning som var med og bidro til at hele 35% av de som reiste med krengetog fikk rede på tilbudet via media.

Erfaringene viser at oppsøkende salg er en viktig del av markedsføringen. Det er også helt nødvendig med en bred mediaomtale for å sikre markedsføringen av prosjektet, spesielt siden tilgangen til økonomiske midler var begrenset i prosjektet. Et prosjekt på denne størrelse bør ha markedsføringsmidler som er fastsatt på forhånd. På grunn av begrensede midler ble det ikke mulig å engasjere et reklamebyrå, noe et så stort prosjekt kunne hatt nytte av.

### 3.3 Tilbringertjeneste og innsjekking

Krengetoget hadde avgang- og ankomsttider som ikke var tilpasset øvrige korrespondanser. Det ble derfor besluttet å lage egne tilbringertjenester i prøveperioden, og eventuelt videreføre disse på konvensjonelle tog etter at prøvekjøringen var ferdig.

I Kristiansand, Arendal og Bø ble det etablert tilbringertjeneste ved hjelp av togtaxi. Det ble etablert egne avtaler med taxisentralene, hvor NSB var med på å dekke noe av underskuddet på kjøringen. Dette var en rimelig ordning med en fast pris innenfor soner rundt stasjonen. Taxi kunne forhåndsbestilles fra toget eller direkte fra den lokale taxisentral eller togstasjon. Tilbudet ble markedsført sammen med de ulike taxisentralene. Det ble forsøkt å etablere samme opplegg i Kongsberg og Drammen uten å lykkes innenfor tidsfristen.

Taxitilbudet på Bø stasjon gjaldt bare for avgangene fra Oslo på grunn av dårlig kapasitet hos taxiene, men tilbudet på Bø var derimot meget rimelig. I Arendal var også prisene rimelige; fra kr 25,- og oppover.

Tilbringertjeneste med tog ble etablert mellom Arendal og Nelaug og mellom Neslandsvatn, Drangedal og Lunde til Bø.

I løpet av prøveperioden ble tilbringertjenesten med taxi mest brukt i Arendal. Her benyttet ca 210 personer seg av tilbudet i perioden. I Kristiansand ble tilbudet benyttet en god del, men eksakte tall foreligger ikke. På Bø stasjon benyttet ca 90 personer seg av tilbudet. Det var et savn at det ikke var mulig å bestille taxi for avgangene fra Kristiansand, og dette førte til at en del kunder benyttet egen bil og parkering. Det vil være nødvendig i fremtiden å sikre et godt tilbud hele døgnet.

Markedsføringen på toget betydde mye for å få folk til å benytte tilbringertilbudet. Det ble informert over høytaler og delt ut bestillingskort. Igjen viste det seg at prøveperioden var for kort til at tilbudet ble

innarbeidet og kjent blant kundene. Det er vanskelig å nå frem med et slikt tilbud i markedet på så kort tid, og spesielt når tilbudet bare gjaldt krengetoget.

For å kunne ha disponibel tid til å ta seg av kundene ble det i de siste 8 ukene forsøkt med innsjekking på Oslo S. Dette medførte at billettkontrollen var ferdig før toget gikk fra Oslo. Togfører og en person fra salget på Oslo S betjente innsjekkingen.

Tilbringertjeneste er et tilbud som bør utvikles. Det bør sikres informasjon og eierskap på stasjon og i tog. Ordningen bør være rimelig og kan gjerne være landsomfattende for å sikre god og lett informasjon.

Ordningen med innsjekking bør også videreføres. Det ga personalet mulighet til å bruke mer tid på kundene umiddelbart etter togavgang, og sikret god oversikt i toget fra utgangstasjonen. Innsjekkingen medførte en del startvansker, blant annet kunne det danne seg kø, noe kundene reagerte negativt på. Man bør derfor sikre seg tilstrekkelig personell som kan "klippe" og selge billetter samtidig, slik at køproblemer ikke oppstår.

### 3.4 Markedsundersøkelse

Tidlig i prosjektet ble det bestemt at det skulle gjennomføres en kundeundersøkelse for å få fram kundenes reaksjoner på komfortopplevelsen og ombordservicen på krengetoget. SINTEF Bygg- og miljøteknikk, avdeling Samferdsel, ble engasjert for å planlegge og utarbeide spørreundersøkelsen.

Kundeundersøkelsen ble gjennomført som kundeintervjuer i en uke for hver av de tre ulike serveringskonseptene. Følgende tre uker ble plukket ut:

- 21 - 26. oktober
- 10 - 16. november
- 8 - 14. desember

Det ble samtidig gjennomført intervjuer på ordinære ekspresstog, for om mulig å sammenligne konvensjonelle tog med krengetog. Passasjerene ble bedt om å vurdere ulike sider ved togturen ved å benytte en skala fra 1 til 5, hvor 1 var svært negativt og 5 svært positivt.

I alt ble 1.680 personer intervjuet, hvorav ca. 50% for krengetoget og 50% for vanlige ekspresstog.

#### 3.4.1 Resultater

De viktigste resultatene er oppsummert i dette kapittelet. Problematikken omkring togsyke er forsøkt behandlet noe mer grundig i kap. 3.4.2. For mer detaljerte resultater henvises det til rapporten «Kundeundersøkelse på krengetog i prøvedrift på Sørlandsbanen høsten 1996», SINTEF og Jernbaneverket februar 1997.

Årsaken til at passasjerene valgte krengetog framfor de ordinære togene var ikke overraskende fart og kort reisetid. For 44% av krengetogpassasjerene var dette utslagsgivende, mens det for de ordinære togene bare var utslagsgivende for 18% av passasjerene.

Når det gjaldt forholdene knyttet til billettkontroll, merking av vogn- og setenummer, høytalerinformasjon, punktlighet og transport til/fra toget viste undersøkelsen at kundene var meget fornøyd med dette. Krengetoget kom noe bedre ut når det gjaldt punktlighet enn ordinære tog (4,6 mot 4,2).

Passasjerenes vurdering av service, servering og inneklima viser tildels store variasjoner. Vurderingen med hensyn til utvalget, kvaliteten og prisnivået på maten for krengetoget steg fra første intervjuperiode til siste. Dette har sammenheng med at serveringstilbudet ble utvidet fra periode til

periode. Det var også en klar tendens til at passasjerene på oppgradert klasse var mer fornøyd med maten enn passasjerene på ordinær klasse. Krengetoget fikk også en høyere poengscore på maten enn ordinære tog.

Serveringsformen ble meget godt mottatt på krengetoget, spesielt på oppgradert klasse som fikk en score på hele 4,5. Det samme fikk serviceinstillingen til personalet, som også oppnådde en score på 4,5 uavhengig av klasse.

Når det gjaldt inneklima var passasjerene stort sett meget fornøyd enten de kjørte med krengetoget eller ordinære tog. Krengetoget utmerket seg imidlertid på områdene luftkvalitet og renhold, hvor det oppnådde henholdsvis 4,1 og 4,6 mens ordinære tog oppnådde 3,8 og 4,2.

Sammenlignet med de ordinære togene kom krengetoget ganske dårlig ut med hensyn til passasjerenes vurdering av ulike sider ved sitteplassen. Mulighetene til å regulere setet, sittekomforten, setets plassering i forhold til togets kjøreretning og muligheten til å se ut ble vurdert som dårligere ved krengetoget enn for de ordinære togene. Imidlertid ble arbeidsmulighetene og bordet ved plassen vurdert som bedre ved krengetoget enn for de ordinære togene.

Dersom man ser nærmere på hva det betydde for folk å sitte mot kjøreretningen, ser man at passasjerene var mer tilfredse når de satt med kjøreretningen enn mot. Dette gjelder særlig for passasjerenes tilfredshet med setets plassering, som kun fikk en score på 2,5 for de som satt mot kjøreretningen, mens scoren var hele 4,0 for de som satt med kjøreretningen. For de øvrige elementene i spørreundersøkelsen var det også noe bedre score for de passasjerene som satt med kjøreretningen enn de som satt mot.

Krengetogets egenskaper når det gjaldt støynivå, fartsøkning, nedbremsing, kjøring i sving, samt det å sitte eller gå i toget ble vurdert som bedre enn for ordinære tog.

Det er særlig interessant å registrere at kjøring i kurver ikke følte mer ubehagelig enn for ordinære tog. Dette kan tyde på at folk tåler mer ukompensert sideakselerasjon enn den de ble utsatt for under prøvekjøringen.

Totalvurderingen av togturen viste at krengetoget scoret over 4 på tilfredshet med komfort, serveringstilbud og totalinntrykk av togreisen. Dette var noe bedre enn for de ordinære togene.

### 3.4.2 Reisesyke

#### Svenske undersøkelser - bakgrunn og teori

Det finnes ulike teorier om årsaken til reisesyke. Diverse forsøk har påvist en sammenheng mellom ulike typer bevegelser og reisesyke. Hvilke bevegelser som er mest kritiske er personavhengig, men det er funnet en klar sammenheng mellom mengden av lavfrekvente vertikale akselerasjoner i området 0,1-0,2 Hz og reisesyke. Dette tilsvarer sporfeil med bølgelengde på ca 15-30 meter.

Svenskene har forsket en del på togsyke i forbindelse med krengetog. Johan Förstberg har i sin rapport «Rörelserelaterad komfortnivå på tåg, inflytande av olika strategier för korglutningen med avseende på åkkomfort, 1996» konkludert med at reduksjon av krengebevegelsene (krengevinkel, krengehastighet og/eller krengeakselerasjon) gir færre bevegelsesrelaterte ubehageligheter for passasjerene. Dette til tross for at man ved denne reduksjonen får en høyere ukompensert sideakselerasjon i kurvene. Reduseres krengeingen allfor kraftig oppstår imidlertid andre komfortubehageligheter fordi man får for høye nivåer av ukompensert sideakselerasjon i kurvene, for kraftige rykk i overgangskurvene etc.

Johan Förstberg konkluderer også med at kvinner i gjennomsnitt er minst dobbelt så følsomme for reisesyke enn menn.

Følgende parametre antar man har innvirkning på hvor stor andel av passasjerene som blir reisesyke:

- horisontale og vertikale akselerasjoner, spesielt lavfrekvente
- rykk, spesielt lavfrekvente
- krengevinkel
- krengehastighet
- krengeakselerasjon

Problemet er at disse parametrene ikke kan varieres en og en, siden de samvarierer på en komplisert måte. Et eksempel er at om kompenseringen i kretningen reduseres, så kommer den horisontale akselerasjonen i kurvene til å øke, men samtidig vil krengehastigheten begrenses. Altfor kraftige begrensninger i krengehastigheten og/eller krengeakselerasjonen gir uønskede horisontale akselerasjoner ved inngangen og/eller ved utgangen av en overgangskurve. Dette kommer av at det tar lengre tid å utføre kretningen enn det tar å passere overgangskurven. Valget står da mellom å starte kretningen for tidlig for å få fordelt tidsoverskuddet jevnt før og etter overgangskurven, eller å starte i rett tid og dermed avslutte kretningen for sent, eller en kombinasjon av de to mulighetene.

Plasseringen i toget kan spille en viss rolle. I rapporten til Johan Førstberg viser det seg noe overraskende at det er flere personer som blir togsyke når de sitter med kjøreretningen enn når de sitter mot kjøreretningen. Dette kan ha sin årsak i at det oppleves som lettere å fokusere på et punkt i terrenget når man reiser mot kjøreretningen. Det er også noe bedre å sitte ved vinduet enn ved gangen, selv om man blir utsatt for mer kretning ved vinduet. Dette kan indikere at fokusering på landskapet reduserer mulighetene for togsyke. Det finnes også færre reisesyke personer i de bakre vognene enn i de fremste.

Reisetiden spiller også inn på reisesyken. Først ved en tilvenningseffekt som gjør at sensitiviteten avtar fram til man har kjørt ca 2 timer, hvorefter den øker, muligens fordi den samlede dosen av belastninger spiller inn.

Resultatene til Johan Førstberg kan oppsummeres gjennom følgende tabell:

Alternativ	Kompenseringsgrad i krenge-systemet	Maksimal krengehastighet	Maksimal krengeakselerasjon	Maksimal horisontal sideakselerasjon	Andel med ubehag <sup>1</sup>
A (x2000)	70%	4 <sup>0</sup> /s	ca. 10 <sup>0</sup> /s <sup>2</sup>	0,6 m/s <sup>2</sup>	22%
B (x2000)	40%	4 <sup>0</sup> /s	ca. 10 <sup>0</sup> /s <sup>2</sup>	1,0 m/s <sup>2</sup>	16%
C (motorvognsett m/ plusshastighet)	0%	-	-	1,15 m/s <sup>2</sup>	5%
D (x2000)	70%	2 <sup>0</sup> /s	ca. 10 <sup>0</sup> /s <sup>2</sup>	0,7 m/s <sup>2</sup>	15%
F (x2000)	55%	4 <sup>0</sup> /s	4 <sup>0</sup> /s <sup>2</sup>	0,8 m/s <sup>2</sup>	10%
G (x2000)	55%	2,3 <sup>0</sup> /s	ca. 10 <sup>0</sup> /s <sup>2</sup>	0,8 m/s <sup>2</sup>	8%

<sup>1</sup> Forsøkspersonene er ikke representative for befolkningen som helhet, men utvalgt spesielt fordi de er særlig sensitive for reisesyke.

Ut fra denne tabellen ser man at det også for konvensjonelle tog er noen som blir togsyke. I denne undersøkelsen viser alt. C 5%, men som sagt er ikke dette representativt for befolkningen siden resultatene bygger på forsøkspersoner som er særlig sensitive ovenfor togsyke.

For krengetogene ser man at en reduksjon i kompenseringsgraden i krenge-systemet, det vil si hvor stor del av de horisontale akselerasjonene i sporplanet som kompenseres av kretningen, fører til en reduksjon i antall personer med reisesyke (fra 22% i alt. A til 16% i alt. B). Denne reduksjonen kommer selv om man ved en slik reduksjon får en større maksimal horisontal akselerasjon. Dette kan tyde på at passasjerene tåler bedre økt horisontal akselerasjon enn en større kompenseringsgrad i krenge-systemet.

I stedet for å redusere kompensasjonsgraden i krenge-systemet er det i alt. D vist en reduksjon i maksimal krengehastighet fra 4 <sup>0</sup>/s til 2 <sup>0</sup>/s. Dette fører til nesten det samme resultat som for alt. B, men økningen i maksimal horisontal akselerasjon uteblir.

I alternativ F reduseres både kompenseringsgraden i kregesystemet og den maksimale krengeakselerasjonen. Dette fører til at det kun er 10% av forsøkspersonene som blir togsyke. Det beste resultatet får man imidlertid når man reduserer både kompenseringsgraden i kregesystemet og den maksimale krengehastigheten (alt. G). Dette medfører at bare 8% blir togsyke.

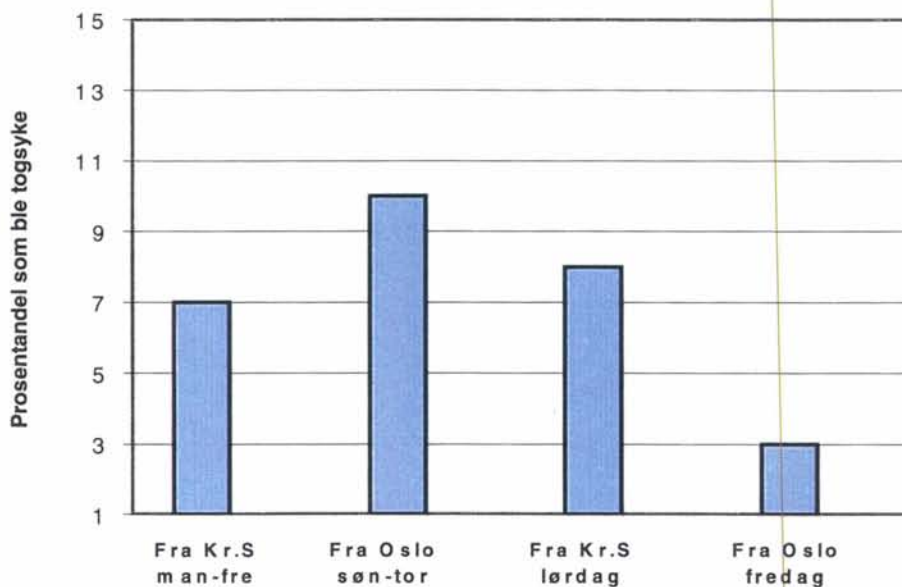
Man kan trekke den konklusjon at en reduksjon i kompenseringsgrad, krengehastighet og krengeakselerasjon fører til en reduksjon i antall togsyke passasjerer. Det er imidlertid viktig at reduksjonene holder seg innenfor følgende kriterier:

1. Reduksjon i kompenseringsgrad må begrenses med hensyn til komfortforstyrrelser for stående og gående i toget. Det vil si at reduksjonen ikke må bli så stor at den horisontale akselerasjonen øker for mye.
2. Reduksjon i krengehastigheten bør ikke være større enn at kringingen er avsluttet ved kurvens slutt. Dette er et problem på norske baner på grunn av de korte overgangskurvene.

#### Resultater fra kundeundersøkelsen

Kundeundersøkelsen viser at bare 8% av passasjerene i gjennomsnitt ble togsyke under prøvekjøringen. Andelen som ble togsyke hadde ingen sammenheng med om passasjerene satt med eller mot kjøreretningen. Andelen varierer imidlertid fra avgang til avgang. En detaljert gjennomgang av tallmaterialet viser at andelen som ble togsyke på de forskjellige avgangene varierte fra 0% til hele 20%. Tallmaterialet viser også forskjellig resultat avhengig av hvilken avgang man reiste med. Følgende figur gir en oversikt over gjennomsnittlig andel som ble togsyke på de forskjellige avgangene.

**Andel passasjerer som sa de ble syke**



Ut fra figuren ser man at alle avgangene fra Kristiansand hadde omtrent like mange passasjerer som ble togsyke. Når det gjelder avgangene fra Oslo er det en større forskjell. Fredagsavgangen hadde en betraktelig lavere andel passasjerer som ble togsyke enn avgangene fra mandag til fredag. Forskjellen er hele 7%. Dette kan synes noe merkelig i og med at fredagsavgangen kjørte strekningen 9 minutter raskere enn avgangene de andre dagene. Årsaken til at fredagsavgangen hadde lavere andel kan muligens være at tallmaterialet for denne avgangen er lite. Noen sammenheng mellom belegg eller punktlighet er heller ikke funnet.



Det kan også være interessant å merke seg at togpersonalet opplevde at færre passasjerer ble togsyke når lyset i toget ble dempet når det var mørkt ute. Noe tall på reduksjonen i antall togsyke på grunn av dette finnes imidlertid ikke.

Kundeundersøkelsen viser at bare 8% av passasjerene i gjennomsnitt ble togsyke under prøvekjøringen. Andelen som ble togsyke hadde ingen sammenheng med om passasjerene satt med eller mot kjøretretningen.

### 3.5 Antall reisende og punktlighet

Følgende tabell viser hvilke mål delprosjektet hadde, og hvor godt disse målene ble oppfylt:

	Mål	Oppnådd
Antall reisende	16 500	16 825*
Punktlighet	90 %	79 %

\* Uten de som deltok på visningsturer

Ut fra tabellen ser man at målet ble nådd med hensyn til antall passasjerer, mens punktligheten ble noe lavere enn målet. Det var spesielt avgangen fra Kristiansand om morgenen som var plaget av småforsinkelser. Grunnen til dette var i hovedsak arbeider på Drammensbanen, som ofte førte til 10 - 15 minutter forsinkelse. Dette var til tider svært uheldig. Utenom disse småforsinkelsene fungerte alt som det skulle, og det var i perioden ingen større avvik.

Utviklingen i antall reisende på Sørlandsbanen ved tellepunkt Kongsberg vises i følgende tabell:

Tellepunkt	Ant. reisende, alle tog		Endring	Antall reisende på alle tog		Endring	Andel krengetog
	1995	1996		sept-des 1995	sept-des 1996		
Kongsberg	606.100	635.468	+29.368	186.585	213.719	+27.134	+16.825

Ut fra tabellen ser man at økningen på Sørlandsbanen fra 1995 til 1996 var hele 29.368 personer. Det vil si en økning på 4,85%. Dersom man ser på prøveperioden for seg ser man at økningen for perioden september til desember er hele 27.134 personer, eller en prosentvis økning på 14,5%. Av denne økningen står krengetoget for 16.825 personer.

Krengetoget alene har gitt en økning i antall reisende på 9% på Sørlandsbanen i de tre månedene toget trafikkerte banen. Dette må sies å være et meget godt resultat med utgangspunkt i den korte perioden toget trafikkerte banen. Det var spesielt i de siste ukene belegget økte kraftig på krengetoget, slik at det er naturlig å anta at den prosentvise økningen for krengetoget ville vært enda større dersom prøveperioden hadde vært lengre og produktet mer innarbeidet. Økningen som krengetoget representerer viser at innsetting av krengetog vil medføre en sterk økning i persontrafikken på fjernstrekningene.

Innsetting av krengetog medførte ikke noen reduksjon i antall passasjerer som kjørte med de ordinære togene. Utviklingen viser at belegget på disse togene også økte i prøveperioden. I prøveperioden økte antall passasjerer på de ordinære togene mellom Oslo og Kristiansand med 5,5%, mens økningen for hele 1996 var på 4,85%. Dette viser at frekvensen også har betydning for økt passasjerantall, og at innsetting av et nytt produkt som krengetog gir en ny oppmerksomhet rundt banen, noe som igjen fører til økt trafikk både for det nye togproduktet og eksisterende togprodukt.

## 4. DELPROSJEKT DRIFTSKONSEPT

Delprosjektet har ivaretatt forhold vedrørende materiell og framføring i prøveperioden, og bistøtt prosjektledelsen ved utarbeidelsen av leieavtalen med SJ vedrørende innleie av ett X2-sett.

### 4.1 Vedlikehold

I avtalen som ble inngått med SJ ble det fra utleier sin side satt som krav at SJ-personell skulle betjene og vedlikeholde togsettet i prøveperioden. Representanter fra delprosjektet deltok i teknisk besiktigelse av togsettet sammen med representanter fra SJ før og etter leieperioden.

Delprosjektet utarbeidet endelig ruteplan for prøveperioden på bakgrunn av kjøretidsberegninger fra delprosjekt Infrastruktur, og ønsker fra delprosjekt Marked når det gjaldt avgangs- og ankomsttider fra henholdsvis Oslo og Kristiansand. Endelig ruteplan medførte imidlertid noen ulemper for øvrig toggang. Disse ulempene ble akseptert og godkjent av de berørte produktansvarlige i Persontrafikk og Gods.

Togsettet har i perioden blitt vedlikeholdt i Lodalen hvor det også ble opprettet eget delelager. SJ-personell har utført vedlikeholdet. Renhold og klargjøring av togsettet har blitt utført i Lodalen og Kristiansand. NSBs personell har utført arbeidsoppgavene i Lodalen, mens det ble inngått avtale med eksternt renholdsbyrå i Kristiansand.

Klargjøring og vedlikehold av togsettet har i perioden fungert tilfredsstillende.

### 4.2 Togframføring

Togsettet har i perioden blitt fremført med høyere hastigheter enn normale strekningshastigheter. Skilting av overhastighet ble ikke foretatt og det ble derfor utarbeidet egen "losbok" som ble benyttet under framføring.

Betjening av togsettet har blitt ivaretatt av SJ sitt lokpersonell i henhold til kontrakt med SJ. For å ivareta det sikkerhetsmessige har delprosjektet bemannet togsettet med NSB sine lokledere og lok.kontrollører. Foruten ansvaret for framføringsikkerheten har disse vært delprosjektets ansvarlige under drift av togsettet, med fullmakt til å iverksette nødvendige tiltak ved eventuelle avvik.

Det har ikke blitt registrert framføringsmessige problemer i perioden med årsak i ruteplanen. De mindre forsinkelsene som har blitt registrert har oppstått på grunn av signalfeil, arbeider på linjen eller annen toggang. En avgang Oslo - Kristiansand - Oslo måtte kjøres med BM70 materiell på grunn av hjuldreining.

Bortsett fra stor hjulslitasje (se kap. 2.9) har det ikke vært tekniske problemer med togsettet under prøveperioden.

## 5. REFERANSELISTE

«Hovedplan for krengetog på Sørlandsbanen, Drammen - Stavanger»  
NSB Bane Region Sør, mai 1996.

«Hovedplan for krengetog på Bergensbanen, Hønefoss - Bergen»  
Jernbaneverket Region Vest, april 1997.

«Tvangspunktsanering for innføring av kregemateriell på Dovrebanen - Hovedplan»  
NSB Bane Region Nord, mai 1996.

«Retningslinjer for krengetog - tillatt hastighet»  
Foreløpige  
NSB Banedivisjonen 1995

Delrapport fra delprosjekt Teknisk kontroll, mai 1997.

«Laboratorierapport, måtning av krafter mellom strømvtagare och kontaktledning Oslo S - Kristiansand  
- Oslo S med X2 2037»  
SJ Maskindivisjonen Laboratoriet, 30.09.96.

«Angle-of-Attack Measurements for NSB»  
Wayside Inspection Devices Inc., November 21, 1996.

«Mätning av spårets sidomotstånd för NSB»  
Banverket Tekniska avdelingen, september 1996.

«Track Measurements on Norwegian Railways (NSB) under Tilting Train»  
Pandrol Rail Fastenings Limited, mars 1997

«Kundeundersøkelse på krengetog i prøvedrift på Sørlandsbanen høsten 1996»  
SINTEF og Jernbaneverket, februar 1997.

«Rörelserelaterad komfortnivå på tåg. Inflytande av olika strategier för korglutningen med avseende på åkkomfort»  
Johan Förstberg, Stockholm 1996.

Delrapport fra delprosjekt Marked, mars 1997.

Delrapport fra delprosjekt Driftskonsept, mars 1997.

