

# Hovedplannotat Banestrømforsyningen på Dovrebanen

Jernbaneverket Utbygging Prosjekttjenester april 2004

---



Eks. 1

Doricbanen

621.332.3

# Rapport



Jernbaneverket

Rådgiver:	<b>Infrastruktur Utbygning Prosjekttjenester</b>
Prosjektnr.:	<b>760041</b>
Saksref.:	<b>04/1547 SJU 145</b>
Prosjektnavn:	<b>Hovedplannotat Banestrømforsyning Dovrebanen</b>
Prosjektansvarlig:	<b>Trond J. M. Føllesdal, IUPJE</b>
Prosjektleder:	<b>Frode Dahl, IUPJE</b>
Rapport tittel:	<b>Hovedplannotat Banestrømforsyning Dovrebanen</b>
Rapport nr.:	<b>01</b>
Oppdragsgiver:	<b>Infrastruktur Region Nord, IRNU</b>
Koststed:	
Kontaktperson:	<b>Johan Anton Wikander, ITSS</b>
Fagområde:	<b>Elkraft – Banestrømforsyning</b>
Emneord:	<b>Autotransformatorer, endringsanalyse, godstog</b>
Tilgjengelighet:	<b>Alle</b>

## Sammendrag

Dette hovedplannotatet skal gi svar på innspill og synspunkter som har kommet fram i høringsrunden etter at "Hovedplan for banestrømforsyningen for Dovrebanen" var ferdigstilt i oktober 2002. Hovedplanens "alternativ 0 K", som omhandler tiltak på kort sikt, er godkjent og det vil bli utarbeidet en detaljplan for disse tiltakene. De øvrige tiltakene på mellomlang og lang sikt blir behandlet i dette hovedplannotatet.

Tidligere har grensen mellom Region Øst og Region Nord gått ved Fåberg. Dette var tilfelle når Hovedplan fase 1 og 2 for Dovrebanen ble utarbeidet. Fra 2004-01-01 ble regionsgrensen flyttet nordover til Dombås.

Hvilke trafikkutøvere en kan forvente, alternativt ikke forvente, å trafikere Dovrebanen med godstog i fremtiden er gitt i en kort oversikt. Det er bare CargoNet som oppgir at de konkret er interessert i å trafikere Dovrebanen. Ofotbanen AS kommer imidlertid til å satse på godstrafikk i Sør-Norge i løpet av 2004. Dovrebanen oppgis som en viktig bane uten at det foreligger konkrete planer. En kan derfor forvente at CargoNets behov i forhold til banestrømforsyningen kommer til å bli toneangivende i fremtiden, men at flere trafikkutøvere kan føre til økt togtetthet på grunn av konkurranse om rutene. Selv om E114 vil være i trafikk i mange år til, er nok tyristorlokomotiver likevel dimensjonerende for banestrømforsyningen. Bare på lengre sikt kan en anta at nyere lokomotiver med asynkronteknikk overtar en større andel av trafikken.

For å kjøre godstog med 50 % større lastvekt og en fremtidig ruteplan lik dagens ser det ut til å være behov for noen utvidelser av infrastrukturen. Dette gjelder først og fremst utvidelser av



## Hovedplannotat banestørforsyningen på Dovrebanen

krysningssporlengden på enkelte stasjoner. Det vil bli vansker med kryssning på 17 av totalt 48 stasjoner. De stasjonene med flest kryssninger i dag er Dovre og Dombås som ligger i krysningsbeltet, på disse kan ikke godstog på 600 m krysse. Imidlertid vil omlegging av ruteplaner og kapasitetsstudier fortelle hvilke stasjoner som bør ha høyest prioritet for forlengelse. CargoNet ønsker også å trafikkere Dovrebanen med en aksellast på 25 tonn og å øke hastigheten fra 80 til minst 90 km/t. Tiltak for å gjennomføre dette er ikke undersøkt.

Tiltak i Region Øst sin del av Dovrebanen ble ikke undersøkt i arbeidet med Hovedplanen (Dovrebanen syd for Fåberg, regiongrense før 2004-01-01). Undersøkelser og resultatbehandling i forbindelse med hovedplannotatet viser at aggregater på 2 x 5,8 MVA eller 2 x 7,0 MVA er nødvendig i Tangen omformerstasjon, avhengig av om det kjøres med moderne lokomotiver eller doble E116. Muligens vil 2 x 7,0 MVA være i minste laget med AT-system og doble E116 lokomotiver. Sannsynligvis er et aggregat på 7,0 MVA nødvendig på Rudshøgda om en dimensjonerer for moderne lokomotiver og forsterkning basert på konvensjonell banestørforsyning. En teknisk funksjon som kan begrense feltstrømmen ved stor belastning kan imidlertid gjøre behovet for omformeraggregater mindre for hele banestrekningen.

En skisse til endringsanalyse er lagt ved som et vedlegg. Det vil bli et nokså omfattende arbeid å gjennomføre en fullstendig endringsanalyse. Denne må omfatte flere fagdisipliner og bør gjøres når endelig valg av alternativ for AT-system er tatt.

Økonomiske betraktninger rundt autotransformatorsystem er gjort i den siste delen av notatet, og en ser at den relative kostnadsforskjellen ikke er stor mellom de forskjellige alternativene. Heller ikke når en ser alternativene i sammenheng med normal eller øket avstand mellom omformerstasjoner blir kostnadsforskjellene særlig store. Her vil det helst være sparte driftskostnader forbundet med færre antall omformerne som vil gi gevinst.

Andre undersøkelser ved overgang til AT-system er gjort, dette gjelder framføring av negativleder i tunnel. Men mange flere tekniske og økonomiske undersøkelser må gjøres. Det viktigste er valg av konsept for AT-system:

- Mulighet for og nødvendigheten av forbimating/dobbeltsidigmating ved utkobling av kontaktledningen. Sannsynligvis er dette mest aktuelt hvis det kan vise seg å være mulig å øke avstanden mellom omformerstasjonene til ca 160 km.
- Optimaliseringer for å bestemme avstand mellom AT-stasjoner, optimal oppheng av lederne i kl-anlegg og tverrsnitt for lederne.
- Krav til redundans om komponenter faller ut, herunder må også vurderinger av utetid, konsekvens og kostnad komme inn.
- Sammenligne tapt energi i konvensjonelt system og AT-system.
- Tekniske løsninger for kl-anlegget og negativledere i tunneler, skjæringer, under bruer etc.
- Valg av utrustning i AT-stasjoner og koblingsmuligheter ellers.
- Valg av jordingsanlegg og tiltak for å sikre sameksistens mellom AT-system og andre systemer.

Jernbaneverket Utbygging Prosjektjenester

Prosjektansvarlig (PA) sign.:

*Vladimir M. Føllesdal*

Dato:

*1/4-04*

Prosjektleder (PL) sign.:

*Fredrik Dahl*

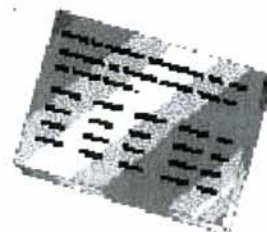
Dato:

*1/4-04*

Rapport utarbeidet av, sign.:

*Frank Martinsen*

Dato:

*1/4-04*



**KONTROLL SIDE**

Sjekkpunkter	Utførende (saksbehandler) (dato/sign.)	Kontroll (SL) /andre (dato/sign)
Samsvar med JBV's fagkrav og bestemmelser.	01.04.04 FM	1/4-04 JMF
Samsvar med andre fagkrav og bestemmelser.	01.04.04 FM	1/4-04, JMF
Samsvar med kontrakt.	01.04.04 FM	1/4-04, JMF
Disposisjon, logisk oppbygging, presentasjon og språk.	01.04.04 FM	1/4-04, JMF
Revisjons nr.:	01.04.04 FM	1/4-04, JMF

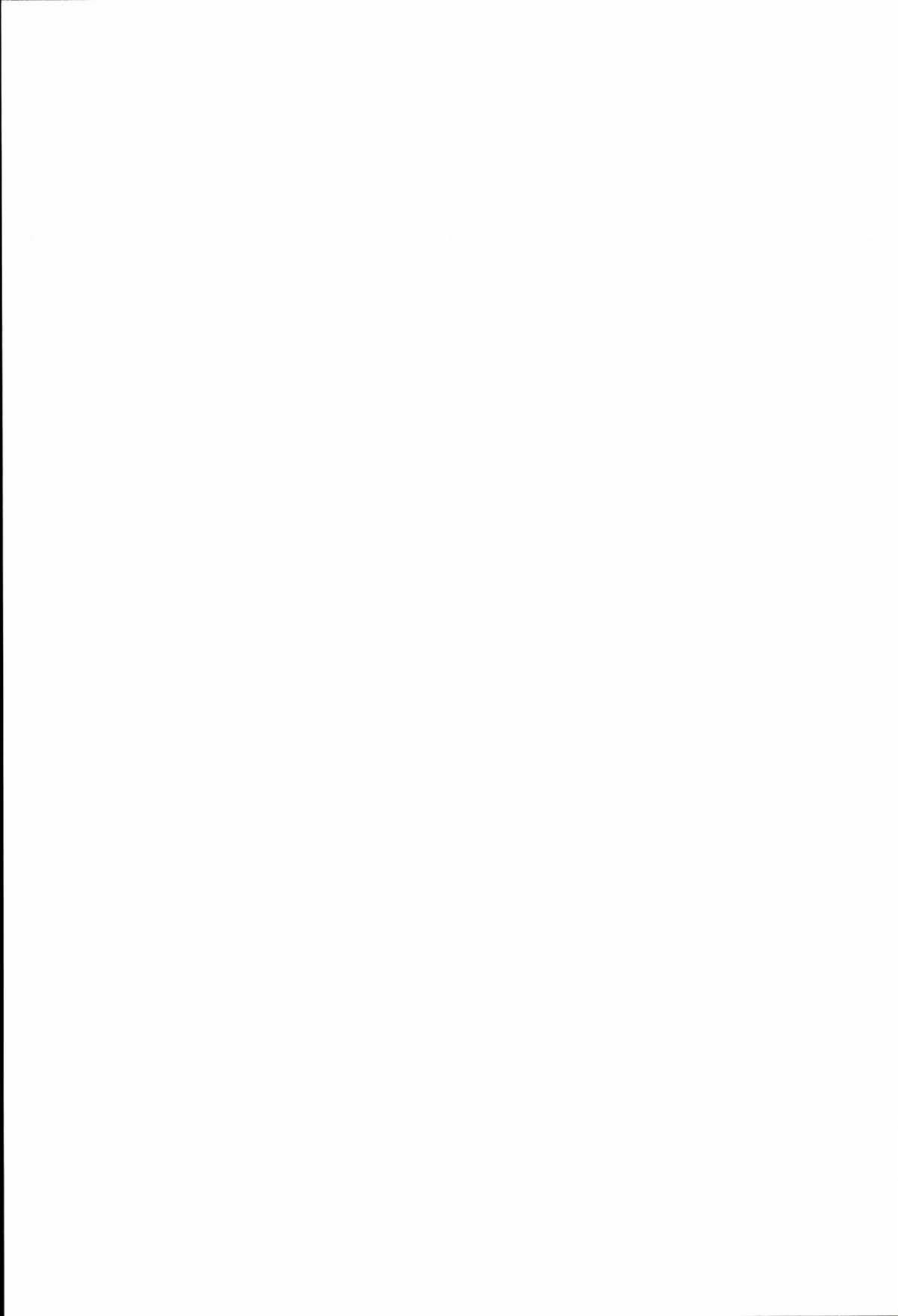
Prosjektansvarlig sign.

Dato:

1/4-04

Sign.

*Andreas M. Føllesdal*



## Innhold

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>I</b>
<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>7</b>
1.1 BAKGRUNN .....	7
1.2 MÅLSETTING.....	7
1.3 AVGRENSNINGER OG FORUTSETNINGER .....	8
<b>2. MULIGE STRATEGIER FOR GODSOPERATØRERS BRUK AV LOKOMOTIVER OG UTVIKLING AV GODSTRAFIKKEN .....</b>	<b>9</b>
2.1 MULIGE GODSOPERATØRER.....	9
2.1.1 CargoNet AS (CN) .....	9
2.1.2 Ofotbanen AS (OBAS) .....	9
2.1.3 Green Cargo AS (GC) .....	9
2.1.4 Railion Denmark AS .....	10
2.1.5 Connex Tog AS.....	10
2.1.6 BK-Tåg AB .....	10
2.1.7 Tågakeriet i Bergslagen AB (TÅGAB).....	10
2.1.8 Inlandsgods AB (Härjelast) .....	11
2.1.9 Tågkompaniet AB (TKAB).....	11
2.1.10 TGOJ Trafik AB .....	11
2.1.11 Continental Railway Systems (CRS).....	11
2.1.12 Andre norske trafikkutøvere .....	12
2.2 CARGONET.....	12
2.2.1 Planer for utfasing av EI14 og EI16.....	12
2.2.2 Planer for anskaffelse/leie av nye elektriske lok .....	12
2.2.3 Planer for anskaffelse/leie av Rc-lok (eventuell samkjøring/samturnering med GreenCargo).....	13
2.2.4 Begrunnelse av CargoNets ønske om forsert utbygging av AT-system.....	13
2.2.5 CargoNets planer for trafikk/transportmønstre på Dovrebanen (lengde/vekt/frekvens).....	13
2.3 OPPSUMMERING .....	14
<b>3. TILTAK I ØVRIG INFRASTRUKTUR FOR Å TILLATE STØRRE TOGSTAMMER.....</b>	<b>15</b>
3.1 OMRÅDEAVGRENSNING.....	15
3.2 ØNSKER .....	15
3.3 MULIGHETER .....	15
3.4 BEGRENSNINGER.....	16
3.4.1 Over- og Underbygning .....	16
3.4.2 Signal og sikringsanlegg .....	16
3.5 OPPSUMMERING .....	21
<b>4. TILTAK I REGION ØST, STREKNINGEN TANGEN - FÅBERG.....</b>	<b>22</b>
4.1 BEHOV FOR OMFORMERE OG SPENNING PÅ KONTAKTLEDNINGEN FOR TOG TANGEN – FÅBERG .....	22
4.1.1 Simulering 0b med nåværende banestrømforsyning kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver .....	22
4.1.2 Simulering 2 med forsterket konvensjonell banestrømforsyning og kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver .....	22
4.1.3 Simulering 1 med AT-system kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver .....	23
4.1.4 Simulering 1b med doble EI16 lokomotiver med pådragsbegrensning og kapasitetsoptimal ruteplan.....	26
4.2 GRUNNEIERS SYN PÅ PERMANENT OMFORMERSTASJON PÅ RUDSHØGDA .....	27
4.3 OPPSUMMERING .....	27
<b>5. SKISSE TIL ENDRINGSANALYSE.....</b>	<b>29</b>



5.1 DISKUSJON.....	29
5.1.1 Usikkerheter og nøyaktighet .....	29
<b>6. ANDRE UNDERSØKELSER VED OVERGANG TIL AUTOTRANSFORMATORSYSTEM.....</b>	<b>30</b>
6.1 FORSVARET .....	30
6.2 JERNBANETILSYNET .....	30
6.3 DIREKTORATET FOR SAMFUNNSSIKKERHET OG BEREDSKAP (DSB) .....	30
6.4 NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT .....	30
<b>7. ØKONOMISKE BETRAKTNINGER RUNDT AUTOTRANSFORMATORSYSTEM .....</b>	<b>31</b>
7.1 AT-SYSTEM MED DOBBEL NEGATIVLEDER .....	31
7.2 AT-SYSTEM MED DOBBEL NEGATIVLEDER OG ENKEL POSITIVLEDER .....	31
7.3 AT-SYSTEM MED NEGATIV- OG POSITIVLEDER OG STRØMBALANSETRANSFORMATOR .....	32
7.4 AT-SYSTEM MED SEKSJONERT KONTAKTLEDNING .....	33
7.5 KOSTNADER FOR ALTERNATIVENE .....	33
7.6 FORNYING AV ROTERENDE OMFORMERE PÅ LANG SIKT .....	34
7.7 ANDRE SYSTEMVALG SOM FÅR BETYDNING FOR KOSTNADENE .....	36
7.7.1 Strømbegrensere i omformeraggregatene .....	36
7.7.2 Avstand mellom AT-stasjonene.....	37
7.7.3 Innebygde strømbalansetransformatorer .....	37
7.7.4 Gjennomføring av ekstra høyspentledere gjennom tunneler .....	37
7.7.5 Oljefylte transformatorer fremfor kabelisolerte får stor betydning for kostnadene .....	37
7.7.6 Stordriftsfordeler og disponeringstid .....	38
7.7.7 Elektromagnetiske forhold.....	38
7.7.8 Valg av tverrsnitt for negativ- og positivleder .....	39
7.7.9 Mulighet for utkobling av kontaktledning og dobbeltsidig mating.....	39
7.7.10 Utredning av andre alternativer for banestrømforsyningen .....	40
7.8 OPPSUMMERING.....	40
<b>8. REFERANSEDOKUMENTER .....</b>	<b>41</b>
<b>9. VEDLEGG.....</b>	<b>43</b>
<b>VEDLEGG 1:.....</b>	<b>1</b>
<b>VEDLEGG 2:.....</b>	<b>1</b>
<b>VEDLEGG 3:.....</b>	<b>1</b>

## 1. Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Hovedplan for banestrømforsyningen for Dovrebanen, som omfatter strekningen fra Tangen til Lundamo, ble ferdig utarbeidet den 1. november 2001 for fase 1, og fase 2 ble slutført den 1. oktober 2002. Etter at Hovedplanen har vært inne til sentral behandling og høringsrunde er det kommet en del innspill. Hovedplanens "alternativ 0 K", som omhandler tiltak på kort sikt, er godkjent og det vil bli utarbeidet en detaljplan for disse tiltakene.

Hovedplannotatet skal gi svar på spørsmål som er kommet frem etter den sentrale behandlingen og høringen, som det står i brevet fra Hovedkontoret; "... har det fremkommet en del momenter som bør studeres nærmere for å få et bedre beslutningsgrunnlag vedrørende valg av tiltak på mellomlang og lang sikt. Det er ønskelig at Region Nord beskriver disse forholdene i et Hovedplannotat"

Fase 1 sammenlignet fordeler og kostnader mellom utbygging av et AT-system og et konvensjonelt system for banestrømforsyningen. Forutsetningene var ruteplan R149.1 som dimensjonerende, en vektøkning på 50 % for godstogene (lastvekt for et godstog blir da 1275 tonn og totalvekt 1435 tonn) med doble El16 lokomotiver. Det vil med et konvensjonelt system for banestrømforsyningen bli nødvendig med forsterkning av eksisterende omformere, samt nye omformerstasjoner på Rudshøgda, Otta, Hjerkin og Garli. Med disse investeringene som tilfaller Bane Energi, ble kostnadene kalkulert til 295,4 mill kr. Dette gjelder forsterkninger om doble El 16 lokomotiver kjøres uten pådragsbegrensning, men forsterkningstiltakene kan reduseres betraktelig om en slik begrensning innføres. Hvis det bygges en midlertidig omformer på Hjerkin, permanente og større omformere på Rudshøgda og Otta, samt forsterking av Dombås og Oppdal kommer kostnadene på 95,4 mill kr.

Hvis en istedenfor bygging av midlertidig omformer på Hjerkin og nye omformere på Rudshøgda og Otta, bygger ut AT-system på de aktuelle strekningene slik at disse omformerne ikke blir nødvendig, kan en unngå investeringer i anlegg som senere må fjernes. Imidlertid er dette kapitalkrevende da disse investeringer må koordineres med at kl-anlegget må fornyes. Men om kl-anlegget i de neste årene allikevel skal skiftes ut på grunn av oppnådd teknisk levealder, vil en slik fornying og samordning med ønske om større godstog kunne gi stor uttelling.

I fase 2 ble det simulert med moderne lokomotiver (EG 3100) for godstogene. Blant de gode egenskapene til disse lokomotivene er at de blant annet trekker mye mindre reaktiv effekt enn El 16 lokomotivene. Det ble for øvrig simulert med en såkalt kapasitetsoptimal ruteplan som skal vise det maksimale antallet tog som kan trafikkere Dovrebanen. Med disse lokomotivene viste det seg at behovet for forsterkninger av banestrømforsyningen ble betydelig redusert, selv med en ruteplan som gir større belastning. Investeringene som ble funnet å måtte gjøres med AT-system kom på til sammen 111,8 mill kr og fornyelseskostnader på 1 067,2 mill. Med konvensjonelt anlegg for banestrømforsyningen kommer investeringen på 74,5 mill og fornyelseskostnadene på 1 123,7 mill. Til sammen vil altså AT-system få noe lavere kostnader.

I ettertid har det vært sett på andre alternativer for oppbygging av AT-systemet, blant annet både system med negativ- og positivleder og system med dobbel negativleder. Disse systemene vil kunne koste noe mer enn alternativet som har vært behandlet i Hovedplanen, som jo bare inkluderer en negativleder. Andre rapporter har sett på muligheter som Bane Energi er interessert i, som fornyelse (nye statiske omformere om 20 – 30 år) av omformerne og økning av avstanden mellom dem til 160 km istedenfor dagens 80 km.

### 1.2 Målsetting

Målsettingen med dette hovedplannotatet er i hovedsak å gi utfyllende svar på følgende momenter:



- Mulige strategier for godsoperatørers bruk av lokomotiver og utvikling av godstrafikken. Blant annet må en se på når utfasing av E14 lokomotivene vil skje og hvor omfattende kjøringen av doble E16 lokomotiver vil bli. Planer for anskaffelse av moderne lokomotiver.
- Tiltak i den øvrige infrastrukturen for å tillate større/lengre godstog.
- Tiltak i Region Øst for å forsterke banestrømforsyningen.
- Nødvendige data som skal inngå til en endringsanalyse for å gå over til AT-system.
- Andre prosjekter og undersøkelser som må igangsettes for å velge konsept for AT-system.

### **1.3 Avgrensninger og forutsetninger**

Selv om AT-systemet klart viser seg som det beste forsterkningsalternativet for å få frembrakt den ønskede godsmengden er ikke endelig alternativ valgt. Flere undersøkelser i Jernbaneverket sin regi og med andre forskningsinstitusjoner vil sannsynligvis måtte gjøres før en kommer til et endelig valg av alternativ på detaljnivå. Dette valget for AT-systemet vil sannsynligvis komme i slutten av 2004, men enkelte konsepter og detaljer vil sikkert bli undersøkt og planlagt de nærmeste årene.



## 2. Mulige strategier for godsoperatørers bruk av lokomotiver og utvikling av godstrafikken

Dette kapitlet beskriver kort hvilke trafikkutøvere en kan forvente alternativt ikke forvente å trafikkere Dovrebanen med godstog i fremtiden. Kapitlet er til en viss grad basert på [ 7 ], som gjorde en del undersøkelser mot fremtidig aktuelle trafikkutøvere med tanke på vognlast, men også på direkte henvendelse til trafikkutøveren der dette er oppgitt.

Kapitlet kan inneholde opplysninger som den enkelte trafikkutøveren ønsker å holde hemmelig overfor andre trafikkutøvere.

### 2.1 Mulige godsoperatører

#### 2.1.1 CargoNet AS (CN)

CargoNet AS er NSB sin tidligere godsvirksomhet. Etter nedleggelsen av vognlasttrafikk 15. desember 2003 vil satsingsområdene for selskapet være såkalte kombitog med faste stammer i pendeltrafikk mellom befolkningssentra og systemtog for storkunder. I tillegg kommer enkelte biltog mellom Drammen og utlandet.

Mesteparten av trafikken på de elektrifiserte strekningene foregår med de elektriske lokomotivene E114 og E116. Se for øvrig nærmere omtale av CargoNet i kap. 2.2.

Selskapet har sportilgang til hele det statlige jernbanenettet og er og vil forventes å være blant de tyngste om ikke den tyngste godsoperatøren i Norge i framtiden. CargoNets trafikk vil i stor grad være med på dimensjonere banestrømforsyningen på Dovrebanen.

#### 2.1.2 Ofotbanen AS (OBAS)

Ofofbanen AS er en privat trafikkutøver med base i Narvik. Virksomheten konsentrerer seg foreløpig om Ofotbanen/Malmbanen med rutegående persontrafikk, chartertrafikk og oppdrag fra Jernbaneverket. Selskapet vil i løpet av våren 2004 også starte godstrafikk. Trafikk foregår i dag dels med Rc-lok i samtrafikk med Connex, og dels med diesellokomotiver (Di3). Selskapet har nylig kjøpt åtte elektriske lokomotiver av type E113 fra CargoNet og NSB. De fleste av disse vil bli satt i drift i løpet av året, og vil bli bygd om for multippelkjøring.

I følge Ofotbanens daglige leder Bjørn Kanstad vil OBAS i løpet av høsten 2004 satse på godstrafikk også i Sør-Norge, men denne vil bli bygd opp over tid, og vil i starten neppe innebære daglig drift på særlig mange baner. Dovrebanen oppgis generelt å være en viktig bane uten at det er angitt konkrete rutebehov. Sammenfallende rutebehov er dog en meget sannsynlig konsekvens av flere trafikkutøvere.

OBAS' planer antas her foreløpig å ikke være av dimensjonerende karakter for banestrømforsyningen på Dovrebanen alene, men i sammen med andre trafikkutøvere kan togtettheten øke.

#### 2.1.3 Green Cargo AS (GC)

Green Cargo AS er svenske SJ sin tidligere godsvirksomhet. Etter at CargoNet la ned vognlasttrafikken har Green Cargo videreført deler av denne. Selskapet har i dag sportilgangsavtale med Jernbaneverket for strekningene Oslo-Lillestrøm-Charlottenberg (grense), Oslo-Moss-Kornsjø (grense) og Oslo-Stavanger.

Ved henvendelse til Green Cargo oppgis det at de ikke har planer om å trafikkere Dovrebanen. Det oppgis også at de antar at deres godstog vil bli trukket av elektriske lokomotiver type Rc4.

Green Cargo har i dag kunder i Sverige som også har lokaliteter i Norge og som ikke er betjent med godstog, for eksempel Älvsbyhus. En skal derfor ikke se bort i fra at disse i fremtiden kan ønske å få trafikkert gods på jernbane og at Green Cargo er interessert i trafikk på Dovrebanen. Togene antas da å være av en slik størrelse og framført med en trekraft (tyristormateriell) at trafikken kan være med på å dimensjonere banestrømforsyningen på Dovrebanen sammen med CargoNet.

#### **2.1.4 Railion Denmark AS**

Railion Denmark ivaretar danske DSB sin tidligere godsvirksomhet. Selskapet er i dag det eneste med sine tosystems EG3100-lokomotiver (Systemer: 16 kV, 16 2/3 Hz; 25 kV, 50 Hz) som kan driver transitttrafikk gjennom Danmark. Railion har søkt Jernbaneverket om godkjenning av sine lokomotiver i Norge og trafikkeringsrett Halden-Kornsjø (grense).

Railion ser mer og mer på Sør-Sverige som en del av sitt hjemmemarked og gir uttrykk for at de er interessert i å kjøre kombitog mellom Alnabru og Maschen i Tyskland. De har i prinsippet ikke noen motforestillinger om å ta med seg vognlaster i disse togene dersom et mateselskap vil sørge for slike vogner mellom Alnabru og kunden.

På bakgrunn av dette vurderes selskapets framtidige ønsker om trafikk som i liten grad dimensjonerende for banestrømforsyningen på Dovrebanen.

#### **2.1.5 Connex Tog AS**

Connex Tog AS er eid av et større selskap i Frankrike hvor de også opererer som godsoperatør. I Norge har selskapet til nå bare satset på persontrafikk, og har foreløpig ingen strategi for godstrafikk. Selskapet har trafikkeringsrett i Norge og leverte inn anbud på persontrafikken på Bratsbergbanen forestår i dag fjerntrafikken mellom Nord- og Sør-Sverige inkludert Ofotbanen.

På bakgrunn av dette vurderes selskapets framtidige ønsker om trafikk som i liten grad dimensjonerende for banestrømforsyningen på Dovrebanen.

#### **2.1.6 BK-Tåg AB**

BK var opprinnelig lastebil- og busselskapet Bror Karlsson, og dannet i forbindelse med utlysning av persontrafikken i Jönköpings län på anbud BK-Tåg AB. Selskapet driver også godstog i Sverige med innleide elektriske lokomotiver av type Ma og ÖBB 1043 (som tilsvarer svensk RC2). I tillegg vurderes anskaffelse av egne brukte elektriske lokomotiver, for eksempel rumenske 060-EA som tilsvarer E115.

BK-Tåg var i ferd med å søke om trafikkeringsrett i Norge i forbindelse med anbudsutlysning av persontrafikken på Bratsbergbanen.

På bakgrunn av dette vurderes selskapets framtidige ønsker om trafikk som i liten grad dimensjonerende for banestrømforsyningen på Dovrebanen.

#### **2.1.7 Tågakeriet i Bergslagen AB (TÅGAB)**

Tågakeriet i Bergslagen AB opererer som en ren matebane i Värmland i Sverige, men driver også med utleie av lokomotiver og lokførere til andre trafikkselskaper i tillegg til å drive et vedlikeholdsverksted for jernbanemateriell.

TÅGAB har i følge [ 7] blitt kontaktet av forskjellige presumptive kunder og andre i Norge (Larvik, Sør-Trøndelag, Otta, Østerdalen m.v.) og spurt om de kunne ta på seg å drive matebanetrafikk etter at CargoNet ga beskjed om at de ville slutte med vognlast. Selskapet har imidlertid ingen ambisjoner om å etablere matebanetrafikk i Norge.



TÅGAB har også hatt planer om å begynne å kjøre godstog med knekkebrød for Wasa på strekningen Filipstad-Kongsvinger-Elverum-Hamar i mai 2003.

TÅGAB har send søknad om tillatelse til å drive jernbanevirksomhet i Norge til Statens Jernbanetilsyn. TÅGAB eier i dag 3 elektriske lokomotiver av type ÖBB 1043 som tilsvarer Rc2 i tillegg til en del diesellokomotiver.

I og med at TÅGAB har søkt om trafikkeringsstillatelse, har hatt konkrete planer for trafikk og har fått forespørsel om annen trafikk, kan det hende at selskapet begynner å trafikere norske spor om ikke lang tid. Hvorvidt det blir med elektriske lokomotiver (ÖBB 1043) på Dovrebanen er vanskelig å si. Det antas imidlertid at trafikken bare i liten grad er dimensjonerende for banestrømforsyningen på Dovrebanen.

### **2.1.8 Inlandsgods AB (Härjelast)**

Inlandsgods AB hadde sitt utspring på Inlandsbanan i Sverige som er en bane som i utgangspunktet ikke tilhører Baneverket selv om hoveddelene av drift og vedlikehold bekostes av Banverket. Selskapet har hatt ønsker og planer om trafikk i Norge. 17. juli 2003 erklærte imidlertid Inlandsgods seg konkurs. Trafikkeringsavtaler ble overtatt av Nordtrain AB og rullende materiell er overtatt av lastbilsentralen Härjelast.

Nordtrain hadde iallfall tidligere de samme planene som Inlandsgods når det gjaldt trafikkerings i Norge og anskaffet et eget diesellokomotiv til dette.

På bakgrunn av dette vurderes selskapets framtidige ønsker om trafikk som i liten grad dimensjonerende for banestrømforsyningen på Dovrebanen.

### **2.1.9 Tågkompaniet AB (TKAB)**

Tågkompaniet AB ble opprettet for å by på den statssubsidierte fjerntogtrafikken mellom Nord og Sør-Sverige. Selskapet har kjøpt 6 elektriske lokomotiver av type El16 av NSB, men leier fire av disse ut til andre trafikkutøver i Sverige da de i dag selv ikke har trafikkoppdrag til mer enn to av dem. TKAB har foreløpig ikke kjørt godstog, men ga tilbud på "kopparpendelen" Skellefteham-Helsingborg.

På bakgrunn av dette vurderes selskapets framtidige ønsker om trafikk som i liten grad dimensjonerende for banestrømforsyningen på Dovrebanen.

### **2.1.10 TGOJ Trafik AB**

TGOJ er opprinnelig en rest fra den gamle privatbanestrukturen i Sverige, men eies nå av Green Cargo. TGOJ Trafikk AB er imidlertid en helt selvstendig trafikkutøver, men gir ikke tilbud på oppdrag uten å spørre eieren. Selskapet driver i dag verksteder for og utleie av rullende materiell i tillegg til transportoppdrag, for det meste systemtog.

På bakgrunn av dette vurderes selskapets framtidige ønsker om trafikk som i liten grad dimensjonerende for banestrømforsyningen på Dovrebanen.

### **2.1.11 Continental Railway Systems (CRS)**

Continental Railway Systems har vært i dialog med Jernbaneverket og Statens Jernbanetilsyn om trafikkeringsrett til det statlige jernbanenettet. Virksomheten holder til ved Moi i Vest-Agder og det antas at selskapet iallfall i første omgang vil konsentrere seg om Sørlandsbanen.

På bakgrunn av dette vurderes selskapets framtidige ønsker om trafikk som i liten grad dimensjonerende for banestrømforsyningen på Dovrebanen.



### 2.1.12 Andre norske trafikkutøvere

Følgende trafikkutøvere har i dag sportilgangsavtale med Jernbaneverket på hele eller deler av det statlige jernbanenettet, men ses på som uaktuelle kommersielle godstransportører i fremtiden:

- NSB AS – Konsentrerer seg om persontrafikk etter at godstrafikken ble skilt ut i NSB Gods og videre CargoNet AS. Linx AB kjører på NSB sin sportilgangsavtale i Norge, men har planer om å bli selvstendig trafikkutøver i fremtiden.
- Flytoget AS – Konsentrerer seg om persontrafikk.
- GM-Gruppen – Organisasjon som tar vare på gamle GM-lokomotiver. Kan kjøre oppdrag for Jernbaneverket, men da med diesellokomotiver.
- Malmtrafikk AS (MTAS) – Konsentrerer seg om transport av egne produkter på Ofotbanen mellom produksjon i Kiruna og Narvik havn.
- Valdresbanen AS (VBAS) – Har kun tillatelse til museums- og hobbypreget virksomhet på Valdresbanen og strekningen Eina-Gjøvik.

## 2.2 CargoNet

Prosjektet har avholdt en møte med trafikkleidelsen i CargoNet AS. Hovedpunktene gjengis i det følgende og møtereferat finnes i vedlegg 1.

### 2.2.1 Planer for utfasing av E14 og E16

CargoNet gjennomfører nå (august 2003) hovedrevisjon (HR) på E14 og E16 og regner med at disse da vil være i trafikk i ytterligere 10-15 år. En vil imidlertid vente med HR på et par E14 og bare revidere og sette disse i trafikk igjen dersom en kommer i mangel på trekraft. En eventuell dramatisk økning i vedlikeholdskostnadene kan imidlertid føre til at utskiftningen av elektriske lokomotiver forseres.

### 2.2.2 Planer for anskaffelse/leie av nye elektriske lok

Det er ikke lagt ned mye arbeid i å se på nye elektriske lokomotiver ettersom anskaffelse av diesellokomotiver har hatt førsteprioritet. CargoNet har ingen beredskapsplaner i tilfelle akutt mangel på trekraft annet enn å revidere lok som er satt i reserve.

Valg av framtidens elektriske lokomotiver vil først og fremst være avhengig av:

- Hva som er tilgjengelig i markedet
- Om en ønsker nye eller brukte lokomotiver
- Om en ønsker å leie/lease eller eie selv
- Kundernes ønsker, kostnad for lok og kostnad for lokfører som gir føringer for togvekter og nødvendig trekraft

6-akslede lokomotiver har normalt bedre fremkommelighet enn enkle 4-akslede, med den nettstruktur og topografi en har i Norge, men ligger normalt også høyere i pris. Bruk av 4-akslede lokomotiver i multipel gir økt fleksibilitet.

Generelt ønsker CargoNet seg større lokomotiver som er beregnet på godstrafikk (i motsetning i universallokomotiver). Det er naturlig å tro at en velger standardmodeller som er tilgjengelig på markedet framfor å spesialbestille slik som tidligere. To/flersystemslokomotiver kan være aktuelt dersom en ønsker direkte tog til utlandet (Danmark/Tyskland).

### 2.2.3 Planer for anskaffelse/leie av Rc-lok (eventuell samkjøring/samturnering med GreenCargo)

CargoNet har ingen planer om å benytte Rc-lok. En kan imidlertid forvente at andre trafikkutøvere ønsker å benytte Rc-lok i Norge.

### 2.2.4 Begrunnelse av CargoNets ønske om forsert utbygging av AT-system

CargoNet ser følgende fordeler med forsert AT-utbygging:

- Begrensninger i togfølgetiden på godstog med E116 over Dovre kan oppheves
- Mulig at en ikke trenger pådragsbegrensning på kjøring av dobbel E116
- Enklere materiellturnering
- Økning av togvekt med ca 50 % er av vesentlig betydning for selskapets økonomi

### 2.2.5 CargoNets planer for trafikk/transportmønster på Dovrebanen (lengde/vekt/frekvens)

Generelt ønsker CargoNet på kort sikt samme antall tog på Dovrebanen som i dag. Eventuell volumøkning tas ut i bedre utnyttelse av de togene en allerede kjører. På lang sikt ser en for seg større trekraft som kan resultere i færre tog med samme totale kvantum eller økt transportvolum med samme antall tog.

På kort sikt (etter rute R152.1) kjøres ikke det ene togparet med vognlast Alnabru-Trondheim, men et av togene Alnabru-Dombås forlenges til Trondheim slik at antall togpar Alnabru-Dombås reduseres med ett og Dombås-Trondheim holdes likt som i dag.

Det jobbes med å overføre fisk fra nord (Helgeland) over på toget og muligens gjenopprette ovennevnte tog. Dersom det samme skjer som på Ofotbanen (ARE-togene), kan tonnasje sørover totalt sett overstige tonnasje nordover. Det vil si at en kan oppleve de tyngste togene på vei sørover.

Konsentrasjonen om kombitransporter har ført til en økning i semitrailere. CargoNet anskaffer nå 80 ny 6-akslede boggivogner som tar 2 semitilhengere hver. Totalt er behovet 160 slike vogner. Med 20 tons aksellast blir totalvekten 120 tonn per vogn med 90 tonn last.

Maksimal tog lengde på Dovrebanen er 480 meter begrenset av lengden på krysningssporene som benyttes i dagens ruteplan. Generelt ønsker en ikke å kjøre lengre tog enn 600 meter, da maksimal framføringshastighet dermed reduseres til 80 km/t (bestemt av JBV) og terminalsporene blir for korte slik at en må dele/skjøte tog, hvilket øker framføringstiden.

Tog lengde på 480 m medfører ca 14 stk 6-akslede boggivogner ( $14 \cdot 120$  tonn = 1680 tonn). Total lastvekt på togene over Dovre er begrenset til 1200-1250 tonn av trekraften og dragbandet. En regner altså ikke med at alle vognene i et tog lastes med fulle lastbærere, det vil si at last i så tilfelle må avvises eller fraktes med et senere tog.

CargoNet ønsker:

- Å kunne kjøre enkle og doble E116 uten begrensninger og restriksjoner.
- Fjerning av begrensning på hvor stor lengdeandel av toget som kan være over 20 tonn aksellast (i dag maksimalt 25 % opp til 22,5 tonn) uten at hastigheten reduseres.
- På sikt en oppgradering av Dovrebanen med tillatelse til 25 tons aksellast.
- Tog lengder på opp til 600 meter.
- Øke lastvekten med 50 % til 1250 tonn.

Selv om en med 20 tonn aksellast på et helt tog (480 m) får høyere lastvekt enn en kan trekke, ønsker CargoNet tillatt 22,5 og videre 25 tons akselvekt da en forventer at lastbærerne blir enda tyngre i framtiden.



## 2.3 Oppsummering

Av undersøkelsene overfor finner en at det bare er CargoNet AS som har konkrete planer om godstrafikk på Dovrebanen. Ofotbanen AS satser imidlertid på godstrafikk i Sør-Norge i løpet av 2004 og ser på Dovrebanen som en viktig bane uten å ha konkrete planer.

Det er heller ikke unaturlig å tro at CargoNet sin trafikk vil alene i stor grad vil være dimensjonerende for banestrømforsyningen, og at eventuelle nye trafikkutøvere enten vil komme som en erstatning for CargoNet eller som et lite tillegg. Størrelsen på dette eventuelle tillegget er imidlertid vanskelig å bestemme. Flere trafikkutøvere vil føre til konkurranse om de beste rutene og en kan anta at togtettheten vil komme til å øke. Nye trafikkutøvere kan i tillegg ha ønsker om andre ruteleier enn CargoNet i dag på grunn av andre kunder og behov.

CargoNet har følgende ønsker som vil være dimensjonerende for banestrømforsyningen:

- Å kunne kjøre enkle og doble E116 uten begrensninger og restriksjoner
- Fjerning av begrensning på hvor stor lengdeandel av toget som kan være over 20 tonn aksellast (i dag maksimalt 25 % opp til 22,5 tonn) uten at hastigheten reduseres.
- På sikt en oppgradering av Dovrebanen med tillatelse til 25 tonns aksellast
- Toglengder på opp til 600 meter
- Øke lastvekten med 50 % til 1250 tonn

Det er naturlig å tro at en vil oppleve tyristormateriell på Dovrebanen. CargoNet ønsker klart å benytte E116 samtidig som Green Cargo og de fleste andre svenske trafikkutøvere har tilgang til enten E116 eller Rc-lokomotiver. Totalt i Norge og Sverige finnes om lag 400 tyristorlokomotiver. Selv om E114 vil være i trafikk i mange år til er nok tyristorlokomotiver likevel dimensjonerende for banestrømforsyningen. Bare på lengre sikt kan en anta at nyere lokomotiver med asynkronteknikk overtar en større andel av trafikken.

I skrivende stund er Malmtrafikk AS i ferd med å avgjøre den videre skjebnen til sine 6 stk E115. E115 er såkalte diodelokomotiver, en forløper til tyristorlokomotivene, men en belaster ikke banestrømforsyningen tilsvarende. Lokomotivet er kan trekke tunge godstog og en skal ikke se bort fra at de fortsatt vil finnes i trafikk i Norge og/eller Sverige.

Kombitrafikken er bundet med avgangs- og ankomsttider som er strengt bestemt av kundene. Det er derfor naturlig å tro at tidsvariasjonen av belastningen over døgnet vil være som i dag. Nye trafikkutøvere som finner nye markedssegmenter, for eksempel vognlast, kan tenkes å ønske og/eller tvinges til andre ruteleier enn kombitrafikken. En har imidlertid ikke foreløpig noen indisier på at vognlasttrafikk på Dovrebanen kan få et veldig stort omfang.

Den totale sporkapasiteten på Dovrebanen vil uansett være en begrensning i hvor mange tog som kan være på strekningen samtidig. Beregninger og simuleringer av banestrømforsyningen utføres derfor best med utgangspunkt i en kapasitetsoptimal ruteplan.

### 3. Tiltak i øvrig infrastruktur for å tillate større togstammer

#### 3.1 Områdeavgrensning

Flere av momentene i dette kapitlet er gyldig for hele det statlige jernbanenettet, men det område som her er behandlet er strekningen Eidsvoll – Trondheim.

#### 3.2 Ønsker

Det som setter de største kravene til Jernbaneverket sin infrastruktur er godstrafikken. Som tidligere nevnt ser det ut som det i overskuelig tid bare er CargoNet's ønsker som vil være retningsgivende for hvilke investeringer som kan være aktuelle for Dovrebanen.

Maksimal toglangde på Dovrebanen er 480 meter begrenset av lengden på kryssningssporene som benyttes i dagens ruteplan. Generelt ønsker en ikke å kjøre lengre tog enn 600 meter, da maksimal framføringshastighet dermed reduseres til 80 km/t / (bestemt av JBV) og terminalsporene blir for korte slik at en må dele/skjøte tog, hvilket øker framføringstiden.

CargoNet ønsker

- Å kunne kjøre enkle og doble E16 uten begrensninger og restriksjoner
- Fjerning av begrensning på hvor stor lengdeandel av toget som kan være over 20 tonn aksellast (i dag maksimalt 25% opp til 22,5 tonn) uten at hastigheten reduseres.
- På sikt en oppgradering av Dovrebanen med tillatelse til 25 tonns aksellast
- Toglengder på opp til 600 meter
- Selv om en med 20 tonn aksellast på et helt tog (480 m) får høyere lastvekt enn en kan trekke, ønsker CargoNet tillatt 22,5 og videre 25 tonns akselvekt da en forventer at lastbærerene blir enda tyngre i framtiden.
- Øke lastvekten med 50 % til 1250 tonn

#### 3.3 Muligheter

Togframføringsforskriften gir følgende muligheter til godstog ved forskjellige hastigheter, se tabell 3-1

Tabell 3-1 Kombinasjoner av parameter for godstog

Maks Aksellast	Maks hastighet	Bremsegruppe	Tog Lengde	Oppheng
18 t	100 km/t	P	500 m	boggi
20,5 t	90 km/t	P	600 m	boggi
22,5 t	80 km/t	P	700 m	boggi
22,5 t	80 km/t	G	850 m	boggi

I tillegg har CargoNet tillatelse til å kjøre i 90 km/t med godstog hvor inntil 25 % av toglangden har en aksellast på opp til 22,5 tonn og resten av toglangden aksellast opp til 20 tonn



### **3.4 Begrensninger**

#### **3.4.1 Over- og Underbygning**

##### **3.4.1.1 Aksellast**

Det som tillates på Dovrebanen i dag er 22,5 tonn ved 80 km/t. På sikt ønsker CargoNet aksellasten øket til 25 tonn. Samtidig ønskes å beholde nåværende ruter, eller aller helst å kunne kjøre Trondheim - Alnabru på kortere tid enn i dag. Dette vil kreve at en samtidig tillater maksimalhastighet for godstogene på minst 90 km/t. Det her ikke gjort noe forsøk på å finne ut hvor omfattende arbeid det vil være å oppfylle et slikt ønske, men sannsynligvis er det kun tiltak med overbygningen som er nødvendige.

##### **3.4.1.2 Metervekt**

Maksimal tillatt metervekt på strekningen er 6,6 tonn (Network Statement 2005). CargoNet ønsker å kjøre tog som er 600 m lange. Med en lokomotivvekt på 160 tonn (doble El16) og en godsvekt på opp til 1250 tonn, gir dette en gjennomsnittlig metervekt 2,35 tonn i hele togets lengde.

Trafikkutøveren må uansett ta hensyn til metervekt ved opplasting av gods, slik at ingen deler av togsettet overstiger tillatt verdi. Hvis det imidlertid skal gjøres noen tiltak i denne sammenheng vil det i første rekke dreie seg om utskiftning/forsterkning av eldre bruer, kulverter og fyllinger.

#### **3.4.2 Signal og sikringsanlegg**

I Norge opereres det med faste signalavstander avhengig av hastighet og stigning eller fall på stedet hvor signalene står. Det taes altså ikke hensyn til at forskjellige tog har forskjellig retardasjon. Dette kan imidlertid programmeres inn i togets ATC slik at denne om nødvendig kan gripe på rett tidspunkt.

En forsterkning av banestrømforsyningen på Dovrebanen er planlagt gjort uten å endre banens trase, og det skulle derfor ikke være nødvendig å gjøre noe med signalplasseringen. Dersom det tillates lengre og eller tyngre tog vil det da vær opp til trafikkutøver å benytte vognmateriell som klarer å opprettholde samme bremseprosenten.

Skinnegangen inngår i strømkretsen til både banestrømforsyningen og signal og sikringsanlegget. Filterimpedansene skiller signal og returstrøm. En overgang til AT-systemet vil føre til endringer i sporstrømmer og fjerning av filterimpedanser i forbindelse med nullfelt. Det kan i større eller mindre grad påvirke sikringsanlegget. Det belyses nærmere i kapittel 5 nedenfor og i vedlegg 2.

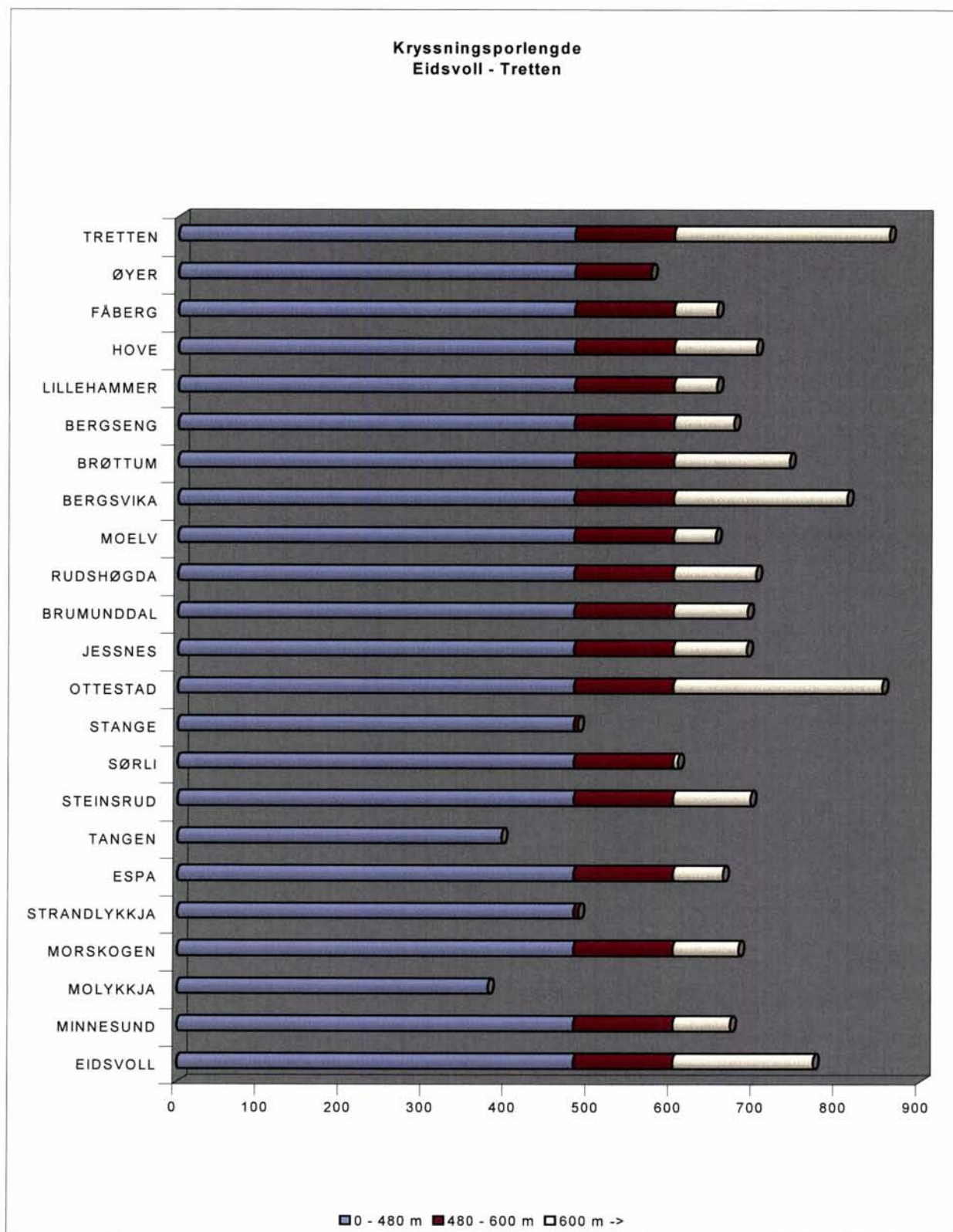
##### **3.4.2.1 Kryssningsspor**

På strekningen fra Eidsvoll til Trondheim finnes det i dag (i følge grafisk ruteplanen) 56 kryssningsspor. En oversikt over disse er vist i vedlegg 3. Der hvor det er flere kryssningsspor er bare det lengste vektlagt i denne sammenheng. Dersom CargoNet begynner å kjøre med tog som er 600 meter lange i de togruter som de i dag maksimalt kjører med 480 meter lange togsett vil muligheten for kryssinger bli redusert.

Med dagens tog lengder er det bare 8 av kryssningssporene på hele strekningen som ikke kan romme et 480 m langt tog, og 48 som er lang nok. Dersom tog lengden økes til 600 meter vil dette for disse togene fjerne kryssningmulighetene på 17 steder slik at det da bare blir mulig å krysse på 31 steder, der som en ikke igangsetter tiltak på strekningen. Dette kan delvis håndteres ved at eventuelle persontog som krysser med godstog må kjøre i avvik, men vil ikke være noen god løsning da dette vil føre en økning i framføringstiden for disse togene, ikke minst dersom det oppstår forsinkelser.

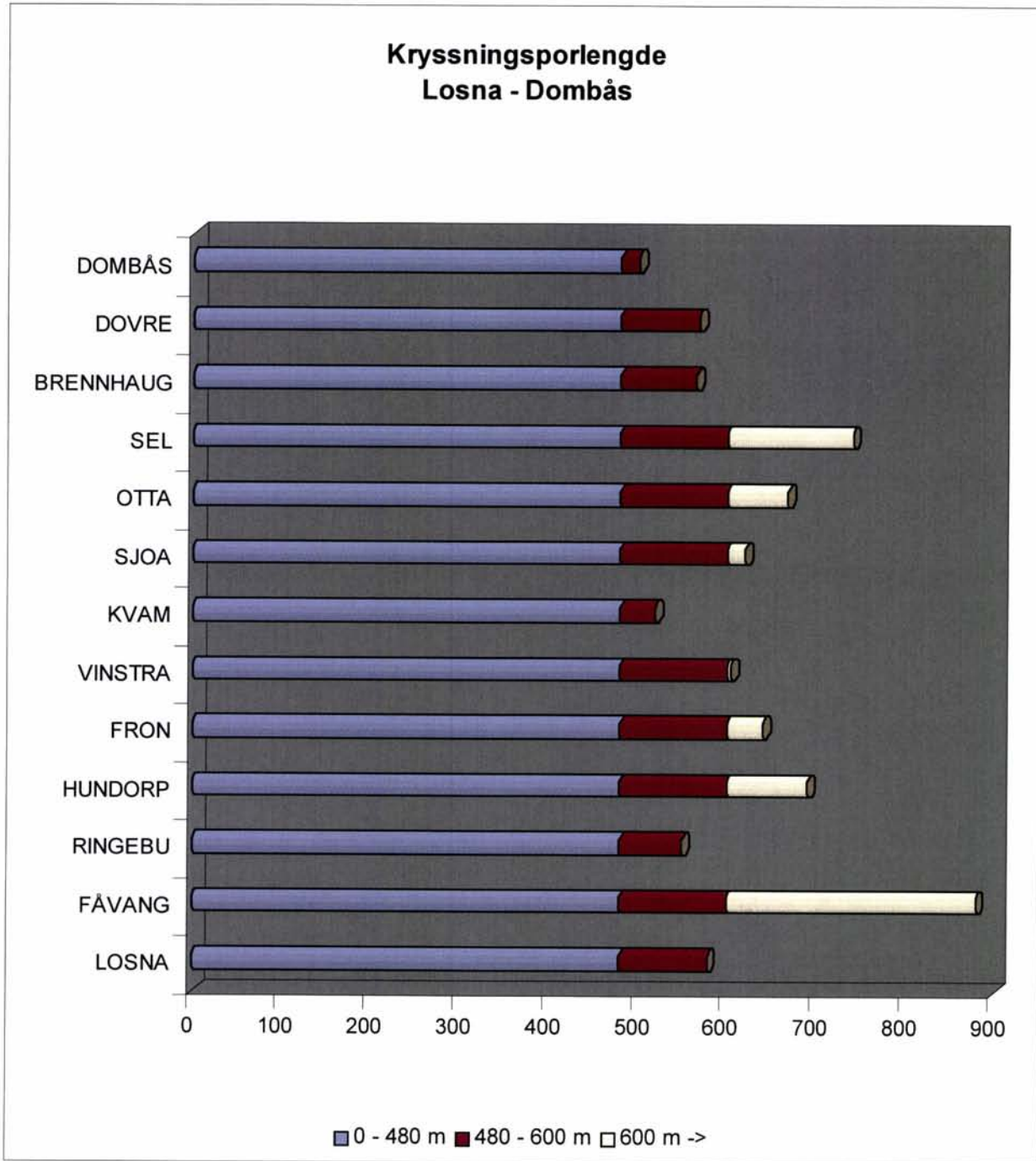
Ser en samtidig på ruteplan og kryssningsspor vil en se at godstogene har de fleste kryssninger på strekningen Losna – Dombås, denne strekningen kalles da også for kryssningsbeltet. Med dagens ruter, som CargoNet ønsker å beholde også i framtiden, starter godstogene nesten samtidig fra både Alnabru og Trondheim. Disse møtes da omtrent på midten av strekningen, altså i kryssningsbeltet. Det er rimelig å anta utifra de opplysninger som CargoNet har gitt at både sør og nordgående tog vil kunne være 600 meter lange. Dette vil si at noen av de hyppigst brukte kryssningssporene vil være for korte til å tillate lengre godstog. Dette vil først og fremst være aktuelt for kryssningssporene på Dovre og Dombås.





Figur 3-1 Kryssningssporlengde Eidsvoll – Tretten

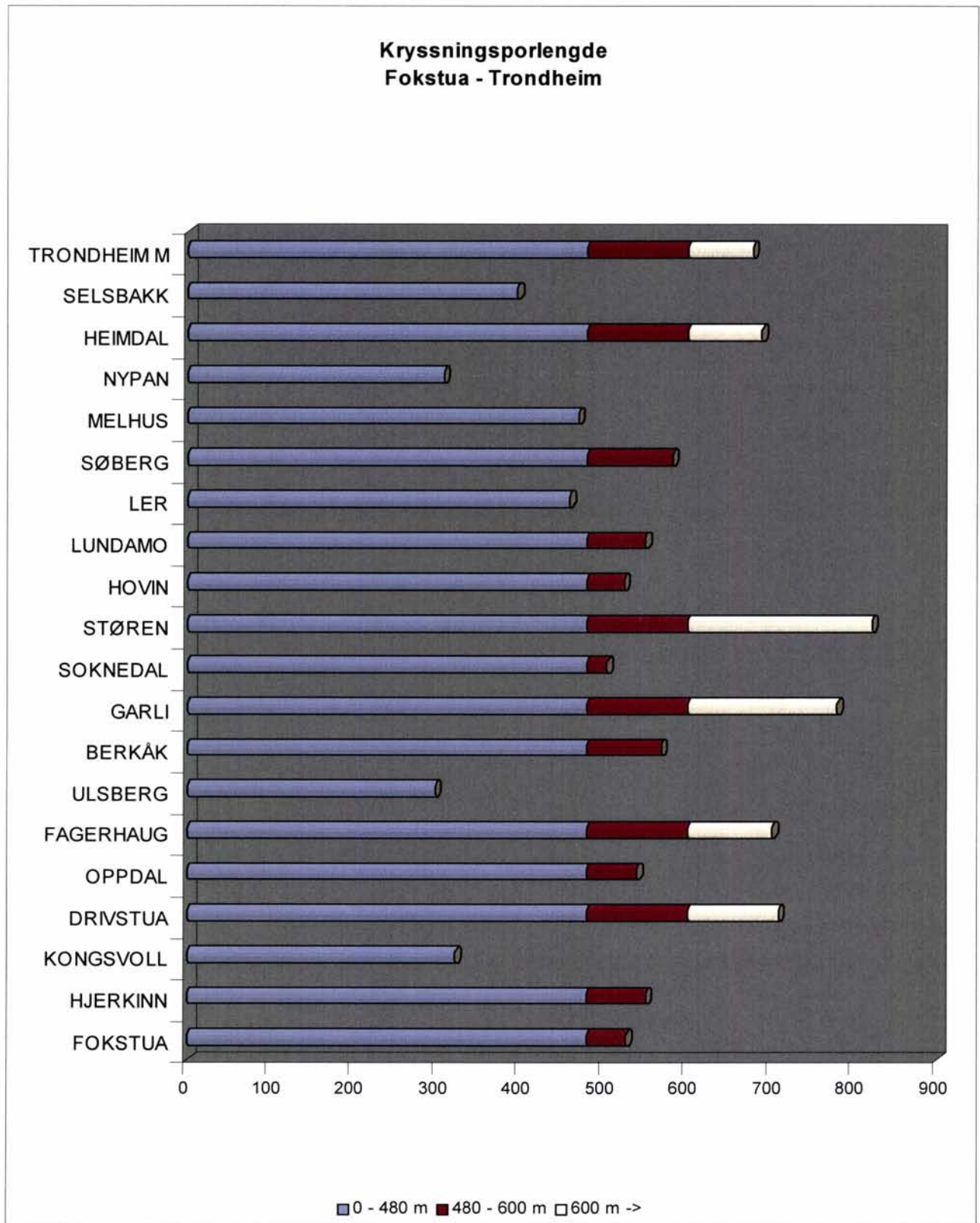
Sør for kryssningsbelte er det bare 3 av 23 kryssningsmuligheter som faller bort for lengre godstog.



Figur 3-2 Kryssningsporlengde Losna – Dombås

I kryssningsbeltet kan alle 13 kryssningsspor benyttes med dagens godstoglengder. Økes toglengden til 600 meter er det 6 av kryssningsmulighetene som ikke kan benyttes.





Figur 3-3 Kryssningsspor Fokstua – Trondheim

Nord for kryssningsbeltet er det nå 6 av 20 kryssningsspor som er kortere en 480 meter. En økning av toglangden til 600 meter vil føre til at ytterligere 8 muligheter bortfaller, og at en da bare står igjen med 6 kryssningsspor.

### 3.5 Oppsummering

Den eneste av dagens godsoperatører for jernbane i Norge av betydning, CargoNet, ser også ut til å være den som på lengre sikt ser ut til å være enerådende og sette krav til infrastrukturen. Deres ønsker for den øvrige infrastrukturen, altså utenom banestrømforsyningen, er:

- Å kunne kjøre enkle og doble E116 uten begrensninger og restriksjoner
- Fjerning av begrensning på hvor stor lengdeandel av toget som kan være over 20 tonn aksellast (i dag maksimalt 25 % opp til 22,5 tonn) uten at hastigheten reduseres.
- På sikt en oppgradering av Dovrebanen med tillatelse til 25 tonns aksellast
- Toglengder på opp til 600 meter
- Selv om en med 20 tonn aksellast på et helt tog (480 m) får høyere lastvekt enn en kan trekke, ønsker CargoNet tillatt 22,5 og videre 25 tonns akselvekt da en forventer at lastbærerene blir enda tyngre i framtiden.
- Øke lastvekten med 50 % til 1250 tonn

Det er flere forhold med selve dagens jernbaneinfrastruktur som setter begrensninger på Dovrebanen og disse er:

- Maksimal aksellast i dag er 22,5 tonn ved 80 km/t. Det er ikke undersøkt hva som skal til for å øke aksellasten til 25 tonn, men sannsynligvis er det tiltak i overbygningen som er nødvendige. Hvis en skal samtidig ønsker å øke hastigheten til 90 km/t trenges sannsynligvis enda mer omfattende tiltak.
- Metervekt ser ikke ut til å være en begrensende faktor med de ønsker CargoNet har på sikt. Eventuelle tiltak her vil kunne omfate både over- og underbygningen.
- Overgan til AT-system kan føre til visse endringer med hensyn på filterimpedansene som skiller signal og returstrøm. Egne utredninger for hva dette kan få for betydning må gjøres.
- Godstog på 600 meter vil få problemer med krysningssporlengden visse steder. Det vil bli vansker med krysningen på 17 stasjoner av totalt 48. Spesielt vil det kunne bli problematisk at to viktige stasjoner i krysningsbeltet, nemlig Dovre og Dombås har for korte krysningsspor.



## 4. Tiltak i Region Øst, strekningen Tangen - Fåberg

### 4.1 Behov for omformere og spenning på kontaktledningen for tog Tangen – Fåberg

Tidligere simuleringer for Hovedplanen for Dovrebanen hadde med omformeren på Tangen og Rudshøgda i modellen, men siden Region Øst ikke var med på fase 2 av denne Hovedplanen ble ikke data for disse presentert. Det er naturlig at en tar med data for disse i dette Hovedplannotatet for å se på eventuelle behov for forsterkninger her. Resultatbehandling er gjort for Tangen og Rudshøgda omformere og data presenteres her, og for oversiktens skyld henvises det til simuleringssrapporten, se [ 2]. I denne er også tabeller som viser verdier for overbelastning av de forskjellige komponentene, samt henvisning og beskrivelse av normene som gjelder for tillatt spenning på kontaktledningen.

#### 4.1.1 Simulering 0b med nåværende banestrømforsyning kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver

Nedenfor viser tabell 4-1 spenning for nord og sørgående godstog med kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver (EG3100), som en ser blir spenningen tilfredsstillende for togene både i sør og nordlig retning. Imidlertid viste det seg å oppstå noe stor belastning av omformerne og dermed ble en ny simulering gjort med forsterkninger, se avsnitt 0.

Tabell 4-1 Laveste spenning for godstog Tangen – Rudshøgda – Fåberg. Ingen forsterkningstiltak og konvensjonell banestrømforsyning. Moderne lokomotiver (EG3100) med redusert effektopptak ved lave spenninger for godstogene.

Tog nr.	Simulering 0b Kapasitetsoptimal ruteplan		
	Umin [kV]	Sted [km]	Tidspunkt [time:minutt]
35719	13,7	135,3	-
35710	13,7	132,5	-

#### 4.1.2 Simulering 2 med forsterket konvensjonell banestrømforsyning og kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver

Nedenfor viser tabell 4-2 belastningen av Tangen og Rudshøgda omformere for simulering 2 med forsterket banestrømforsyning og kapasitetsoptimal ruteplan. Det var i denne simuleringen benyttet moderne lokomotiver (EG3100) med redusert effektuttak ved lave spenninger. Simulering 2 var videre foretatt med et aggregat på 5,8 MVA både på Rudshøgda og Otta. Det var også foretatt utfall av et omformeraggregat på Oppdal, noe som ikke får betydning for belastningsforholdene så langt sør som Tangen og Rudshøgda.

Som en ser er belastningen av Tangen omformer godt innenfor grensene, men Rudshøgda med et aggregat på 5,8 MVA, ser ut til å være belastet noe i meste laget. For strømmens 2 sekunders verdi er belastningen så langt over 100 % at dette ikke ser ut til å være tilrådelig, men også for effektens 1 times og 6 minutters verdi er resultatet noe høyt. Det kan se ut til at løsningen er å ha aggregater med ytelse 2 x 5,8 MVA på Tangen og 1 x 7,0 MVA på Rudshøgda.

Når det gjelder spenningene som oppstår mellom Tangen til Fåberg, er ikke disse undersøkt, men minimumsverdiene var gode på denne distansen i simulering 0b, se tabell 4-2. Med økt ytelse i omformerstasjonene på Rudshøgda kan spenningen bare ha blitt bedre her.

Tabell 4-2 Belastning av omformere med forsterket konvensjonell banestrømforsyning, kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver (EG3100) med effektbegrensning ved lave spenninger for godstogene.

Omformer	Innsatt ytelse i omformer	Simulering 2 kapasitetsoptimal ruteplan					
		Effekt [MVA]				Strøm[kA]	
		1 time		6 minutter		2 sekunder	
		[MVA]	[%]	[MVA]	[%]	[kA]	[%]
Tangen	2 x 7,0	5,08	36	7,36	33	-	
Rudshøgda	1 x 5,8	5,49	95	9,94	90	1,04	166

#### 4.1.3 Simulering 1 med AT-system kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver

Simulering 1 var utført med økt ytelse i omformerstasjonene, det vil si at Dombås og Oppdal har innsatt aggregater på 2 x 7,0 MVA, også Tangen har aggregater på 2 x 7,0 MVA. Rudshøgda og Otta omformere ble fjernet, slik at den opprinnelige standardlengden på ca 80 km mellom omformerne er brukt. Som en ser av tabell 4-3, har alle togene en minimumsspenning som er høyst tilfredsstillende.

Tabell 4-3 Laveste spenning for godstog Tangen – Fåberg med moderne lokomotiver som har effektbegrensning ved lave spenninger. Kapasitetsoptimal ruteplan. AT-system og forsterket banestrømforsyning.

Tog nr.	Simulering 1 med AT-system		
	Umin [kV]	Sted [km]	Tidspunkt [time : minutt]
35713	14,1	156,5	10:49
35710	14,2	155,8	10:49

Nedenfor viser tabell 4-4 belastningen av Tangen og Fron omformere når AT-system er satt inn. Av dette ser det ut til at en ytelse på 2 x 7,0 MVA på Tangen er nødvendig.

Tabell 4-4 Belastning av omformere med AT-system, kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver (EG3100) med effektbegrensning ved lave spenninger for godstogene.

Omformer	Innsatt ytelse i omformerstasjon	Simulering 1 Kapasitetsoptimal Ruteplan								
		Effekt [MVA]						Strøm [kA]		
		1 time			6 minutter			2 sekunder		
		[MVA]	[%]	[kl]	[MVA]	[%]	[kl]	[kA]	[%]	[kl]
Tangen	2 x 7,0	6,88	49	11:29	9,56	43	11:24	940	57	11:18
				12:09			12:04			11:58
				12:49			12:44			12:38
Fåberg	2 x 5,8	6,70	58	11:23	7,90	49	11:25	915	73	11:20
				12:03			12:05			12:00
				12:43			12:45			12:40

Tabell 4-5 og tabell 4-6 viser belastning av henholdsvis autotransformatorer og kontaktledning mellom Tangen og Fåberg omformere. Som en ser er det kun moderat belastning av disse



komponentene for alle verdier som er undersøkt. De stedene der bare maksimalverdien er undersøkt, er årsaken at verdien er såpass lav at det er usannsynlig at de andre verdiene skulle vise noe uvanlig store verdier.

Tabell 4-5 Belastning av autotransformatorer. Simulering med kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver (EG3100) med effektbegrensning ved lave spenninger for godstogene.

<b>Simulering 1 Kapasitetsoptimal ruteplan</b>					
<b>AT – Plassering</b>	<b>Strøm [kA]</b>				
	<b>Maks</b>	<b>2 sek</b>	<b>30 sek</b>	<b>90 sek</b>	<b>60 min</b>
Tangen – Fåberg AT 1	0,419	417	327	262	177
Tangen – Fåberg AT 2	0,135				
Tangen – Fåberg AT 3	0,183				
Tangen – Fåberg AT 4	0,287	285	220	186	69
Tangen – Fåberg AT 5	0,197				
Tangen – Fåberg AT 6	0,206	202	145	121	43
Tangen – Fåberg AT 7	0,170				
Tangen – Fåberg AT 8	0,183	183	162	115	56
Tangen – Fåberg AT 9	0,184				
Tangen – Fåberg AT 10	0,331	326	225	177	119

Tabell 4-6 Belastning av negativ- og kontaktledning. Simulering med kapasitetsoptimal ruteplan og moderne lokomotiver (EG3100) med effektbegrensning ved lave spenninger for godstogene.

Autotransformator – Avgang	Simulering 1 Kapasitetsoptimal ruteplan				
	Strøm [kA]				
	Maks	1 sek	10 sek	1 min	6 min
Tangen - Fåberg AT1					
KL avgang nord					
NL avgang nord	0,419				
Tangen – Fåberg AT2					
KL avgang sør	0,503				
KL avgang nord	0,516				
NL avgang sør	0,419				
NL avgang nord	0,405				
Tangen – Fåberg AT3					
KL avgang sør	0,406				
KL avgang nord	0,535				
NL avgang sør	0,405				
NL avgang nord	0,349				
Tangen – Fåberg AT4					
KL avgang sør	0,400				
KL avgang nord	0,616	0,61457	0,57546	0,37825	0,26053
NL avgang sør	0,350				
NL avgang nord	0,333				
Tangen – Fåberg AT5					
KL avgang sør	0,402				
KL avgang nord	0,476				
NL avgang sør	0,333				
NL avgang nord	0,349				
Tangen – Fåberg AT6					
KL avgang sør	0,424				
KL avgang nord	0,455				
NL avgang sør	0,349				
NL avgang nord	0,351				
Tangen – Fåberg AT7					
KL avgang sør	0,401				
KL avgang nord	0,382				
NL avgang sør	0,351				
NL avgang nord	0,346				
Tangen – Fåberg AT8					
KL avgang sør	0,412				
KL avgang nord	0,424				
NL avgang sør	0,346				
NL avgang nord	0,307				
Tangen – Fåberg AT9					
KL avgang sør	0,513				
KL avgang nord	0,427				
NL avgang sør	0,307				
NL avgang nord	0,331				
Tangen – Fåberg AT10					
KL avgang sør					
NL avgang sør	0,331				



#### 4.1.4 Simulering 1b med doble E116 lokomotiver med pådragsbegrensning og kapasitetsoptimal ruteplan

En simulering med doble E116 lokomotiver med pådragsbegrensning ble utført med AT-system for banestrømforsyningen. Med pådragsbegrensning er det satt en grense på 70 % for maksimalt pådrag. Samme omformerstørrelse som for simulering med moderne lokomotiver ble brukt. Tabell 4-7 nedenfor viser at minimumspenning er noe lav, men ikke lavere enn for de andre strekningene med den samme simuleringen.

Tabell 4-7 Laveste spenning for godstog Tangen – Fåberg med doble E116 lokomotiver med 70 % pådragsbegrensning. Kapasitetsoptimal ruteplan. AT-system og forsterket banestrømforsyning.

Tog nr.	Simulering 1b kapasitetsoptimal ruteplan		
	Umin [kV]	Sted [km]	Tidspunkt [time : minutt]
35711	13,1	156,5	-
35708	13,1	156,0	-

Simulering 1b viste stor belastning av omformerne på Dovrebanen, og det samme ser en for resultatet for Tangen og Fåberg omformere, se tabell 4-8. Det ble i simuleringsrapporten for Dovrebanen, se [ 2], antatt at om en omformer, i alle stasjoner unntatt Fåberg, faller ut vil den andre omformeren også falle ut. Resultatet av simuleringen for Tangen omformer viser det samme. Men egen simulering må vise om det er riktig. Det er imidlertid ikke usannsynlig at AT-systemet har såpass god effektutveksling med nabostasjoner at den nødvendige effektutvekslingen mellom to nabostasjoner kan redde situasjonen.

Tabell 4-8 Belastning av omformere med AT-system, kapasitetsoptimal ruteplan og doble E116 lokomotiver med 70 % pådragsbegrensning.

Omformer	Innsatt ytelse i omformerstasjon	Simulering 1b kapasitetsoptimalruteplan					
		Effekt [MVA]				Strøm[kA]	
		1 time		6 minutter		2 sekunder	
		[MVA]	[%]	[MVA]	[%]	[kA]	[%]
Tangen	2 x 7,0	8,94	64	13,05	59	1,440	87
Fåberg	2 x 5,8	8,38	72	10,0	63	-	-

Tabell 4-9 og tabell 4-10 nedenfor viser henholdsvis strømbelastning på kontaktledningsavgangene fra omformeren på Tangen og strømbelastning for autotransformatorer mellom Tangen og Fåberg.

Tabell 4-9 Belastning av kontaktledningen. Simulering med kapasitetsoptimal ruteplan og EI16 lokomotiver med 70 % pådragsbegrensning.

Omformeravgang	Simulering 1b kapasitetsoptimalruteplan				
	Strøm [kA]				
	Maks	1 sek	10 sek	60 sek	360 sek
Tangen Sør	0,917	0,920	0,844	0,808	0,576
Tangen Nord	0,919	1,126	1,087	0,816	0,671

Tabell 4-10 Belastning av autotransformatorer. Simulering med kapasitetsoptimal ruteplan og EI16 lokomotiver med 70 % pådragsbegrensning.

AT – Plassering	Kapasitetsoptimal ruteplan				
	Strøm [kA]				
	Maks	2 sek	30 sek	90 sek	60 min
Tangen – Fåberg AT 1	0,514	0,512	0,414	0,326	0,225
Tangen – Fåberg AT 2	0,168	0,168	0,155	0,132	0,046
Tangen – Fåberg AT 3	0,277	0,276	0,265	0,240	0,087
Tangen – Fåberg AT 4	0,403	0,400	0,300	0,266	0,090
Tangen – Fåberg AT 5	0,278	0,269	0,225	0,196	0,078
Tangen – Fåberg AT 6	0,281	0,278	0,209	0,151	0,072
Tangen – Fåberg AT 7	0,245	0,244	0,205	0,156	0,066
Tangen – Fåberg AT 8	0,301	0,299	0,239	0,170	0,071
Tangen – Fåberg AT 9	0,274	0,272	0,210	0,162	0,058
Tangen – Fåberg AT 10	0,456	0,454	0,330	0,255	0,143

#### 4.2 Grunneiers syn på permanent omformerstasjon på Rudshøgda

Dersom en skal tillate større tog på Dovrebanen og en samtidig ønsker å benytte konvensjonelt system vil en mulighet være å gjøre omformerer på Rudshøgda permanent. Bane Energi har på vegne av Jernbaneverket inngått en leiekontrakt med eier av grunnen hvor omformerer er plassert. Leiekontrakten løper til 2008. Skal omformerer gjøres permanent er det nødvendig med en mer langsiktig løsning enn dagens.

Grunneier på Rudshøgda ble derfor kontaktet for å få hans synspunkter på å avhende grunnen til Jernbaneverket. Grunneier er ikke uvillig til dette, selv ikke om det skulle være behov for et noe større areal en det som det er benyttet i dag. Grunneier så det for øvrig heller ikke som noe problem at leieforholdet opphørte.

#### 4.3 Oppsummering

På grunnlag av simuleringresultatene for konvensjonell banestrømforsyning og AT-system kan behovet settes opp i tabell 4-11 nedenfor. Selv om en her skal se på forholdene i Region Øst sitt område, setter en for bekvemmelighetens skyld inn tall for samtlige omformere.

Det er noe usikkert om aggregater på 2 x 7,0 MVA virkelig er store nok for Tangen omformer når det simuleres med doble EI16 lokomotiver. Likeledes kan en være i tvil om at 7,0 MVA er nødvendig på Rudshøgda med konvensjonell banestrømforsyning og moderne lokomotiver. Uten utfallsanalyser er dette antatt som mest sannsynlig behov i stasjonene på Tangen og Rudshøgda. Men en innføring av en såkalt strømbegrenser i aggregatens spenningsregulator vil kunne



begrense behovet for omformerytelse betraktelig, se for øvrig avsnitt 7.7.1 der denne løsningen diskuteres.

Tabell 4-11 Anbefalt størrelse av aggregatene i omformerstasjonene med kapasitetsoptimal ruteplan. Moderne lokomotiver med effektbegrensning ved lave spenninger og doble EI16 70 % pådragsbegrensning

Omformerstasjon	Med konvensjonelt system Moderne lokomotiver	Med AT- system. Moderne lokomotiver	Med AT- system og doble EI16 lokomotiver
	[MVA]	[MVA]	[MVA]
Tangen	2 x 5,8	2 x 7,0	2 x 7,0
Rudshøgda	1 x 7,0	-	
Fåberg	2 x 5,8	2 x 5,8	2 x 7,0
Fron	2 x 5,8	2 x 5,8	2 x 7,0
Otta	1 x 5,8	-	-
Dombås	2 x 7,0	2 x 7,0	2 x 10,0
Oppdal	2 x 7,0	2 x 7,0	2 x 10,0
Lundamo	2 x 7,0	2 x 7,0	2 x 10,0
Stavne	2 x 7,5	2 x 7,5	2 x 7,5

## 5. Skisse til endringsanalyse

Det ble foretatt en grov endringsanalyse av de funksjonsendringer/problemstillinger som pr. dags dato er kartlagt, denne er å finne i vedlegg 2. Totalt ble 16 punkter vurdert. Av disse ble 6 punkter vurdert til å ha en større sikkerhetsmessig betydning sammenlignet med dagens system, og 9 punkter må vurderes videre med tanke på blant annet endelig løsning, påvirkning av induerte spenninger, verneinnstillinger og utfall av kontaktledning. Følgende situasjoner ble vurdert:

1. Innføring av høyere spenning
2. Mulighet for å ha spenning på ekstraleder (positiv og negativ leder eller eventuelt to negativ ledere) samtidig som spenning på kontaktledning er frakoblet
3. Endret funksjonalitet i forbindelse med at sugetransformatorer fjernes
4. Endret funksjonalitet i forbindelse med isolerte skinneskjøter
5. Endret funksjonalitet i forbindelse med induert spenning i andre anlegg
6. Følsomhet for feil ved utfall av overliggende trefasenett/omformerstasjon
7. Lavere systemimpedans
8. Stålmaster gir spesielle jordings problemer
9. AT-systemet gir to kortslutningsnivåer
10. Utfall av AT-enhet kontra utfall av sugetransformator
11. Plassering av ekstraleder i trange tunneler
12. Utfall av kontaktledning alternativ I
13. Utfall av kontaktledning alternativ II
14. Utfall av positivleder i system med CUS. Alternativ II
15. Utfall av negativleder
16. Hyppigere kortslutninger over isolatorer

### 5.1 Diskusjon

Punkter som medfører større sikkerhetsmessig betydning er vurdert til å være 1, 6, 7, 8, 10 og 13. Ved gjennomgang av punkten ble det notert at punktene 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14 og 15 må vurderes videre i en mer inngående endringsanalyse.

#### 5.1.1 Usikkerheter og nøyaktighet

Det anbefales at det foreligger et forslag til endelig løsning for AT-system, før en grundigere endringsanalyse gjennomføres. En endringsanalyse vil da være sterkt medvirkende til å komme fram til et endelig konsept for AT-systemet.



## **6. Andre undersøkelser ved overgang til autotransformatorsystem**

Dette kapitlet tar for seg forhold til offentlige myndigheter og deres interesser i innføringen av autotransformatorsystemet i banestrømforsyningen.

### **6.1 Forsvaret**

I lys av nasjonale beredskapskrav (jfr. Beredskapsloven for kraftforsyningen) kan en ikke se at det foreligger noen nasjonalt negative beredskapsforhold ved denne utbyggingen.

I forbindelse med endelig godkjenning av utbyggingsplanen bør planen gjennomgåes av en mindre tverrfaglig gruppe for å ta en siste kontroll på eventuelle konsekvenser for de nasjonale beredskapskrav. Dette kan for eksempel gjøres på samme måte som beredskapen ved utbygging av omformere ble vurdert i 1997. Ref. Jernbaneverket Hovedkontoret brev av 10. juni 1998 til Norges vassdrags- og energidirektorat med gjenpart til Samferdselsdepartementets beredskapskontor.

### **6.2 Jernbanetilsynet**

Jernbanetilsynet overlater tilsyn av banestrømforsyningen til Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

### **6.3 Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)**

DSB har som nevnt over, tilsyn med banestrømforsyningen. I tillegg har DSB ansvaret for utarbeidelse og innføring av nye elektroforskrifter. Jernbaneverket ved tidligere Hovedkontoret har bidratt med innspill til nye Forskrifter for elektriske anlegg – Forsyningsanlegg (FEA-F) som skal ut på høring våren 2004. Det er rimelig å anta at disse vil være trødd i kraft før en eventuelt tar i bruk AT-systemet i banestrømforsyningen.

Den nye FEA-F vil inneholde et mer omfattende kapittel om elektriske baneanlegg hvor det vil åpnes for å benytte autotransformatorer. Når nye anlegg for banestrømforsyning skal prosjekteres og bygges vil en da måtte forholde seg til gjeldende forskrifter. Dette vil også være det DSB vil være opptatt av ved en eventuell innføring av AT-systemet.

### **6.4 Norges vassdrags- og energidirektorat**

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) gir konsesjon for elektriske anlegg. Lovhjemmelen for konsesjoner er å finne i Energiloven og Energilovforskriften. Energiloven gjelder i utgangspunktet også for statens anlegg. Visse bestemmelser er imidlertid positivt unntatt, fordi de er unødvendige eller lite egnet for statlige anlegg. En gjennomgang av disse samt de konsesjoner Jernbaneverket innehar avdekket bl.a. at det er uklart i hvilken grad JBV har anledning til å bygge AT-systemet uten å måtte søke om nye konsesjoner.

Dette, samt et generelt behov for å få ryddet opp i konsesjoner og konsesjonsvilkår, har ført til at Infrastruktur teknikk premiss (ITP) har tatt et initiativ overfor NVE for å ordnet opp i dette. ITP har fått utarbeidet og sent en søknad til NVE om å fornye og samle konsesjonene, hvor også ønske om bygging av AT-systemet er tatt med. Det er også blitt avholdt et møte mellom JBV og NVE vedrørende Jernbaneverkets søknad, hvor NVE har signalisert at de i utgangspunktet ikke har noen innvendinger mot å ta i bruk AT-systemet i anestrømforsyningen. Konsesjonsøknaden ligger nå til behandling hos NVE og ITP vil følge denne opp.



## 7. Økonomiske betraktninger rundt autotransformatorsystem

I Hovedplan for Dovrebanen og i simuleringsrapporten til denne ble det sett på et enkelt AT-system med en negativleder, se henholdsvis [ 1 ] og [ 2]. Systemet som ble beskrevet består av en negativleder med 240 Al leder (ekvivalent kobberversnitt), kontaktledning 150 Cu og Bz og retur i skinnene. I ettertid ble en studie utført av STRI (Swedis Transmisjon Resurtch Institute), se [ 4], der en sammenligner reststrøm (nullsystemstrøm og jordstrøm), "Current-length integrals and average induction current" og spenning mellom skinne og jord for henholdsvis AT-system, konvensjonelt kl-anlegg med retur i skinne (som dagens) og kl-anlegg med returleder. I denne studien fant en at dette AT-systemet ga de verste resultatene. Dette kan bety at AT-systemet som ble beskrevet i Hovedplanen vil kunne gi uønsket påvirkning av signal- og sikringsanlegg, teleanlegg og muligens også andre systemer.

Det ble også beskrevet et såkalt ATBT-system i Hovedplanen, som ikke er studert videre. Blant annet fordi Balfour Beatty Rail AB har patentrettigheter på systemet. En ser det også som ugunstig at systemet involverer sugetransformatorer som også vil kreve nøytralskinner og isolerte sporskjøter.

Rapporten angående elektromagnetisk forhold [ 4] gir forslag til en del andre alternativer for AT-systemet som kan vise seg å gi forbedringer. Det er oppgitt en rekke forskjellige alternativer der noen er meget enkle, mens andre er kompliserte og involverer flere ekstra ledere og strømtransformatorer. Noen av alternativene vil koste en hel del mer enn det enkle AT-systemet med en negativleder, mens noen vil bli bare noe mer kostbart, se egen rapport som gjør rede for kostnadene med forskjellige alternativer, se [ 5]. I det følgende gies det en kort innføring i de mest aktuelle systemene.

### 7.1 AT-system med dobbel negativleder

Dette alternativet er meget likt AT-system med enkel negativleder, forskjellen er at det istedenfor en negativleder på 240 Al (ekvivalent kobberversnitt) har to atskilte ledere på 70 Al (ekvivalent kobberversnitt). Oppheng og avstand vil være et spørsmål om optimalisering for å få impedansen, både real og imaginærdel, til å bli symmetrisk med den i kontaktledningen. Dette systemet gir den store fordel at impedansen blir redusert med hele 20 % i forhold til alternativ med en negativleder. Systemet vil dermed gi ytterligere spenningsstivhet. Samme avstand mellom AT-stasjoner og øvrig utrustning som for alternativ med enkel negativleder.

Karakteristika for dette AT- systemet kan oppsummeres med:

- Symmetrisk impedans som i følge [ 4] vil gi mindre fare for induksjon i lange parallelle kabler. Dette er en fordel for signal- og sikringsanlegg samt teleinstallasjoner.
- En får 20 % mindre impedans enn AT-system med en negativleder.

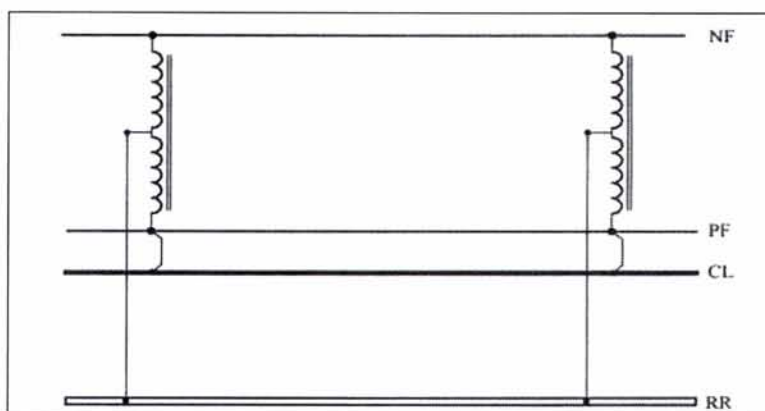
### 7.2 AT-system med dobbel negativleder og enkel positivleder

Dette systemet vil bestå av to negativledere med tverrsnitt 240 Al (ekvivalent kobberversnitt) og en positivleder med same tverrsnitt, slik som vist i figur 7-1 nedenfor. Strømmen vil tendere mot å gå i negativ- og positivlederne fordi disse kan plasseres nært hverandre og de vil dermed ha en mindre reaktans enn når strømmen tar vegen om kontaktledningen.

Karakteristika for dette AT-systemet:

- Lav impedans og stor overføringsevne.
- Kan være mulighet for å sette negativ- og positivleder opp slik at en kan ha disse lederne innkoblet ved utkobling av kontaktledningen.
- Det mest kostbare av AT-systemene som er undersøkt.





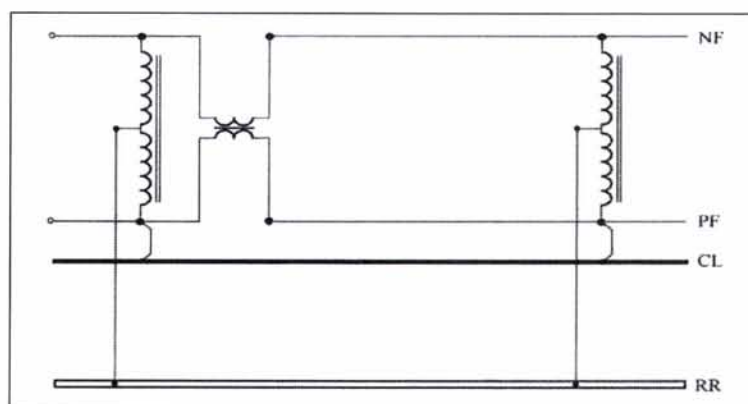
Figur 7-1 AT-system med negativ- og positivleder. Negativleder (NF) må være dobbel med en hvis avstand mellom hver leder for å få tilstrekkelig impedanssymmetri. Tilpasning av ledernes innbyrdes avstand er en egen optimaliseringsstudie.

### 7.3 AT-system med negativ- og positivleder og strømbalansetransformator

Strømbalansetransformatorer (CUS) gjør at dette AT-systemet ikke trenger å ha ledere dimensjonert for å gi symmetrisk impedans, men at tverrsnittet kan være bestemt ut fra kriterier som spenningsfall og/eller tapskostnader. En kan muligens også øke avstanden mellom AT-stasjonene. Bakdelen er flere komponenter og dermed et noe mer komplisert system. Nedenfor viser figur 7-2 oppbyggingen av dette systemet.

Karakteristika for dette AT-systemet:

- Strømbalansetransformatoren gjør at en kan velge ledere (NL og PL) med tverrsnitt mer tilpasset belastningsstrømmen. I systemet med en eller to negativledere er tverrsnittet større enn nødvendig for å oppnå balansert impedans.
- Ikke nødvendig å plassere en eller to negativledere i en spesiell konfigurasjon i forhold til kontaktledningen.
- En kan plassere negativ- og positivleder nært hverandre og høyere opp i masten, dermed oppnåes det et lavere magnetisk felt.
- En kan koble ut kontaktledningen og samtidig ha forbimating i negativ- og positivleder. Ved at disse kan plasseres høyt i masten kan arbeid gjøres sikkerhetsmessig forsvarlig.
- Optimalisering av dette systemet kan gi gode elektromagnetiske forhold.
- Muligheter for at avstanden mellom autotransformatorene kan gjøres større enn 10 km.



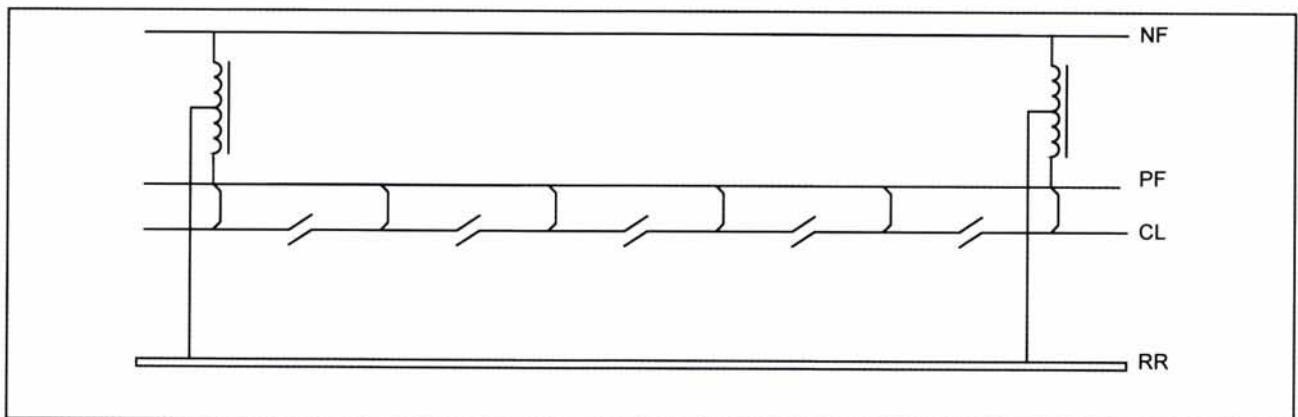
Figur 7-2 AT-system med positivleder og strømbalansetransformator. For hver autotransformator er det en strømbalansetransformator som virker på samme måten som en sugetransformator.

### 7.4 AT-system med seksjonert kontaktledning

Et spesielt alternativ for AT-system er fremkommet under arbeidet med de forskjellige konseptene, dette er beskrevet som AT-system med seksjonert kontaktledning, se figur 7-3. Systemet har negativ- og positivleder men ikke strømbalansetransformator, allikevel er det tenkt å gi de samme fordelene som system med denne enheten. Grunnen til dette er at en seksjonert kontaktledning som figuren viser, forhindrer strømmen fra å gå i denne, unntatt på de delene av den der det er tog. Hvis tverrsnittet for negativ- og positivleder kan velges med samme kriterier som for system med strømbalansetransformator, får en altså fordelene med dette AT-systemet uten denne komponenten.

Karakteristika for dette AT-systemet:

- En kan velge ledere (NL og PL) med tverrsnitt tilpasset belastningsstrømmen. I systemet med en eller to negativledere er tverrsnittet større enn nødvendig for å oppnå balansert impedans.
- Ikke nødvendig å plassere en eller to negativledere i en spesiell konfigurasjon i forhold til kontaktledningen.
- En kan plassere negativ- og positivleder nært hverandre og høyere opp i masten, dermed oppnåes det et lavere magnetisk felt.
- En kan koble ut kontaktledningen og samtidig ha forbimating i negativ- og positivleder. Ved at disse kan plasseres høyt i masten kan arbeid gjøres sikkerhetsmessig forsvarlig.
- Hvis hver forbindelse mellom positivleder og ledningspart av kontaktledning utstyres med skillebryter kan en koble ut bare en liten del av denne ved arbeid eller ettersyn.
- Muligheter for at avstanden mellom autotransformatorene kan gjøres større enn 10 km.
- Det går strøm bare i den ledningsparten av kontaktledningen der det går tog, for resten av distansen mellom to AT-stasjoner vil strømmen gå i negativ- og positivleder. Dette vil nok føre til enda mindre magnetiske felter enn noen av de andre systemene.



Figur 7-3 AT-system med negativ- og positivleder der kontaktledningen er seksjonert.

### 7.5 Kostnader for alternativene

Nedenfor viser tabell 7-1 kostnader forbundet med de forskjellige alternativene for AT-system. Kostnadene er delt inn i investeringer og fornyelser. Fullstendig beregningsgrunnlag finnes i egen rapport [ 5] der de forskjellige alternativene blir sammenlignet teknisk og økonomisk. I tabellen er det også brukt de forkortet engelsk betegnelse på alternativene slik som forskjellige rapporter bruker. De to siste alternativene, system "ATPF with CUS 10,0 km" og "ATPF sectional CL 10,0 km" har høyere master for kontaktledningen enn de andre alternativene, slik at utkobling av kontaktledning og arbeid på denne kan skje samtidig med spenning på negativ- og positivleder.



System med seksjonert kontaktledning kan vise seg å gi akkurat de samme fordelene som system med strømbalansetransformator (CUS) men til en lavere kostnad.

Tabell 7-1 Kostnader for de mest aktuelle alternativene for AT-system, for strekningen Tangen – Lundamo. Kostnadene for investering og fornyelse av kontaktledningsanlegget. Investeringene gjelder den delen av kontaktledningsanlegget som forsterker anleggene i forhold til dagens anlegg, således er kostnader forbundet med å forsterke omformere ikke inkludert.

System Tangen - Lundamo		AT-system med enkel negativleder	AT-system med dobbel negativleder	AT-system med dobbel negativ og positivleder	AT-system med innebygget CUS/AT negativ- og positivleder og 10 km mellom AT-stasjoner	AT-system med seksjonert kontaktlednin g, negativ- og positivleder, 10 km mellom AT-stasjoner
Forkortet systemnavn		AT singel 10 km	AT double NF	ATPF	ATPF with built-in CUS 10 km	ATPF sectional CL 10 km
Kostnad	Investering	111,0 mill	119,4 mill	129,3 mill	140,3 mill	121,2 mill
	Fornyng	1 066,9 mill	1 062,3 mill	1 092,2 mill	1 086,2 mill	1 086,2 mill
<b>Sum kr</b>		<b><u>1 177,9 mill</u></b>	<b><u>1 182,4 mill</u></b>	<b><u>1 221,5 mill</u></b>	<b><u>1 226,5mill</u></b>	<b><u>1 207,4 mill</u></b>

En del kostnadsforskjeller kan sees ut fra tabellen og er også kommentert i [ 5] ut fra de øvrige kalkylene:

- Forskjellen mellom det mest kostbare og billigste alternativet er 48,6 mill kr, eller 4,1 %
- Kalkylene viser at AT-system med dobbel negativleder bare kommer til å koste totalt 4,5 mill kr mer enn AT-system med enkel negativleder. I prosent utgjør forskjellen for samlet kostnad ca 0,4 %. Grunnen til denne lille kostnadsforskjellen er at selv om det blir noe høyere kostnader for dobbelt så mange isolatorer for oppheng av negativledere koster aluminiumsledere for doble negativledere, type nr 70 Al, såpass mye mindre enn type nr 240 Al for enkel negativleder.
- Alternativet med seksjonert kontaktledning som er ment å gi de samme egenskapene som AT-system med negativ- og positivleder og strømbalansetransformator (CUS), og som en ser er kostnadsforskjellen 19,1 mill kr, eller 1,6 %
- AT-system med negativ- og positivleder og seksjonert kontaktledning uten høyere master (og dermed uten mulighet for å koble ut kontaktledning og ha spenning på negativ- og positivleder) vil få en fornyelseskostnad på 1065,1 mill kr. Samlet kostnad kommer da på 1186,3 mill kr, som gjør dette systemet 21,1 mill kr billigere. Det vil da koste 3,9 mill kr mer enn AT-system med dobbel negativleder, dette er så liten forskjell at tekniske forhold alene kan avgjøre valget.

## 7.6 Fornyng av roterende omformere på lang sikt

I Hovedplanen er kostnadene med fornyng av omformerstasjonene ikke sett på, men om en del år, anslagsvis 20 til 30 år, vil det bli nødvendig å skifte ut alle de roterende omformerne. Disse vil da ha en alder på 50 år og mer, og levetiden er da sannsynligvis utløpt. Det kan være aktuelt å



fornye omformerne med enten statiske- eller roterenneaggregater, men for kostnadsoverslaget her antas det første.

Bane Energi foretar vurderinger for å kunne redusere antallet omformere i fremtiden. Dette vil selvfølgelig redusere kostnadene ved fornying og drift, men dette må også sees opp mot konsekvensene ved utfall av en hel omformerstasjon, hvor ofte og hvor lang tid utfall kan forventes å skje. I [ 5] er det gjort beregninger som viser investeringer og kostnader for fornyelser når banestrømforsyningen skal forsterkes og omformeren fornyes til å kunne kjøre med 50 % tyngre godstog, dagens ruteplan og en såkalt kapasitetsoptimal ruteplan, og moderne lokomotiver (EG3100) for godstogene. Nedenfor viser tabell 7-2 en sammenligning for noen få, men sannsynligvis mest aktuelle systemer for banestrømforsyningen i fremtiden. Dette er en oppstilling av resultatene for avsnitt 7.5 og den omtalte rapporten.

Tabell 7-2 Sammenligning av kostnader for en del alternativer for AT-system når en fullstendig fornying av omformerstasjoner skal skje på strekningen Tangen – Lundamo. Det er også sett på alternativer der avstanden mellom omformerstasjonene kan økes fra 80 til 160 km. Kostnader for fornying av omformere er det antatt behov for aggregatytelse med moderne lokomotiver og 50 % lastøkning for godstogene. Bare de systemene som har størst muligheter for å gjøre en slik reduksjon for er tatt med. Kolonnen kalt "investering" viser kostnader bare for kl-anlegget.

System Tangen - Lundamo	System med 80 km (eller kortere) mellom omformer stasjonene				System med 160 km mellom omformerstasjonene			
	Konven- sjonell bane- strøm- for- syning	AT- system med dobbel negativ- leder	AT- system med CUS negativ- og positiv- leder	AT- system med sek- sjonert kontakt- ledning	AT- system med dobbel negativ og positiv- leder	AT- system med dobbel negativ- leder	AT- system med CUS negativ- og positiv- leder	AT- system med sek- sjonert kontakt- ledning
Investering	-	120,1	136,1	121,2	130,0	120,1	136,1	121,2
Fornyng	1 123,7	1 062,3	1 086,2	1086,2	1 092,2	1 062,3	1100,6	1100,6
Fornyng av omformere	448,2	371,1	371,1	371,1	352,9	352,9	352,9	352,9
<b>Sum [mill kr]</b>	<b><u>1 571,9</u></b>	<b><u>1 553,5</u></b>	<b><u>1 593,4</u></b>	<b><u>1 578,5</u></b>	<b><u>1 575,1</u></b>	<b><u>1 535,3</u></b>	<b><u>1 589,6</u></b>	<b><u>1 574,7</u></b>

Noen interessante forhold når det gjelder forsterket banestrømforsyning som kan kommenteres er:

- Konvensjonell banestrømforsyning er totalt 18,4 mill kroner, eller 1,2 % mer kostbar enn AT-system med dobbel negativleder og 80 km mellom omformerne.
- Konvensjonell banestrømforsyning er 36,6 mill kroner, eller 2,3 % mer kostbar enn AT-system med dobbel negativleder og 160 km mellom omformerne.
- AT-system med dobbel negativleder vil koste totalt 21,5 mill kr mindre om avstanden mellom omformerstasjonene økes fra 80 til 160 km, dette utgjør kun 1,4 %. Dette er en meget liten forskjell og en kan da tvile på om det finnes gode nok argumenter for ikke å beholde dagens avstand med 80.
- System med dobbel negativ og en positivleder har i de andre sammenligningene vist seg som et kostbart alternativ. Men i alternativet med 160 km mellom omformerne blir systemet en del billigere enn system med strømbalansetransformator.



- System med negativ og positivleder og strømbalansetransformator har en kostnad bare 3,8 mill kr mer om systemet endres fra 80 km mellom omformerstasjonene til 160 km. Noe av grunnen til dette er at en går fra Al 95 ledere til Al 240 for negativ- og positivleder ved økning til 160 km mellom omformerne.
- Med seksjonert kontaktledning og 160 km koster AT-system bare 3,8 mill kr mindre enn om det samme systemet dimensjoneres for 80 km mellom omformerstasjonene. Igjen er noe av grunne økning av tverrsnittet fra Al 95 leder til Al 240.

## 7.7 Andre systemvalg som får betydning for kostnadene

### 7.7.1 Strømbegrensere i omformeraggregatene

Med den omfattende kjøringen av doble E116 lokomotiver og tunge godstog som Hovedplanen legger opp til er det nødvendig å sette inn omformeraggregater med større ytelse enn hva en har i dag. Selv om lokomotivene kjører med pådragsbegrensning (ikke mer en maksimalt 70 % pådrag) og en innfører AT-system, ser det ut til å være nødvendig med aggregater på 2 x 7 MVA på Tangen, Fåberg og Fron, og 2 x 10 MVA aggregater på Dombås, Oppdal og Lundamo. Så store aggregater vil det bli vanskelig å fremskaffe og det har derfor vært foreslått å utvikle en funksjon som begrenser belastningen i aggregatene. Denne funksjonen kan realiseres som et organ som står i forbindelse med spenningsregulatoren og begrenser magnetiseringsstrømmen ved høy temperatur eller store strømmer i stator- og/eller rotoviklingene. Eventuelt kan begge kriteriene benyttes samtidig.

Med redundanskriteriet som brukes ved bestemmelse av størrelsen av aggregater i en omformerstasjon skal ikke det gjenværende aggregatet falle for overlast om et av dem kobles ut (ved for eksempel en intern feil). For å oppfylle dette kriteriet må vanligvis to aggregater i en stasjon ikke belastes mer en 50 – 60 % til sammen for høyeste 6 minutters og times verdi.

Hovdeplanen [ 1] og simuleringsrapporten [ 2] gir en antydning om hvor stor installert ytelse en vil trenge i omformerstasjonene med denne funksjonen. Og det er antydning at en kan sette inn aggregater på 2 x 7,0 MVA i Tangen, Dombås, Oppdal og Lundamo og enheter på 2 x 5,8 MVA i Fåberg og Fron. Hvis en skal dimensjonere aggregatene for å kjøre med moderne lokomotiver (EG 3100) kan ytterligere reduksjoner gjøres.

Det er også mulig å vurdere å endre redundanskriteriet slik at en tillater stor belastning av aggregatene selv i høyeste 6 minutters og times verdi. Anta at 70 – 80 % belastning kan tillates, men en kan da løpe en stor risiko i det tilfelle at et aggregat faller (på grunn av intern feil eller overbelastning når et stort godstog akselererer rett ved stasjonene (utkjøring)) i en stasjon og det gjenværende kobles ut for overlast. Med et AT-system vil det da bli 160 km mellom operative omformerstasjoner, og sannsynligvis vil ikke spenningen bli så lav at togene ikke kan gå. Men de to operative nabostasjonene vil få øket belastning, og om en er inne i en høylastperiode kan en få eskalerende overbelastning. Den ene stasjonen etter den andre faller for overlast.

En funksjon for å begrense belastningen vil være fordelaktig også for godstogtrafikken for det som i Hovedplanen er kalt løsning på kort sikt. Ved kjøring av noen få doble E116 lokomotiver og tunge godstog vil en alltid ha problemet med "utkjøring" av aggregater, når disse godstogene krysser med andre tog og akselererer rett utenfor en omformerstasjon. Problemet med "utkjøring" er overbelastning slik at overstrømsvernet feilaktig kobler ut aggregater. Selv om disse automatisk kobles inn igjen noen sekunder etter utfall er dette problematisk for togtrafikken. Dersom et aggregat kobles ut på grunn av alvorlig feil, kan en ikke koble dette inn uten at en manuelt kvitterer ut feilen i stasjonen.

Undersøkelser av og simuleringer med slike temperatur- og strømbegrensere er tidligere utført for omformerstasjonene i Oslo området i [ 8]. Simuleringene viste at begrensere på en enkel måte forhindrer overbelastning av omformerstasjoner med høy belastning og for Oslo sin del kan være



et billig alternativ til å øke omformerkapasiteten. Det bør derfor utredes videre om slike begrensere også kan benyttes på fjernstrekningene i forbindelse med AT-system på bakgrunn av problemstillingene nevnt over.

### 7.7.2 Avstand mellom AT-stasjonene

En vil kunne gjøre en del besparelser hvis det kan vise seg å være mulig å øke avstanden mellom autotransformatorene en del. Studier som ser på blant annet elektromagnetiske forhold vil kunne være med på å avgjøre om dette er mulig i forhold til sameksistens andre systemer. For eksempel kan en spare 25,2 mill kr for totale kostnader om en øker avstanden fra 10 km til 16 km for system med negativ- og positivleder og strømbalansetransformator. I prosent av totale kostnader utgjør dette 2,1 %. For system med seksjonert kontaktledning utgjør forskjellen 1,6 % av totale kostnader. I tillegg vil en få årlige reduksjoner av driftskostnadene.

### 7.7.3 Innebygde strømbalansetransformatorer

Om enhetene strømbalansetransformator og autotransformator (og i noen alternativer også balansetransformator, BC) er innbygget i en og samme enhet eller som separate enheter vil ha en viss betydning for kostnadene. I [ 5] er det funnet å koste noe mer for innebygde enheter, men her er det snakk om budsjettpriser for enheter som aldri før er bygget, så disse kostnadsforskjellene vil være nokså usikre. Uansett kan det se ut som at AT-system med seksjonert kontaktledning vil være et alternativ med de samme fordelene som strømbalansetransformatoren er ment å gi.

### 7.7.4 Gjennomføring av ekstra høyspentledere gjennom tunneler

En egen rapport [ 6] er gjort der en ser på muligheter og kostnader forbundet med å føre en negativleder (nr 240 Al) gjennom tunnelene på Bergensbanen. Forskjellige tekniske løsninger ble undersøkt og en ser snart at det vil være noe mer komplisert å føre en høyspentkabel gjennom tunnelene enn returledere for konvensjonelt system. Årsaken til dette er at en returleder har samme spenningspotensial som jord og dermed ikke noe tykk isolasjon. En høyspentkabel for denne spenningen har derimot både tykk isolasjon med skjerm og armering. Den er dermed ikke så enkel å bøye og feste langs råsprengte tunnelvegger.

I dette arbeidet kom en frem til noen tekniske løsninger og en skulle ikke tro at fremføring av to ledere, om en velger alternativet med negativ- og positivleder skulle bli særlig vanskeligere. Med AT-system med doble negativledere kan en nok uansett gå over til en leder med kabel i tunnelene. De forskjellige alternativene var; kabel oppheng i egen bærewire, selvbærende kabel, blank leder i store tunneler og kabel i plastkanal. Det var visse kostnadsforskjeller, med kabel i plastkanal som det dyreste. På Dovrebanen er det imidlertid såpass få og korte tunneler at dette ikke blir noe viktig kostnadsspørsmål.

### 7.7.5 Oljefylte transformatorer fremfor kabelisolerte får stor betydning for kostnadene

Kabelisolerte autotransformatorer ble sett på som en fordel fordi det ikke er nødvendig å ha oljeoppsamlingsbrønn under kiosken om en velger disse, samt at de er mer miljøvennlige og krever lite vedlikehold. I ettertid har en fått god erfaringer med konvensjonelle transformatorer der det istedenfor mineralolje brukes naturlige oljer. Ved å benytte en blanding av matoljer (soyaolje, rapsolje, etc.) oppnår en de samme egenskapene som mineralolje har, men olje vil være nøytral for miljøet om den lekker ut. Oljebraønn kan dermed sløyfes. Oljefylte transformatorer koster i seg selv mindre enn kabeltransformatorer, i tillegg kan også store kostnadsbesparelser gjøres om en unngår oljebraønnen.

Fra [ 5] er besparelsen funnet til å bli ca. 26 % for oljefylte transformatorer, i forhold til kabelisolerte. Besparelsen i prosent for hele banestrømforsyningen med AT-system med dobbel negativledning på Dovrebanen og fornying av omformerne med 80 km mellom, blir ca 4 %. Dette



er altså en ikke ubetydelig besparelse, og den før faktisk enda større kostnadmessig betydning enn valget mellom forskjellige alternativer for AT-system. Bruk av naturlig olje og utelatelse av oljebrønn vil gi yterlige besparelser.

### 7.7.6 Stordriftsfordeler og disponeringstid

Prisen for komponenter til kl-anlegget vil være meget avhengig av leveringsomfang og kvanta. Kostnadene for bygging av anleggene vil på samme måte være avhengig av hvor store strekninger som bygges under ett, fordi brakker og maskiner kan brukes over lengre tid. Andre faktorer er at mannskapene får erfaring og rutiner som gir effektivitet. Dette og flere andre ting gir stordriftsfordeler som får kostnadene ned.

En annen viktig ting er disponeringstid når det skal bygges nye anlegg på strekninger som samtidig er trafikkert. På mange strekninger kan en i dag bare få uforstyret arbeidstid i bare noen få timer av gangen. Hvis en kan få økt denne tiden fra for eksempel 6 til 8 timer vil det få stor betydning. Det burde undersøkes om det var mulig å lage egen ruteplan som tar hensyn til at kl-anlegget skiftes ut, slik at disponeringstiden på den aktuelle strekningen blir lengst mulig. En ide kunne også vært å overføre noe av godstrafikken på Rørosbanen, sannsynligvis ville det betyde en del om bare et eller to godstog kunne kjørt over denne.

### 7.7.7 Elektromagnetiske forhold

Følgende fordeler kan oppsummeres for alle alternativene for AT-system:

- Effekten overføres med det dobbelte av normal spenning til de to autotransformatorene som er nærmest toget. Dette reduserer spenningsfallet, øker overføringsevnen og gir reduserte tap.
- Strømmen overføres med to lederer atskilt fra jord frem til de to autotransformatorene som er nærmest toget. Ved at det i prinsippet ikke overføres strøm i skinnene på en strekning mellom to autotransformatorer uten tog, vil det ikke gå strøm til jord som i et konvensjonelt system med retur i skinnene.

Følgende ulemper kan oppsummeres:

- I en seksjon mellom to autotransformatorer hvor det går tog, vil noe av returstrømmen ta vegen ned i bakken. Denne jordstrømmen er kilde til induksjon i telefonlinjer som føres nært jernbanen. Men på en strekning mellom to autotransformatorer vil denne returstrømmen gå i hver sin retning, dermed vil induksjonen i en langsgående telefonlinje virke i motsatte retninger. Dette gjelder i alle fall for en telefonlinje som går hele strekningen mellom to auto- transformatorer. Induksjonen avhenger av togets posisjon i forhold til autotransformatorene og avstanden mellom dem.
- På grunn av kortslutnings- og magnetiseringsimpedansen i transformatorene går det en jordstrøm også i seksjoner mellom autotransformatorer der det ikke går tog. En kan si at balansert strøm (mellom CL og RR/jord) ikke blir fullkomment konvertert til balansert strøm (mellom CL og NF).
- På grunn av ulik impedans i CL og NF vil det gå en usymmetrisk strøm i disse lederne. Referert til systemet med symmetriske komponenter kalles dette for en nullsystemstrøm;  $2 \times I_0$ . Denne strømmen går i samme retning i CL og NF og returnerer i skinne (RR) og jord.
- Selv om impedansen i CL og NF er symmetriske vil det kunne skje at en del strøm overføres i skinnene fra naboseksjoner uten tog, til seksjonen der det går tog. Spesielt om tog trekker



stor strøm kan dette skje. Det samme fenomenet vil skje ved omformerstasjonen der en del strøm vil gå i skinnene selv om det ikke er tog i seksjonen nærmest denne.

- Skinnepotensialet eller spenningen mellom skinne og jord er en annen viktig faktor, denne er avhengig av avstanden mellom AT-stasjonene og motstanden (eller konduktiviteten) mellom skinne og jord. Denne spenningen er større for AT-system enn for konvensjonelt system, med 3 km mellom hver sugetransformator.

AT-system med enkel negativleder gjør at disse ulempene kan få betydning, mens system med dobbel negativleder eller negativ- og positivleder er ment for å kompensere disse. System med dobbel negativleder er i bruk hos Banverket og vil med all sannsynlighet også virke tilfredsstillende for norske forhold. Forskjellige alternativer for AT-system med negativ- og positivleder, enten strømbalansetransformator eller seksjonert kontaktledning, må underkastes videre undersøkelser vedrørende disse viktige forholdene. Men i utgangspunktet kan en anta at disse to hovedtypene av systemer er like med hensyn på disse forholdene.

### 7.7.8 Valg av tverrsnitt for negativ- og positivleder

Med AT-system med enkel negativleder må denne være en 240 Al leder (ekvivalent kobberversnitt), mens med dobbel negativleder må disse være 2 x 70 Al ledere (ekvivalent kobberversnitt), dette for at en skal få symmetrisk impedans med kontaktledningen. Imidlertid kan det være at andre teknisk/økonomiske krav tilsier at andre ledertverrsnitt kunne vært foretrukket. System med strømbalansetransformator eller seksjonert kontaktledning og negativ- og positivleder gjør at disse lederne kan dimensjoneres ut fra andre kriterier. I [ 5] ble det antatt at ledere på 95 Al var passelig for negativ- og positivledere, men om en skulle øke avstanden mellom omformerne til 180 km kunne nr 240 Al ledere være realistisk. Det var da valgt tverrsnitt ut fra hva en viste fra tidligere simuleringer om spenning og togtrafikk.

Dimensjonerende trafikk og kvalitetskriterier for spenningen for togene vil være avgjørende, men det kan tenkes at det innenfor dette også kan gjøres valg med hensyn på andre faktorer. En er selvfølgelig interessert i så lave kostnader som mulig og dermed så lite tverrsnitt som mulig, men tverrsnitt bestemt av tapskostnader ved en gitt trafikk og en hvis energikostnad er et mulig optimaliserings kriterium. Egne studier på dette bør gjøres om et AT-system med negativ- og positivleder blir funnet best egnet.

### 7.7.9 Mulighet for utkobling av kontaktledning og dobbeltsidig mating

Ved vedlikehold og ettersyn av kontaktledningen kan det være fordelaktig om spenningen på negativ- og positivleder kan være innkoblet, slik at fremføring av tog kan skje mest mulig uforstyrret på begge sider av bruddstedet. Med innkoblet negativ- og positivleder får en dobbeltsidig mating og dermed stivere spenning enn om matingen skjer bare fra en omformer. I praksis vil fordelene være at togene kan fremføres til nærmeste stasjon til bruddstedet uten at spenningen blir så lav at for eksempel større godstog ikke får nødvendig trekraft.

Det vil sannsynligvis bare være mulig å ha spenning på negativ- og positivleder om det foretaes ettersyn og enklere vedlikehold på kontaktråd og bæreline. Om utskifting av direksjonsstag og andre deler av komponentene i mastene skal skje vil det nok være altfor stor risiko for å komme i berøring de spenningsførende lederne. Dette gjelder selv om disse plasseres på andre siden av mastene og relativt høyt oppe. Hvis en skulle plassere disse så langt unna kontaktledningen at de fleste typer arbeid kan skje måtte mastene sannsynligvis være meget høye, og dermed kostbare. Erfaring tilsier at nedrivning av kontaktledning og andre tilfeller der direksjonsstag etc. må repareres vil skje sjeldent med moderne kl-anlegg med stålmaster. Dermed er behovet for å gjøre denne typen arbeid ikke så stort, men enklere vedlikehold og ettersyn av kontaktledningen skjer på årlig basis.



Det som til sist må avgjøre om en skal bygge et AT-system med muligheter for dobbeltsidig mating må være hvor stiv spenningen vil være ved ensidig, kontra dobbeltsidig mating. Egne undersøkelser må gjøres, men det kan godt tenkes at med 80 km mellom omformerstasjonene blir spenningen uansett så god med AT-system at ensidig mating ikke blir noe problem. Da ser det ut til at AT-system med dobbel negativleder er det mest aktuelle valget. Kanskje vil det bare være om en øker avstanden til 160 km mellom omformerstasjonene at enkeltidig mating blir et problem. Går en inn for denne lange avstanden mellom omformerne og setter dobbeltsidig mating som et krav, er det sannsynligvis bare alternativet med negativ- og positivleder og enten strømbalanse-transformatorer eller seksjonert kontaktledning som er aktuelt.

#### **7.7.10 Utredning av andre alternativer for banestrømforsyningen**

Bane Energi gjør en egen studie der de ser på alternativer for banestrømforsyningen som kan redusere antallet omformestasjoner. Motivasjonen for dette er å redusere kostnadene ved en fremtidig utskifting av dagens omformeraggregater, samt reduksjon av vedlikeholdskostnadene ved et mindre antall enheter. Det som undersøkes og sammenlignes med konvensjonell banestrømforsyning, er fjernledning med en overføringsspenning på 66 kV den ene siden og AT-system.

Det er ikke sett på muligheter for trase for å fremføre en egen fjernledning, men sannsynligvis skal det bli meget vanskelig å få aksept for å bygge en slik linje over nasjonale verneområder som Dovrefjell og Fokstummyra. Det vil også måtte påregnes meget omfattende behandlingstid ved forhandlinger og erstatningskrav fra private grunneiere for å få bygget en slik linje. AT-system må dermed sees på som det mest realistiske alternative for å få høyere overføringsspenning og eventuelt økt avstand mellom omformerne.

#### **7.8 Oppsummering**

En kan ikke se at noe annet system en AT-system kan være bedre egnet for å kunne tillate den store økningen av godstrafikken som er fastsatt av Stortinget og som CargoNet ønsker å fremføre så snart som mulig. Ikke bare vil AT-systemet koste omentrent det samme som en tilsvarende forsterkning av konvensjonelt system for banestrømforsyningen, men det vil gi lavere årlige driftskostnader og mindre overføringstap. Sannsynligvis vil det også gi bedre tilgjengelighet, altså at feil oppstår sjeldnere ved at det er færre komponenter.

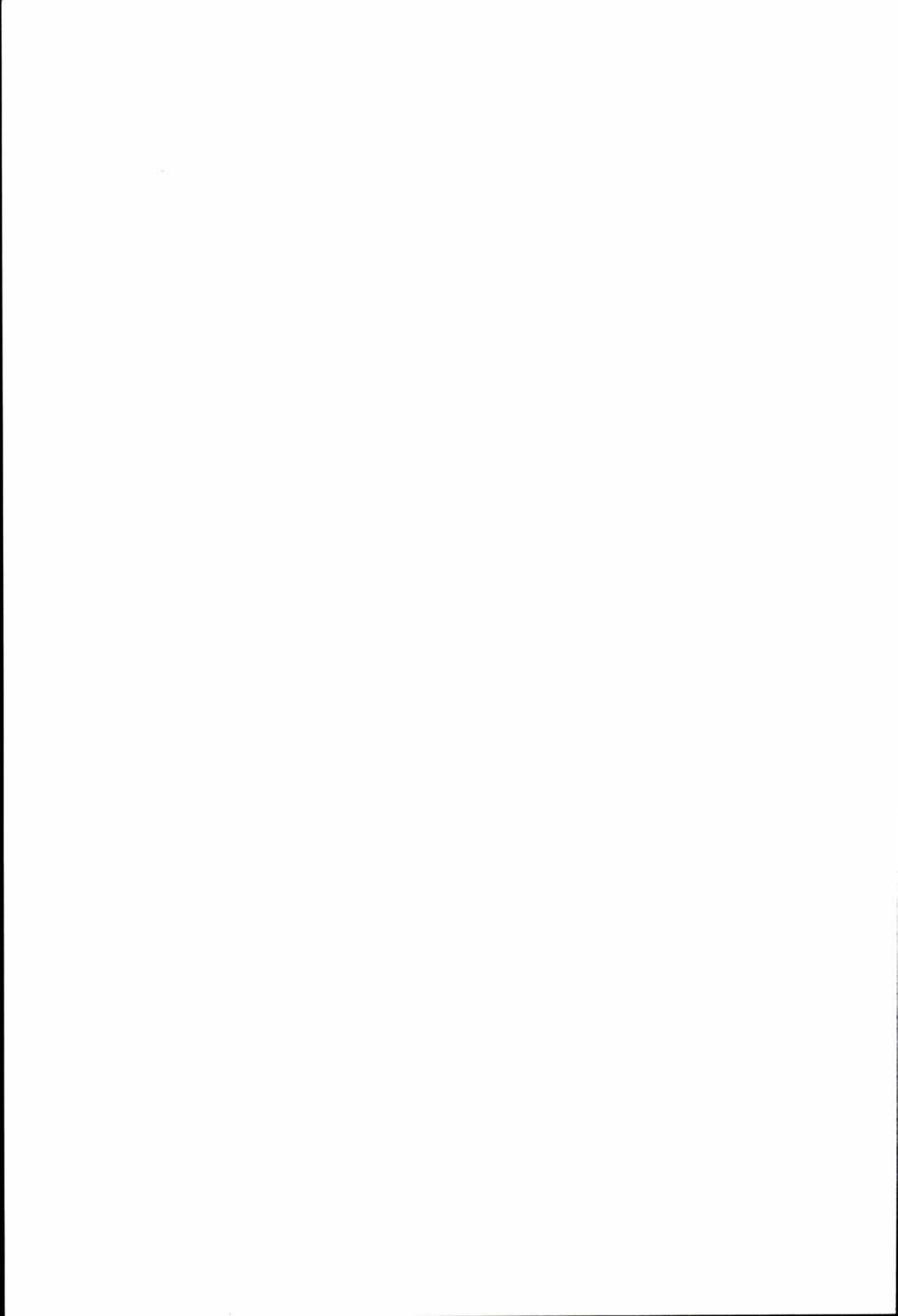
Mange utredninger er gjort vedrørende AT-system og valg av alternativ. Også flere viktige valg og forslag til løsninger står igjen. Den viktigste faktoren som vil få betydning for valg av alternativ er om avstanden mellom omformerstasjonene i fremtiden kan økes fra dagens 80 km til 160 km. Denne økningen av avstanden kan ikke komme før en eventuelt skal fornye omformerne og det kan settes inn betydelig større aggregater. Det kan sannsynligvis heller ikke skje før en har faset ut El16 lokomotivene og erstattet disse med moderne enheter som vil ha en effektfaktor lik 1,0. Nytt kl-anlegg med AT-system som også tillater den ønskete økningen av godstrafikken må også komme på plass.

Valget vil da sannsynligvis stå mellom AT-system med dobbel negativleder som kan være best egnet for en avstand på 80 km mellom omformerne, eller alternativ med negativ- og positivleder som kan gi mulighet for forbimating/dobbeltsidig mating ved utkobling av kontaktledningen, som kan bli helt nødvendig ved overgang til 160 km mellom omformerne. En rekke andre systemløsninger vil måtte komme på plass i tiden fremover.

## 8. Referansedokumenter

- [ 1 ] Hovedplan for banestrømforsyningen på Dovrebanen
- [ 2 ] Simuleringsrapport- Fase 2 Banestrømforsyningen på Dovrebanen
- [ 3 ] Jernbaneverket Region Øst, *Vognlast 2020? – Et forsøk på å forutsi vognlastens fremtid på norske spor*. Utgitt 2003-09-03, revidert 2003-09-25.
- [ 4 ] "Comparison of the BTRR, BTRC and the AT Traction Feeding Systems in Norway" by György Varjú and Franc J. Sollerkvist.
- [ 5 ] "Autotransformator for norske forhold - Teknisk/økonomisk sammenligning av forskjellige konsepter for AT-system"
- [ 6 ] Autotransformatorsystem for norske forhold - negativleder i tunneller, Jernbaneverket - Hovedkontoret, 2003.
- [ 7 ] Jernbaneverket Region Øst, *Vognlast 2020? – Et forsøk på å forutsi vognlastens fremtid på norske spor*" Revidert versjon av 2003-09-25.
- [ 8 ] "Spenningsregulator med statorstrøm- og feltstrømbegrensning for jernbanens roterende omformere" av Steinar Danielsen. Hovedoppgave ved NTNU, Institutt for elkraftteknikk, 11. juni 2002.





## **9. Vedlegg**

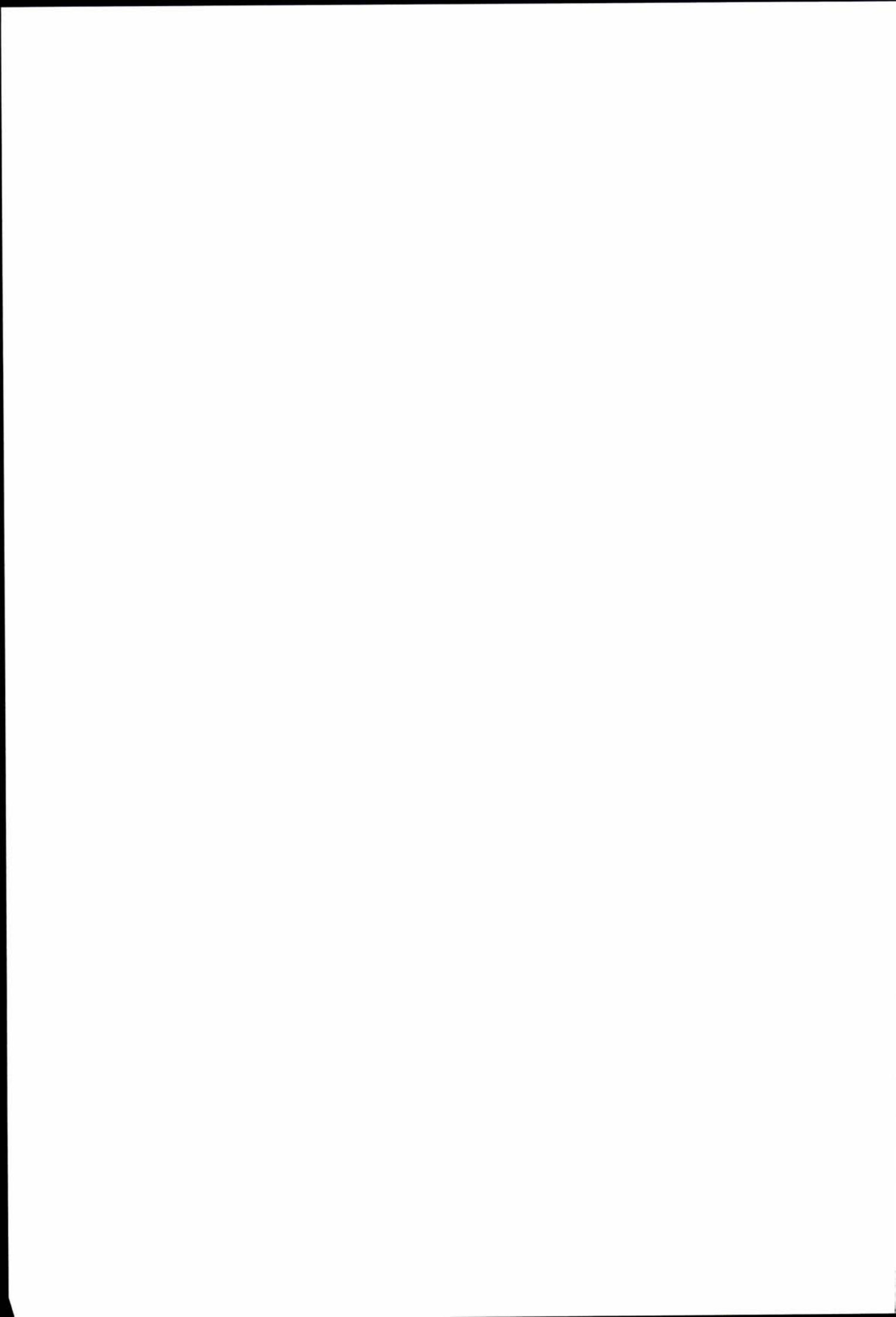
Vedlegg 1. Møtererferat fra møte mellom prosjektet og trafikkledelsen i CargoNet AS 2003-10-08

Vedlegg 2. Grov endringsanalyse AT-systemet

Vedlegg 3. Oversikt kryssningsspor Eidsvoll – Trondheim

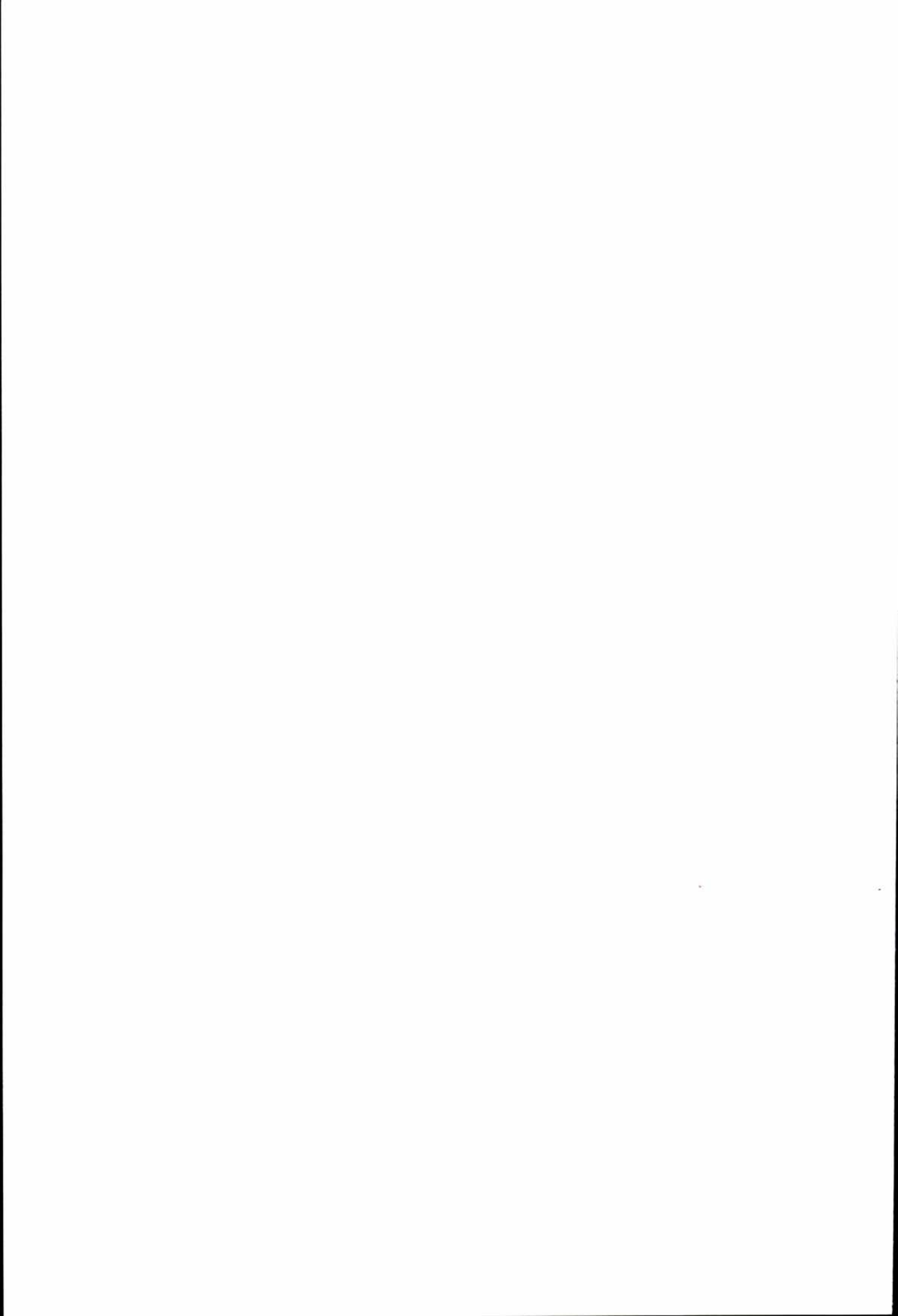
Vedlegg 4. Oversikt over gjenstående arbeid og utredninger for AT-system





## Vedlegg 1:





## Møtereferat

Møte nr.: 01

Møte: CargoNets planer for fremtiden - Dovrebanen

Saksref.: 03/7661 SBP145

Sted: BanePartner, Stortorvet 7, 4 etasje

Møtedato: 2003-10-08

Referent: Frode Dahl og Steinar Danielsen

Antall sider inkl. denne: 4

Deltakere: Viggo Rasmussen og Arne Dalen, CargoNet AS  
 Johan Anton Wikander, Jernbaneverket Region Nord  
 Frode Nilsen, Jernbaneverket Hovedkontoret Planforvaltning  
 Frode Dahl og Steinar Danielsen, Jernbaneverket BanePartner

Fravær:

Kopi til:

Sak nr.:	Saker til behandling	Ansvar	Frist
	<p><b><i>Innledning</i></b></p> <p>Møtets hensikt var å få innspill fra CargoNet omkring elektriske lokomotiver og transportmønster til Hoveplannotat Banestrømforsyning Dovrebanen. Konkret ble følgende momenter utdypet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planer for utfasing og erstatning av El14</li> <li>2. Planer for utfasing og erstatning av El16</li> <li>3. Planer for anskaffelse/leie av nye elektriske lok</li> <li>4. Planer for anskaffelse/leie av Rc-lok (eventuell samkjøring/samturnering med GreenCargo)</li> <li>5. Begrunne CargoNets ønske om forsert utbygging av AT-system</li> <li>6. CargoNets planer for trafikk/transportmønster på Dovrebanen (lengde/vekt/frekvens)</li> </ol> <p>Bakgrunn for møtet var:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brev fra NSB BA Gods Framføring og Materiell v/Leif Skovly 1999-08-05</li> <li>2. Brev fra CargoNet Produksjon v/Kjell Myhre 2003-02-20</li> <li>3. Presentasjon av CargoNets planer på Planmøte Banestrømforsyning JBV 2003-08-21 av Viggo Rasmussen (møteref kommer)</li> <li>4. Hovedplan Banestrømforsyning Dovrebanen Fase 1 &amp; 2</li> </ol> <p>Om CargoNet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CargoNet er blitt aksjeselskap med sterkere fokus på lønnsomhet og konkurransevne og ser derfor på lokomotivene i et lenger perspektiv enn tidligere.</li> </ul>		



Sak nr.:	Saker til behandling	Ansvar	Frist
1 og 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedbyggingen av vognlasttransportene/konverteringen av vognlast til combiekspress har gått fortere enn forventet.</li> </ul> <p><b>Planer for utfasing og erstatning av El14 og El16</b></p> <p>CargoNet gjennomfører nå hovedrevisjon (HR) på El14 og El16 og regner med at disse da vil være i trafikk i ytterligere 10-15 år. En vil imidlertid vente med HR på et par El14 og bare revidere og sette disse i trafikk igjen dersom en kommer i mangel på trekraft. En eventuell dramatisk økning i vedlikeholdskostnadene kan imidlertid føre til at utskiftningen av elektriske lokomotiver forseres.</p>		
3	<p><b>Planer for anskaffelse/leie av nye elektriske lok</b></p> <p>Det er ikke lagt ned mye arbeid i å se på nye elektriske lokomotiver ettersom anskaffelse av diesellokomotiver har hatt førsteprioritet. CargoNet har ingen beredskapsplaner i tilfelle akutt mangel på trekraft annet enn å revidere lok som er satt i reserve.</p> <p>Valg av framtidens elektriske lokomotiver vil først og fremst være avhengig av :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hva som er tilgjengelig i markedet</li> <li>• Om en ønsker nye eller brukte lokomotiver</li> <li>• Om en ønsker å leie/lease eller eie selv</li> <li>• Kundenes ønsker, kostnad for lok og kostnad for lokfører som gir føringer for togvekter og nødvendig trekraft</li> </ul> <p>6-akslede lokomotiver har normalt bedre fremkommelighet enn enkle 4-akslede, med den nettstruktur og topografi vi har innen Jernbanverket, men ligger normalt også høyere i pris. Bruk av 4-akslede i multippel gir økt fleksibilitet.</p> <p>Generelt ønsker CargoNet seg større lokomotiver som er beregnet på godstrafikk (i motsetning i universallokomotiver). Det er naturlig å tro at en velger standardmodeller som er tilgjengelig på markedet framfor å spesialbestille slik som tidligere.</p> <p>To/flersystemslokomotiver kan være aktuelt dersom en ønsker direktetog til utlandet (Danmark/Tyskland).</p>		

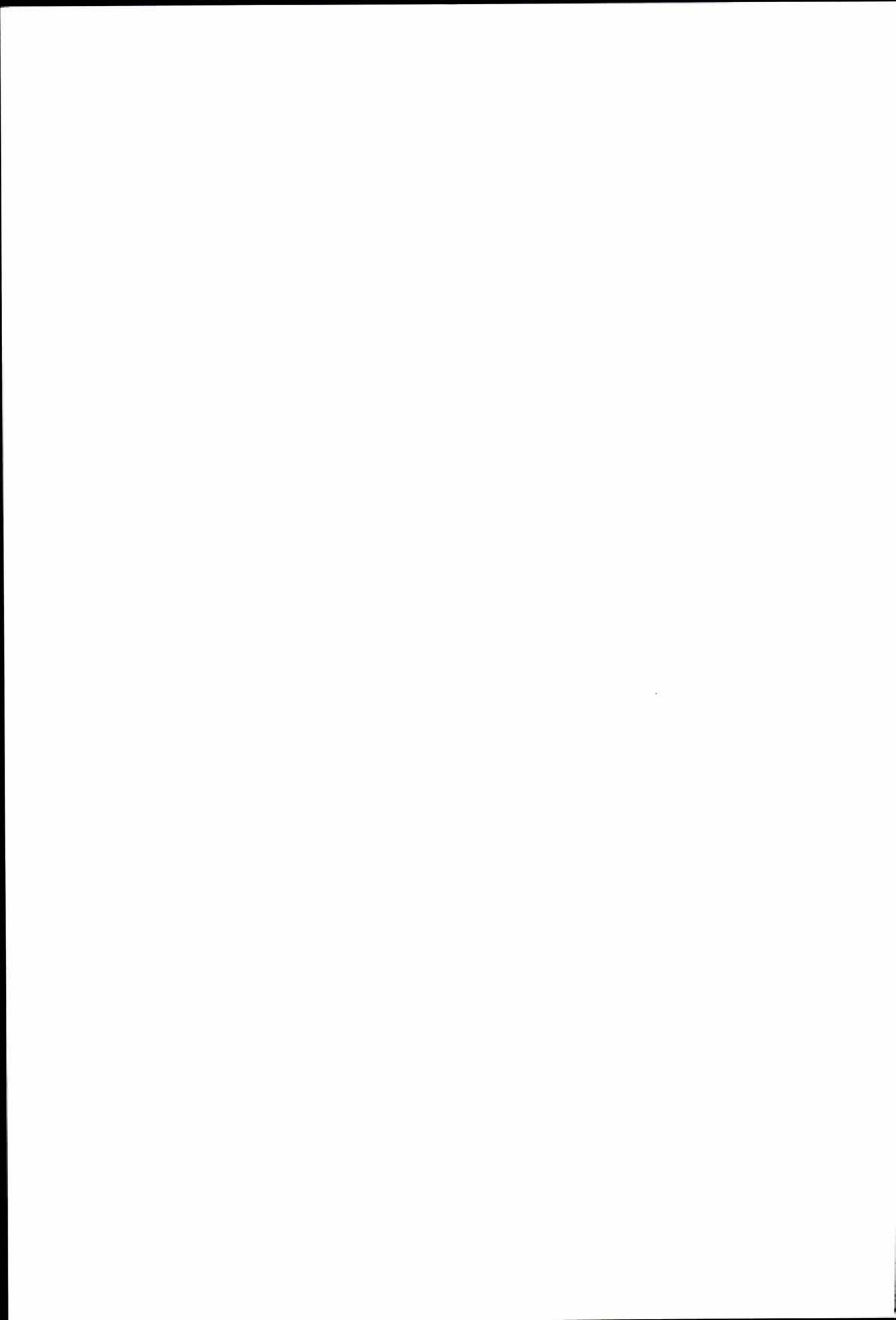
Sak nr.:	Saker til behandling	Ansvar	Frist
4	<p><b><i>Planer for anskaffelse/leie av Rc-lok (eventuell samkjøring/samturnering med GreenCargo)</i></b></p> <p>CargoNet har ingen planer om å benytte Rc-lok.</p> <p>En kan imidlertid forvente at andre trafikkutøvere ønsker å benytte Rc-lok i Norge. Til orientering har GreenCargo nå fått ruteleie i Norge til Drammen og Rolvsøy.</p>		
5	<p><b><i>Begrunnelse av CargoNets ønske om forsert utbygging av AT-system</i></b></p> <p>CargoNet ser følgende fordeler med forsert AT-utbygging:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrensninger i togfølgetiden på godstog med El16 over Dovre kan oppheves</li> <li>• Mulig at en ikke trenger pådragsbegrensning på kjøring av dobbel El16</li> <li>• Enklere materiellturnering</li> </ul>		
6	<p><b><i>CargoNets planer for trafikk/transportmønster på Dovrebanen (lende/vekt/frekvens)</i></b></p> <p>Generelt ønsker CargoNet på kort sikt samme antall tog på Dovrebanen som i dag. Eventuell volumøkning tas ut i bedre utnyttelse av de togene en allerede kjører. På lang sikt ser en for seg større trekraft som kan resultere i færre tog med samme totale kvantum eller økt transportvolum med samme antall tog.</p> <p>På kort sikt (etter rute R152.1) kjøres ikke det ene togparet med vognlast Alnabru-Trondheim, men et av togene Alnabru-Dombås forlenges til Trondheim slik at antall togpar Alnabru-Dombås reduseres med ett og Dombås-Trondheim holdes likt som i dag.</p> <p>Det jobbes med å overføre fisk fra nord (Helgeland) over på toget og muligens gjenopprette ovennevnt tog. Dersom det samme skjer som på Ofotbanen (ARE-togene), kan da tonnassen sørover totalt sett overstige tonnassen nordover. Det vil si at en kan oppleve de tyngste togene på vei sørover.</p> <p>Konsentrasjonen om combitransporter har ført til en økning i semitrailere. CargoNet anskaffer nå 80 ny 6-akslede boggivogner som tar 2 semitilhengere hver. Totalt er behovet 160 slike vogner. Med 20 tonns aksellast blir</p>		



Sak nr.:	Saker til behandling	Ansvar	Frist
	<p>totalvekten 120 tonn per vogn med 90 tonn last.</p> <p>Maksimal tog lengde på Dovrebanen er 480 meter begrenset av lengden på krysningssporene som benyttes i dagens ruteplan. Generelt ønsker en ikke å kjøre lengre tog enn 600 meter, da maksimal framføringshastighet dermed reduseres til 80 km/t / (bestemt av JBV) og terminalsporene blir for korte slik at en må dele/skjøte tog, hvilket øker framføringstiden.</p> <p>Tog lengde på 480 m medfører ca 14 6-akslede boggivogner. (14*120tonn=1680 tonn). Total lastvekt på togene over Dovre er begrenset til 1200-1250 tonn av trekraften og dragbandet. En regner altså ikke med at alle vognene i et tog lastes med fulle lastbærere, det vil si at last i så tilfelle må avvises eller fraktes med et senere tog.</p> <p>CargoNet ønsker</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Å kunne kjøre enkle og doble E116 uten begrensninger og restriksjoner</li> <li>• Fjerning av begrensning på hvor stor lengdeandel av toget som kan være over 20 tonn aksellast (i dag maksimalt 25 % opp til 22,5 tonn) uten at hastigheten reduseres.</li> <li>• På sikt en oppgradering av Dovrebanen med tillatelse til 25 tonns aksellast</li> <li>• Tog lengder på opp til 600 meter</li> </ul> <p>Selv om en med 20 tonn aksellast på et helt tog (480 m) får høyere lastvekt enn en kan trekke, ønsker CargoNet tillatt 22,5 og videre 25 tonns akselvekt da en forventer at lastbærerne blir enda tyngre i framtiden.</p>		

## Vedlegg 2:





**RAPPORT FRA**

**GROV**

**ENDRINGSANALYSE**

-

**INNFØRING AV AT-SYSTEM**

**Prosjekt:**

**Hovedplannotat – banestrøm DB**

**Vurdert nytt transformatorsystem:**

**AT-SYSTEM**

01A	Endelig rapport	17.03.04			
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
<b>Grov endringsanalyse</b> <b>Innføring av AT-system</b> <b>Hovedplan-notat – banestrøm DB</b>			Utarbeidet av:  <b>Jernbaneverket</b> Utbygging		
Prosjekt: <b>Hovedplan-notat – banestrøm DB</b>			Erstatning for :		
 <b>Jernbaneverket</b>			Prosjekt nr. <b>292449</b>		Rev. <b>01A</b>



## Revisjonshistorie

Rev:	Utarbeidet av:	Endring/Kommentar:	Dato:
01C	JES	Etablert areidsdokument for endringsanalyse	30.01.2004
01C	JES	Oppdatert endringsanalyse etter høring	05.02.2004
01A	JES	Endelig rapport for grov endringsanalyse	17.03.2004

## SAMMENDRAG

Denne endringsanalysen er et resultat av det som kom fram på analysemøtet avholdt den 19.01.04. På dette møtet ble det tatt opp hvilke funksjonsendringer samt eventuelle problemstillinger som innføring av AT-system innebærer. Det ble også vurdert om disse funksjonsendringene har noen sikkerhetsmessig betydning.

Resultatet fra analysen indikerer hvilke funksjonsendringer/problemstillinger det er nødvendig å foreta tiltak ovenfor. I alt ble 16 problemstillinger tatt opp til vurdering. Av disse ble 6 funksjonsendringer vurdert til å være av større sikkerhetsmessig betydning sammenlignet med dagens konvensjonelle kl-anlegg. Disse må undersøkes nærmere. Og 9 forhold må undersøkes nærmere med tanke på blant annet endelig løsning, påvirkning av induerte spenninger, verneinnstillinger og utfall av kontaktledning.

Vurderingene i analysen er gjort på tross av at endelig løsning for AT-system ikke er valgt. Denne analysen danner grunnlag for det videre arbeidet med hovedplan-notatet hvor alternative løsninger vil bli beskrevet mer detaljert. Det forventes at en ny endringsanalyse gjennomføres da endelig løsning foreligger.



## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b>	<b>5</b>
1.1	BAKGRUNN	5
1.2	FORMÅL	5
1.3	DELTAGERE	5
1.4	FORKORTELSER OG TERMINOLOGI	5
1.5	AVGRENSNINGER	5
1.6	FORUTSETNINGER	6
<b>2</b>	<b>AKSEPTKRITERIE OG ANALYSEMETODIKK</b>	<b>7</b>
2.1	AKSEPTKRITERIER	7
2.2	ANALYSEMETODIKK	7
<b>3</b>	<b>SYSTEMBESKRIVELSE</b>	<b>8</b>
3.1	DAGENS ANLEGG	8
3.2	AT-SYSTEMET	8
3.2.1	Alternativ I	8
3.2.2	Alternativ II	8
<b>4</b>	<b>SIKKERHETSVURDERING</b>	<b>10</b>
4.1	FORHOLD SOM MEDFØRER STØRRE SIKKERHETSMESSIG BETYDNING	10
4.2	FORHOLD SOM MÅ VURDERES NÆRMERE	10
<b>5</b>	<b>KONKLUSJON</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>REFERANSER</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>VEDLEGG</b>	<b>13</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

I dag benytter Jernbaneverket det konvensjonelle KL-anlegget til banestrømsforsyning på strekningene i Norge. Det er nødvendig med oppgraderinger og investeringer for å kunne takle den trafikkveksten som Jernbaneverket legger til grunn. Derfor ønsker en nå å vurdere innføring av Autotransformatorsystem (AT) for jernbanen i Norge.

## 1.2 Formål

Formålet med analysen er å vurdere funksjonsendringer spesielt med hensyn på sikkerhet. Dette systemet er ikke tidligere godkjent i Norge, men det er godkjent og i bruk i Sverige. Denne endringsanalysen vil være et ledd i godkjeningsprosessen som Jernbaneverket arbeider med.

## 1.3 Deltagere

Gruppesammensetningen ved gjennomføring av den grove endringsanalysen, bestod av følgende personer.

Endringsanalysen den 19.01.2004		
Person:	Ansatt/stilling:	Ansvar/Bidrag til sikkerhetsvurderingen:
Johan A Wikander	JBV RN	Oppdragsgiver
Jeanette M Sølvberg Skagestad	JBV IUPSK	Ansvarlig for gjennomføring av sikkerhetsvurderingen.
Frode Dahl	JBV IUPJE	Deltaker analysemøtet
Frank Martinsen	JBV IUPJE	Deltaker analysemøtet
Jan Ole Wangen	JBV IUPJT	Deltaker analysemøtet
Thor Egil Thoresen	JBV ITPE	Deltaker analysemøtet

## 1.4 Forkortelser og terminologi

Forkortelse:	Forklaring/Fullstendig:
AT	Autotransformator
CUS	Current Unbalance Supressor
DB	Dovrebanen
JBV	Jernbaneverket
KL	Kontaktledning
NL	Negativleder
PL	Positivleder
RN	Region Nord
ITPE	InfrastrukturTeknikk Premiss Elkraft
IUPJE	Infrastruktur Utbygging Prosjekttjenester Jernbaneteknikk Elkraft
IUPJT	Infrastruktur Utbygging Prosjekttjenester Jernbaneteknikk Tele
IUPSK	Infrastruktur Utbygging Prosjekttjenester Sikkerhet & Kvalitet

## 1.5 Avgrensninger

Følgende avgrensninger gjelder for endringsanalysen:

- Analysen er en grov endringsanalyse da ikke endelig løsning for AT-system er valgt.



- Selve analysen er basert på en sammenligning av dagens konvensjonelle kl-anlegg opp i mot slik det tiltenkte AT-systemet skal fungere.

### **1.6 Forutsetninger**

Etter at valgt løsning foreligger forutsettes det at det blir gjennomført en detaljert endringsanalyse.

## 2 Akseptkriterie og analysemetodikk

### 2.1 Akseptkriterier

Jernbaneverket sitt overordnede mål for jernbanesikkerhet er i 1B-Si ref /1/ formulert som:

*"Det etablerte sikkerhetsnivået for jernbanetransport i Norge skal opprettholdes. Alle endringer skal sikre en utvikling i en positiv retning".*

I tråd med det overordnede målet er følgende akseptkriterie for analysen formulert:

*Endringen skal bidra til å opprettholde eller øke det totale sikkerhetsnivået.*

### 2.2 Analysemetodikk

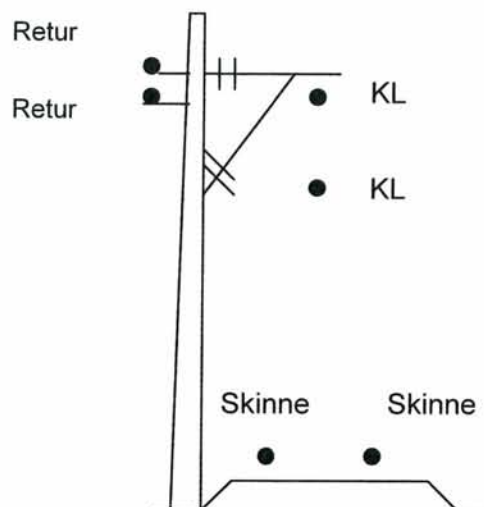
Denne analysen er en grov endringsanalyse og skal være et vedlegg til hovedplan-notatet som er under utarbeidelse. Analysen skisserer de funksjonsendringene/problemstillingene som bør vurderes videre i arbeidet. Innspillene til aktuelle problemstillinger er kommet fram i forkant av analysemøtet. Analysen skal danne et grunnlag for valg av endelig løsning for AT-system, da det på dette tidspunktet ikke er valgt løsning.

Ved gjennomføring av analysen er det sett på hvilken betydning hver enkelt endring kan ha for sikkerheten. Problemstillingene som er tatt opp gjelder generelt for innføring av AT-systemet uavhengig av alternative løsninger. For hver enkelt endring ble det vurdert om endringen kunne være av "større" eller "mindre" sikkerhetsmessig betydning. Dette ble notert i et analyse skjema samt med tilhørende kommentar. Forhold som ble ansett til å ikke ha noen betydning for sikkerheten ble markert med "-" og forhold som analysegruppen var usikker på ble markert med spørsmålstegn "?". Eventuelle risikoreduserende tiltak ble også notert. I tilfeller hvor det er forskjellige tiltak for ulike valg av alternativ løsning, er dette notert.

### 3 Systembeskrivelse

#### 3.1 Dagens anlegg

I dag benyttes vanlig konvensjonelt KL-anlegg på de strekninger som er elektrifisert. Det vil si at den elektriske energien overføres fra omformerstasjon til tog med 15 kV spenning på kontaktledningen og retur i skinne, eventuelt returleder. Se figur 1 nedenfor for vanlig konvensjonelt system med returleder.



Figur 1 – Konvensjonelt KL-anlegg

#### 3.2 AT-systemet

Ved et autotransformatorsystem (AT-system) produseres og forbrukes den elektriske energien på 15 kV-nivå i likhet med dagens KL-anlegg, men overføringen fra omformer til seksjonen som toget befinner seg på skjer med 30 kV. Kontaktledningen har fremdeles 15 kV og skinnen ligger på jordpotensial. I tillegg brukes en leder på  $-15$  kV kalt negativleder. Mellom omformer og tog transformeres spenningen opp og senere ned ved hjelp av autotransformatorene. Akseptabel avstand mellom hver transformator er 10 km med tanke på støy (induserte strømmer, strøm i jord etc). Det foreligger mange alternativer for AT-system, men det er sett på to alternative løsninger i denne analysen. Disse er som beskrevet kort i avsnittene nedenfor.

Se ref /2/ for beskrivelse av utfordringer, fordeler og kostnader med et AT-system. Ytterligere og mer detaljert skissering av endelig løsning er under utredning og vil bli skissert i hovedplans notatet.

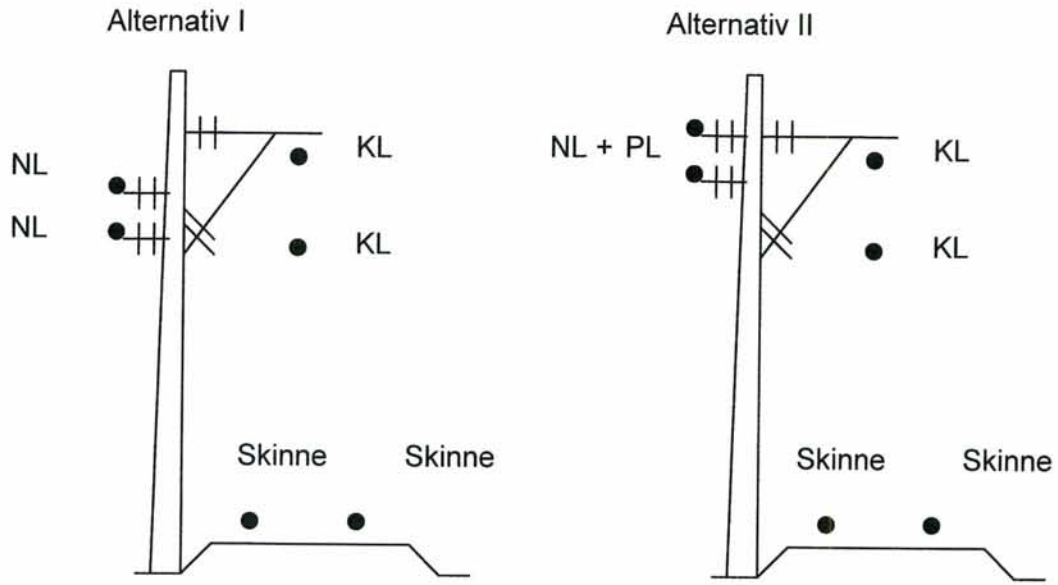
##### 3.2.1 Alternativ I

Dette alternativet baseres på bruk av 2 negativledere (med 1 blir det samme problemstilling som ved bruk av 2 negativledere). Se figur 2 nedenfor.

##### 3.2.2 Alternativ II

Dette alternativet baseres på bruk av 1 positiv leder (PL), 1 negativ leder (NL) og 1 sugetransformator (CUS). Se figur 2 nedenfor.





Figur 2 – Alternative løsninger for AT-system

## 4 Sikkerhetsvurdering

I endringsanalysen ser en nærmere på de funksjonsendringer/problemstillinger som er knyttet til innføringen av dette systemet. I alt ble det tatt opp 16 forhold. Dette er en oppsummering av de vurderingene som ble gjort i analysemøtet avholdt den 19.01.04. Se vedlegg 1.

### 4.1 Forhold som medfører større sikkerhetsmessig betydning

Ved gjennomgang av vedlegg 1 ble det notert at følgende 6 forhold vil medføre større sikkerhetsmessig betydning:

Nr	Beskrivelse av funksjon
1.	Innføring av høyere spenning
6.	Følsomhet for feil ved utfall av overliggende trefasenett/omformerstasjon
7.	Lavere systemimpedans
8.	Stålmaster gir spesielle jordingsproblemer
10.	Utfall av AT-enhet kontra utfall av sugetransformator
13.	Utfall av kontaktledning alternativ II

Disse forholdene ble markert med en H i vedlegg 1.

De resterende punktene ble vurdert til å ha mindre eller ingen sikkerhetsmessig betydning, sammenlignet med dagens anlegg. Disse forholdene ble markert med en U eller L i vedlegg 1.

### 4.2 Forhold som må vurderes nærmere

Ved gjennomgang av vedlegg 1 ble det notert at følgende 9 forhold må vurderes videre ved neste endringsanalyse:

Nr	Beskrivelse av funksjon
2.	Mulighet for å ha spenning på ekstraleder
5.	Endret funksjonalitet i forbindelse med indusert spenning i andre anlegg
6.	Følsomhet for feil ved utfall av overliggende trefasenett/omformerstasjon
9.	AT-systemet gir to kortslutningsnivåer
10.	Utfall av AT-enhet kontra utfall av sugetransformator
11.	Plassering av ekstraleder i trange tunneler
13.	Utfall av kontaktledning. Alternativ II
14.	Utfall av positivleder i system med CUS. Alternativ II
15.	Utfall av negativleder

Forhold som må vurderes videre er blant annet valg av endelig løsning, påvirkning av induserte spenninger, verneinnstillinger og utfall av kontaktledning.

## 5 Konklusjon

Det ble foretatt en grov endringsanalyse av de funksjonsendringer/problemstillinger som pr. dags dato er kartlagt. Totalt ble 16 forhold vurdert. Av disse ble følgende 6 forhold vurdert til å ha en større sikkerhetsmessig betydning sammenlignet med dagens system:

Nr	Beskrivelse av funksjon
1.	Innføring av høyere spenning
6.	Følsomhet for feil ved utfall av overliggende trefasenett/omformerstasjon
7.	Lavere systemimpedans
8.	Stålmaster gir spesielle jordingsproblemer
10.	Utfall av AT-enhet kontra utfall av sugetransformator
13.	Utfall av kontaktledning alternativ II

Og det ble konkludert med at følgende 9 forhold må vurderes videre med tanke på blant annet endelig løsning, påvirkning av induserte spenninger, verneinnstillinger og utfall av kontaktledning.

Nr	Beskrivelse av funksjon
2.	Mulighet for å ha spenning på ekstraleder
5.	Endret funksjonalitet i forbindelse med indusert spenning i andre anlegg
6.	Følsomhet for feil ved utfall av overliggende trefasenett/omformerstasjon
9.	AT-systemet gir to kortslutningsnivåer
10.	Utfall av AT-enhet kontra utfall av sugetransformator
11.	Plassering av ekstraleder i trange tunneler
13.	Utfall av kontaktledning. Alternativ II
14.	Utfall av positivleder i system med CUS. Alternativ II
15.	Utfall av negativleder

Det anbefales at det foreligger et forslag til endelig løsning av AT-systemet, før en grundigere endringsanalyse gjennomføres.

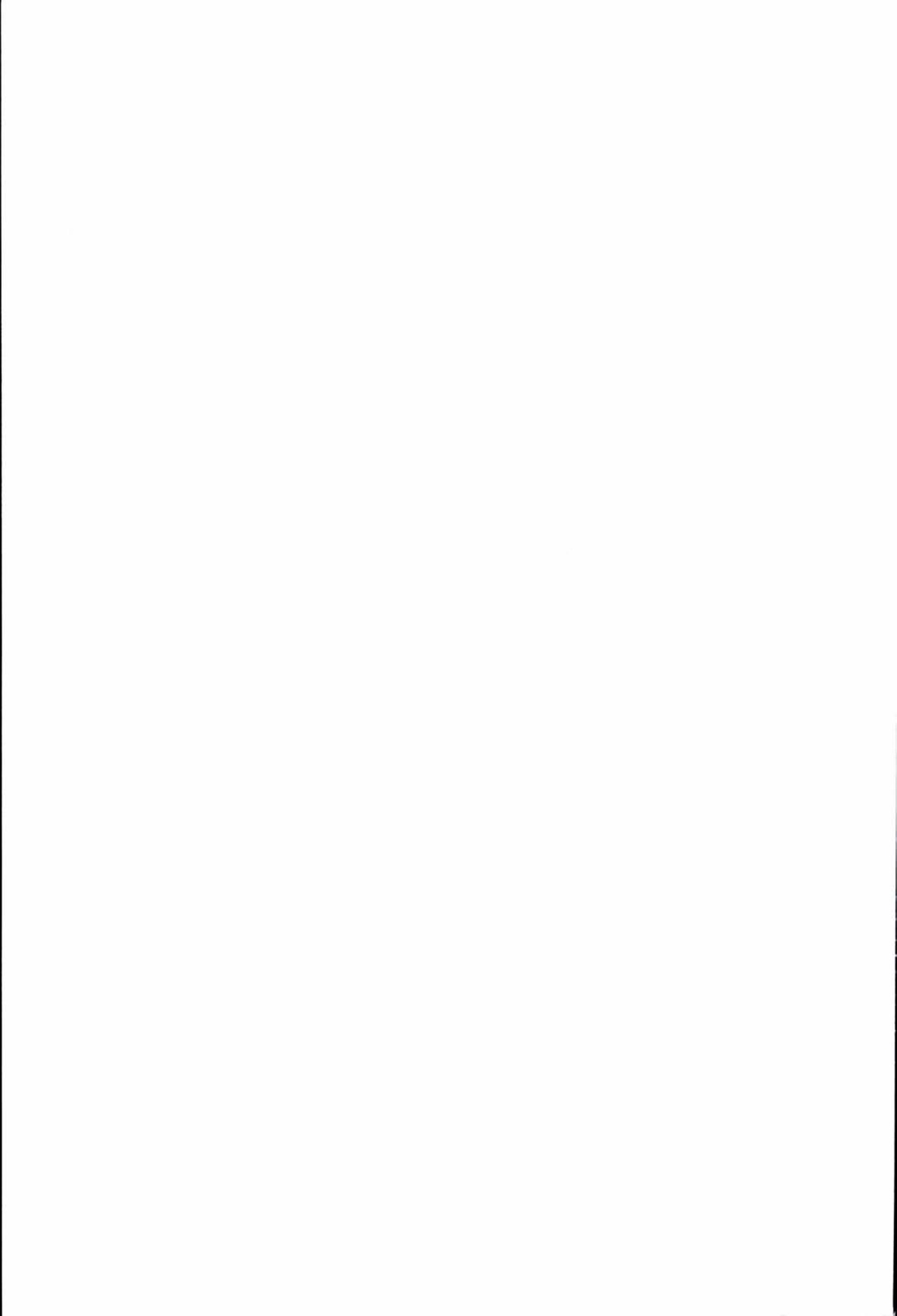


## 6 Referanser

- /1/ Jernbaneverket Hovedkontoret, sikkerhetshåndbok Dok.nr.1B-Sikkerhet, Rev 2 16.06.02
- /2/ Folder som kort beskriver AT-systemet
- /3/ Hovedplan banestrømforsyningen Dovrebanen Dato: 01.10.02

## 7 Vedlegg

Vedlegg 1 – Innspill til funksjonsendringer/problemstillinger ved innføring av AT-system





## VEDLEGG 1

### FUNKSJONSENDRINGER/PROBLEMSTILLINGER VED INNØRING AV AT-SYSTEM

Bakgrunn for dokumentet:

Dette dokumentet er opprettet på bakgrunn av et analyse møte avholdt den 19.01.04.

Grunnlaget for analysen er basert på en sammenligning mellom et tiltenkt AT-system på den ene side og en sikkerhetsgodkjent driftsform for dagens KL-anlegg på den annen side. På nåværende tidspunkt er endelig løsning av AT-system ikke valgt. Dette er derfor en grov endringsanalyse som presenterer de eventuelle problemstillingene som innføring av AT-systemet innebærer.

Bruken av ekstraleder innebærer to alternativer

- Alternativ I – baseres på bruk av 2 negativledere (med 1 blir det samme problemstilling som ved bruk av 2 negativledere)
- Alternativ II – baseres på bruk av 1 positiv leder (PL), 1 negativ leder (NL) og 1 sugetransformator (CUS)

#### 1.1 Sikkerhetsvurdering av endret funksjonalitet ved innføring av AT-systemet

Dette avsnittet inneholder en overordnet oversikt over de funksjonene som vil bli endret i fra dagens anlegg (konvensjonell banestrømforsyning med retur i sporet) og som kan ha en sikkerhetsmessig betydning for det nye AT-systemet. Nedenfor er de ulike funksjonene beskrevet samt hva som kan være sikkerhetskritisk med de.

Nr.	Beskrivelse av funksjon	Hva endringen kan påvirke	H/U/L	Evt tiltak	Kommentarer ved vurdering den 19.01.2004
1.	<b>Innføring av høyere spenning</b> Ved bruk av det konvensjonelle anlegget er det nominell spenning 15 kV, mens ved innføring av AT-systemet vil effekten overføres med en drivende spenning på 30kV.	<u>Sikkerheten.</u> Under arbeid må sannsynligvis sikkerheten ivaretaes noe strengere enn i dag.  <u>Lokfører</u> Endringen kan ha betydning for bl.a. lokfører hvis han klatrer opp på taket for å sjekke om noe er galt med strømvatageren.	H	Hvis spenningen alltid er avslått under arbeid vil ikke risikonivået endres.  Ved arbeid på frakoblet seksjon mellom to AT-er må både NL og KL frakobles og jordes.  Lokfører forbys å gå på taket før frakobling og jording er bekreftet av tilstedeværende elsikkerhetsmann.	Denne endringen kan føre til større personrisiko for monterer.  Spenning mellom KL og jord er som før 15 kV. Monterer forholder seg som ved konvensjonelt system.

Nr.	Beskrivelse av funksjon	Hva endringen kan påvirke	H/U/L	Evt tiltak	Kommentarer ved vurdering den 19.01.2004
2.	<p><b>Mulighet for å ha spenning på ekstraleder (positiv og negativ leder eller to negativ ledere) samtidig som spenning på kontaktledning er frakoblet</b></p> <p>Det er muligheter for at bare kontaktledningen gjøres spenningsløs og at negativleder og skinnene fører strømmen forbi frakoblet seksjon. Arbeidet kan da gjøres på kl-anlegget samtidig som togene kan kjøre på begge sidene av bruddstedet. Samtidig vil det være tosidig mating.</p>	<p><u>Elsikkerheten</u> Elsikkerheten ved arbeid og reparasjoner</p> <p><u>Signalanlegget</u> Signalanlegget kan påvirkes av strømmen som vil gå i skinnene, som gir ekstra usymmetrisk magnetfelt.</p>	<p><b>Uavklart</b></p>	<p>For Alternativ I - Ekstraledere er montert såpass langt unna kontaktledningen at arbeidet kan tillates.</p> <p>For Alternativ II - Ekstraledere er montert såpass nært kontaktledningen at arbeidet ikke kan tillates.</p> <p>For Alternativ II der NL er montert etter forskrifter som for forbingsledning - Arbeider på KL kan tillates da det er mulig å ivareta elsikkerheten.</p>	<p>Alternativet med spenning på ekstraleder bør kanskje utelukkes.</p> <p>Ved en slik koblingssituasjon er elsikkerheten ikke ivarettatt fordi arbeidsjord mellom KL og skinne kan føre returstrøm gjennom kontaktledning ved skinnebrudd.</p> <p>Avhengig av hvilket alternativ som blir valgt.</p> <p>Spesiell vurdering ved arbeid på KL-anlegget generelt.</p> <p>Innstilling av vern må undersøkes for å få riktig funksjonalitet ved brudd og kortslutninger. (Gjelder for spesielle koblingssituasjoner)</p>
3.	<p><b>Endret funksjonalitet i forbindelse med at suge-transformatorer fjernes</b></p> <p>AT-systemene som er aktuelle vil ha autotransformatorer istedenfor sugetransformatorer. Det vil bli 1/3 av dagens antall transformatorer. Alle sugetransformatorer bortfaller.</p>	<p><u>Driftsstabilitet</u> Det vil bli større driftsstabilitet ved færre enheter.</p> <p><u>Vedlikeholdsarbeidet</u> Det vil bli redusert vedlikehold med denne løsningen.</p>	<p><b>L</b></p>	<p>Ikke relevant problemstilling</p>	<p>Forbedring ved at det blir færre feil i KL-anlegget. Samt at overspenningsvern, sugetransformatorer, isolerte skjøter og sportilkoblinger utgår.</p>
4.	<p><b>Endret funksjonalitet i forbindelse med isolerte skinnerkjøter</b></p> <p>Det vil være mindre behov for isolerte skjøter ved innføring av AT-systemet. Nøytraliskinnene og isolerte skinnerkjøter som er tilknyttet sugetransformatorer kan fjernes, bare det er nødvendig for signalssystemet må skinnerkjøter beholdes. Overdragstransformatorer for</p>	<p><u>Driftsstabilitet</u> Det vil bli større driftsstabilitet ved færre enheter.</p> <p><u>Vedlikeholdsarbeidet</u> Det vil bli redusert vedlikehold med denne løsningen.</p>	<p><b>L</b></p>	<p>Ikke relevant problemstilling</p>	<p>Redusert vedlikehold i seksjonsfeltet som bortfaller ved fjerning av sugetransformatorer.</p> <p>Forbedring er at det blir færre feil pga færre komponenter.</p>



Nr.	Beskrivelse av funksjon	Hva endringen kan påvirke	H/U/L	Evt tiltak	Kommentarer ved vurdering den 19.01.2004
5.	<p>nøytraliskinnen kan også fjernes.</p> <p><b>Endret funksjonalitet i forbindelse med indusert spenning i andre anlegg</b></p> <p>Store returstrømmer i skinnene kan gi problemer med induksjon i parallelle kabler. Med de aktuelle alternativene for AT-system vil det sannsynligvis bli mindre returstrøm i skinnene i forhold til dagens system uten returleder.</p> <p>Strømmen i kontaktledningen og negativleder vil bli halvparten så stor som strømmen i et konvensjonelt kl-anlegg med returleder. Mindre strøm vil kunne gi mindre induserte spenninger i langsgående kabler, som for eksempel signalkabler.</p>	<p><u>Forstyrrelser</u></p> <p>Mindre forstyrrelser for signalanlegget ved induksjon ved samme lastbilde som ved konvensjonelt strømforsyningsanlegg.</p> <p><u>Installasjoner</u></p> <p>3.parts installasjon ved induksjon (telesystemer osv) vil kunne berøres</p>	L	<p>AT-systemet må optimaliseres ved prosjektering for begge alternativ.</p>	<p>Økt induksjon ved økt last må vurderes.</p> <p>Denne endringen vil være en fordel og vil øke sikkerhets- nivået.</p> <p>Utiliserte hendelser som følge av induserte spenninger i andre anlegg blir færre.</p>
6.	<p><b>Følsomhet for feil ved utfall av overliggende trefasenett/omformerstasjon</b></p> <p>Med dagens system er det 80 km mellom omformerne og matingen skjer ved regionale everk. Hvis det viser seg at en kan ha 160 mellom omformerne ved utfall av en omformer, vil jernbanen være mer utsatt for utfall i overliggende stamnett.</p> <p>Også problemer med faseulikheter om det nasjonale kraftnettet deles opp og slik at det bare er to eller tre omformerne mellom for eksempel Oslo – Trondheim. Ensidig mating må da gjøres.</p>	<p><u>Togframføring</u></p> <p>Større problemer for togramføringen.</p> <p><u>Passasjerer</u></p> <p>Problem med videre transport av passasjerer i tog på høyfjellsstrekning. Mister også togvarme om vinteren.</p> <p>Arbeidssteder</p> <p>Redusert mulighet for vedlikehold.</p>	H	<p>Forutsetter et minimum antall omformerne, ikke bare ut fra dimensjonering av AT-systemet, men også ut fra strukturen i overliggende kraftnett og eventuelt feilsannsynlighet.</p>	<p>I verste fall vil det bli høyere risiko for personsikkerhet for passasjerer.</p> <p>Ved viderebehandling av AT-systemet bør behovet for død-seksjoner vurderes nærmere.</p> <p>Det må også undersøkes hva som skjer med induserte spenninger i denne situasjonen dersom det er utfall av en AT?</p>
7.	<p><b>Lavere systemimpedans</b></p> <p>Kortslutnings strømmen vil øke og dermed</p>	<p><u>Signalanlegg</u></p> <p>Påtrykket spenning på</p>	H	<p>Må komme som en konsekvens av den videre</p>	<p>Endringen kan gå ut over personsikkerhet da den kan føre til høyere berøringspenning.</p>



Nr.	Beskrivelse av funksjon	Hva endringen kan påvirke	H/U/L	Evt tiltak	Kommentarer ved vurdering den 19.01.2004
8.	<p><b>Beskrivelse av funksjon</b> kan en sannsynligvis få sikrere selektivitet mellom kortslutning- og laststrømmer.</p> <p><b>Stålmaster gir spesielle jordingsproblemer</b> For stålmaster som blir fundamentert med stålbelagte betongfundamenter eller for fundamenter som fungerer som jordspyd har vi følgende problemstilling: Når disse er plassert på vekselvis begge sider av sporet og jordet til nærmeste skinne kan dette kortslutte sporfeltene. En kan få falske sporbelegg på konvensjonelle signalanlegg.</p>	<p>Hva endringen kan påvirke øvrige anlegg som er tilkoblet skinnegangen. (Uheldige konsekvenser) <u>Signalanlegget</u> Genererer falske belegg</p>		<p>Evt tiltak analyse.  Kontroller størrelsen på filterimpedansen.</p>	<p>Høyere kortslutningsstrømmer kan føre til høyere skrittspenninger. For signalanleggene er langsgående jordleder å foretrekke.  Problemstillingen er aktuell også for konvensjonelt anlegg.  Ved jording av enkeltstående master uten langsgående jordleder til spor skal disse jordes til samme skinnestreng innenfor samme sporfelt.  Ved langsgående jordleder jordes mastene til jordlederen. Seksjonering og tilknytning til skinne med filterimpedanse er aktuelt.  Verninnstillingen bør vurderes nærmere.</p>
9.	<p><b>AT-systemet gir to kortslutningsnivåer</b> En får det høyeste kortslutningsnivået mellom negativleder og KL/positivleder.  Det laveste kortslutningsnivået fåes mellom negativleder og skinne/jordleder, og mellom KL/positivleder og skinne/jordleder. De to siste tilfellene vil omtrent gi samme jordstrøm.</p>	<p><u>Vedlikeholdsarbeid</u> Verninnstillingen blir annerledes en i dag.</p>	H	<p>Jordingsanlegget må muligens dimensjoneres for større kortslutningsstrømmer enn ved konvensjonelt system. Dette gjelder midt på strekningen mellom to omformere.</p>	<p>Sjekk hvordan andre løser dette problemet. Merk at effekten er begrenset av omformerstasjonens totale ytelse og ytelsen er uforandret.</p>
10.	<p><b>Utfall av AT-enhet kontra utfall av sugetransformator</b> Ved bruk av sugetransformator vil det være 3 km mellom hver enhet, mens ved bruk av AT-enhet vil det være 10 km mellom hver enhet. Utfall av en enhet fører til en fordobling av avstanden mellom enhetene, og altså mye lengre avstand mellom enheter ved utfall i AT-system</p>	<p><u>Signallegget/Telekabler</u> Lengre strekning med returstrøm i skinne med AT-system. Også større strøm med AT-system. Kan gi problemer med induert spenning i nærførte kabel og andre installasjoner.</p>	?	<p>Tilgjengelighet på reservedeler og hurtig reparasjon/utskifting.</p>	<p>Det vil være flere problemer med signalanleggene og telekabler.  Det må undersøkes hva som skjer med induerte spenninger i denne situasjonen dersom det er utfall av en AT?  Hva med jordstrømmer?</p>

Nr.	Beskrivelse av funksjon Plassering av ekstraleider i trange tunneler	Hva endringen kan påvirke	H/U/L	Evt tiltak	Kommentarer ved vurdering den 19.01.2004
11.	Mulighetene må vurderes mhp evakuering av passasjerer og arbeid i trang tunnel. Det vil være flere muligheter for plassering av ekstraleider. Refererer til dokument: "Autotransformatorsystem for norske forhold Negativleder i tunneller".	<u>Evakuering av passasjerer</u> <u>Vedlikeholdsarbeid og inspeksjon i tunnel</u> <u>Uvedkommende i tunnel</u>	U(L)	Man må som et resultat av den videre analyse komme fram til en plassering som ivaretar sikkerheten.	Hensynet til sikkerheten vil være med på å avgjøre valg av løsning for plassering av negativleder(e) og eventuell positivleder.  Utførelse ikke valgt og må derfor vurderes videre.
12.	<b>Utfall av kontaktledning alternativ I</b> Ved utfall (neddriving) av kontaktledning vil all strøm for +15 kV leder gå i skinnene på den aktuelle seksjonen mellom to autotransformatorer der dette skjer.	Signalanlegget Større returstrømmer i skinnene vil kunne påvirke signal- anlegget på seksjonen mellom to autotransformatorer.  Skade på utrustning Skade på komponenter ved større strømmer.	U(L)	Ved utilsiktet utfall (neddriving) av kontaktledning skal og må utkobling skje så raskt som mulig.  Dimensjonering av autotransformator og jordingsystem må ta hensyn til dette.	Sikkerheten vil bli ivaretatt med de løsninger man kommer fram til jamfør med Evt tiltak.  Samme situasjon som med dagens kl-anlegg.
13.	<b>Utfall av kontaktledning alternativ II</b> Ved utfall (neddriving) av kontaktledning vil all strøm for +15 kV leder gå i positivlederen	Skade på utrustning Visse anleggsdeler kan i verste fall bli overbelastet.	H	Positivlederen må dimensjoneres for å føre all strøm i et slikt tilfelle.	Utfall av kontaktledning (alt II) kan gå utover tilgjengelighet og kan medføre trafikkstans hvis viktige deler ødelegges.  Denne problemstillingen må undersøkes nærmere.  Utfall av kontaktledning vil kunne være vanskeligere å oppdage sett ift dagens system. Utfallet kan ha betydning for tilgjengeligheten. Det vil kunne bli trafikkstans hvis viktige deler ødelegges.  <b>Lite sannsynlig hendelse.</b>  Denne problemstillingen må undersøkes nærmere.
14.	<b>Utfall av positivleder i system med CUS. Alternativ II</b> Forhøyede spenninger over CUS (Current Unbalance Suppressor) og mulig ødeleggelse av denne. Mulig forhøyede spenninger andre steder i anleggene. Større strøm i skinnene.	Tilgjengelighet/Responstid Utskifting av defekte komponenter fører til lengre nedetid.  Signalanlegget Større strøm i skinnene kan påvirke signalanlegget.	-	Uavklart.	Denne problemstillingen må undersøkes nærmere.



Nr.	Beskrivelse av funksjon	Hva endringen kan påvirke	H/U/L	Evt tiltak	Kommentarer ved vurdering den 19.01.2004
15.	<p><b>Utfall av negativleder</b> Med alternativ I vil all returstrøm gå i skinnene.</p> <p>I system med CUS (Current Unbalance Suppressor) (Alternativ II) vil en muligens få forhøyede spenninger i anleggene. All returstrøm vil gå i skinnene.</p>	<p>Signalanlegget Kan påvirke signalanlegg og andre systemer.</p>	-	Tiltak må klarlegges i den videre undersøkelse.	<p>Uffallet kan ha betydning for tilgjengeligheten. Det vil kunne bli trafikkstans hvis viktige deler ødelegges.</p> <p>Denne problemstillingen må undersøkes nærmere.</p> <p><b>Lite sannsynlig hendelse.</b></p>
16.	<p><b>Hypigere kortslutninger over isolatorer</b> For både alternativ I og II vil det bli flere isolatorer og dermed hypigere kortslutninger.</p> <p>Imidlertid vil de fleste slukke av seg selv etter kortslutning. Hvis feilene ikke slukker av seg selv fåes varig feil som må rettes opp.</p>	<p><u>Strømforsyning</u> Noe hyppigere strøbrudd pga dyr (ekorn, fugler) som kortslutter isolatorene.</p>	L	<p>Moderne vern med feilovervåking vil sikre mott uteblitt reléfunksjon.</p> <p>Eventuelt finne isolatortyper som er vanskeligere for fugler (og dyr) å kortslutte.</p> <p>Finne nye metoder for å forhindre fugler/dyr i å komme opp i mastene.</p>	<p>Lavere risiko sammenlignet med dagens situasjon.</p> <p>Kortslutningen kan ha betydning for tilgjengeligheten. Det vil kunne bli kortvarig stans i togtrafikken når spenningen faller ut. Noen feil pr. år vil måtte utbedres og gir lengre trafikkstans.</p> <p>I banestørforsyningen vil det være gjeninnkoblings-automatikk som vil håndtere de fleste av disse kortslutningene.</p>



## Vedlegg 3:



Vedlegg 3 Oversikt kryssningsspor Eidsvoll - Trondheim

<b>Km</b>	<b>Stasjon</b>	<b>Avstand til neste</b>	<b>Kryssningspor lengde</b>
67,86	EIDSVOLL	7,41	770
75,33	MINNESUND	4,38	670
79,71	MOLYKKJA	4,34	377
84,05	MORSKOGEN	5,76	680
89,81	STRANDLYKKJA	7,18	486
96,99	ESPA	4,78	661
101,77	TANGEN	5,7	393
107,47	STEINSRUD	2,74	694
110,21	Sørli	4,21	606
114,42	STANGE	4,83	485
119,25	OTTESTAD	13,94	853
133,19	JESSNES	6,71	689
139,9	BRUMUNDDAL	8,33	690
148,23	RUDSHØGDA	7,72	700
155,95	MOELV	6,96	651
162,91	BERGSVIKA	5,56	810
168,47	BRØTTUM	6,24	740
174,71	BERGSENG	9,47	673
184,18	LILLEHAMMER	3,57	652
187,75	HOVE	3,93	700
191,68	FÅBERG	11,53	652
203,21	ØYER	11,14	572
214,35	TRETEN	9,8	860
224,15	LOSNA	8,04	579
232,19	FÅVANG	10,36	880
242,55	RINGEBU	9,9	550
252,45	HUNDORP	6,81	690
259,26	FRON	7,34	640
266,6	VINSTRÅ	9,97	604
276,57	KVAM	9,78	519
286,35	SJOA	10,89	620
297,24	OTTA	10,49	667
307,73	SEL	14,1	740
321,83	BRENNHAUG	8,99	565
330,82	DOVRE	12,22	568
343,04	DOMBÅS	18,61	500
361,65	FOKSTUA	20,09	527
381,74	HJERKINN	11,49	551
393,23	KONGSVOLL	13,89	322
407,12	DRIVSTUA	22,16	710
429,28	OPPDAL	12,07	540
441,35	FAGERHAUG	13,82	702
455,17	ULSBERG	11,18	298
466,35	BERKÅK	10,96	569
477,31	GARLI	9,29	780
486,6	SOKNEDAL	14,6	504
501,2	STØREN	6,69	822
507,89	HOVIN	6,89	524
514,78	LUNDAMO	5,71	550
520,49	LER	8,28	459
528,77	SØBERG	3,32	582
532,09	MELHUS	5,02	470
537,11	NYPAN	4,3	308
541,41	HEIMDAL	5,03	689
546,44	SELSBAKK	4,32	396
550,76	TRONDHEIM M	2,11	678

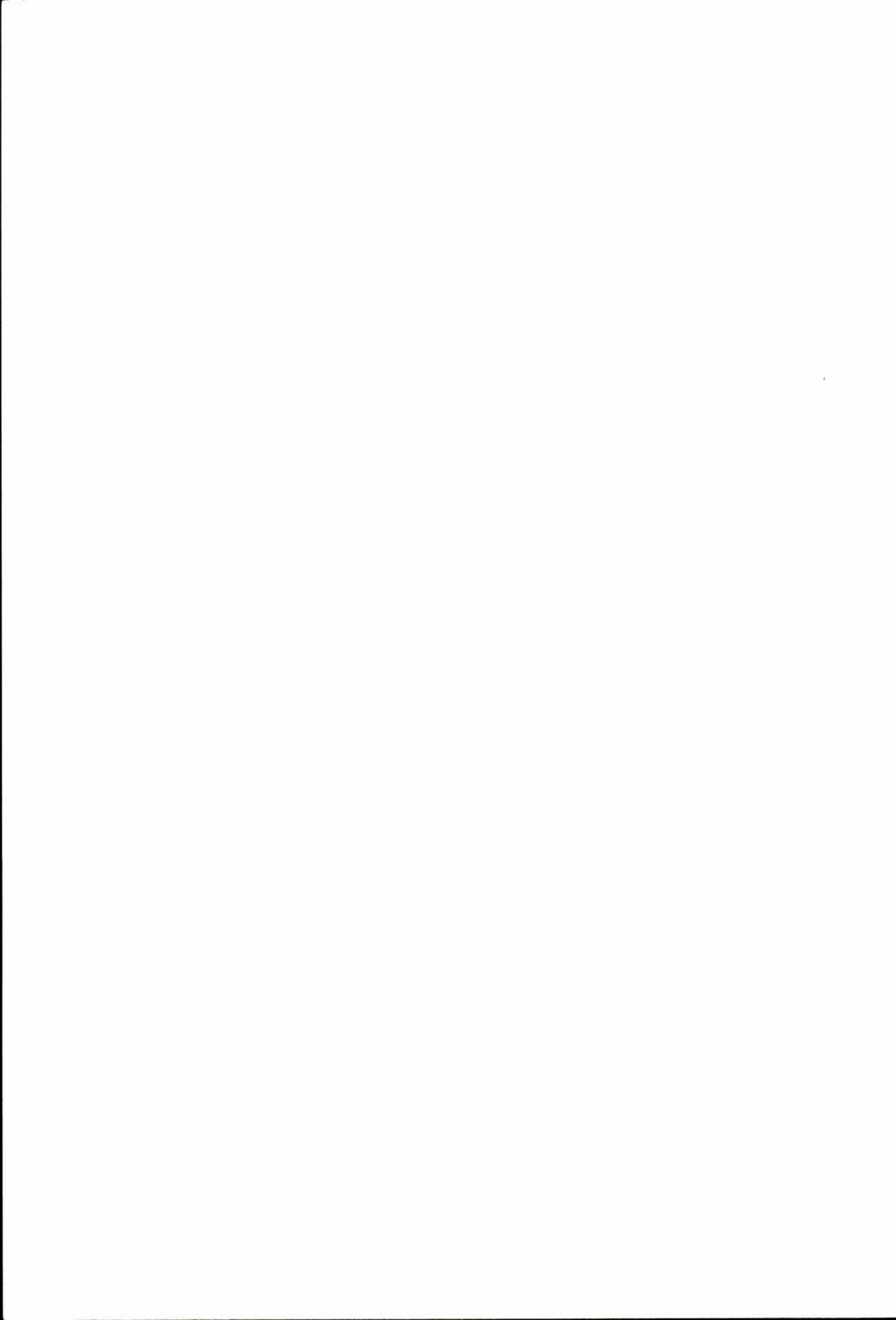




#### Vedlegg 4:

Nedenfor følger en liste over det arbeidet som en på nåværende stadium ser behov for å gjøre i den vider utredningen av AT-systemet. I hovedsak kan det se ut som om valget står mellom AT-system med dobbel negativleder eller alternativ med strømbalansetransformator/seksjonert kontaktledning og negativ- og positivleder.

- Undersøke om alternativene med negativ- og positivleder gir større fordeler enn systemet med doble negativledere. Her menes fordeler med forbimating ved utkobling av kontaktledning. Egen simulering der en har ensidig mating på en strekning med AT-system med dobbel negativleder vil gi klarhet i om dette er noe problem.
- Undersøke mulighetene for å øke avstanden mellom omformerstasjonene fra dagens 80 til 160 km. Se dette i sammenheng med utkobling av kontaktledning for alternativ med negativ- og positivleder og ensidig mating med AT-system med dobbel negativleder.
- Finner en at system med negativ og positivleder gir fordeler ved utkobling av kontaktledning kan en se på hyppigheten og varigheten av arbeid og tilsyn på kontaktledningen på den ene siden, og hvordan togtrafikken kan avvikles lettere ved at forbimating gir forbedrede spenningsforhold.
- Hvis system med negativ- og positivleder viser seg fordelaktig bør en finne ut om systemet med seksjonert kontaktledning kan fungere best.
- Hvis system med doble negativledere velges må egen studie på optimalisert oppheng av lederne gjøres.
- Hvis system med strømbalansetransformator er fordelaktig bør nye undersøkelser av dette utføres hos STRI. Noen alternativer for økt avstand mellom AT-stasjonene bør også gjøres.
- Hvis en kommer frem til at økt avstand mellom AT-stasjoner kan tillates i system med strømbalansetransformatorer bør simuleringer i SIMPOW/SIMTRAC gjøres. En bør se på spenning for togene, riktig dimensjonering av negativ- og positivleder og riktig dimensjonering av autotransformatorer.
- Egne undersøkelser med hensyn på redundans, tilgjengelighet og avbruddstid for de forskjellige systemene kan vurderes. Også valg av separate eller innbygde enheter for autotransformatorer og strømbalansetransformatorer er en vurdering som kan gjøres i denne sammenhengen.
- Utarbeide mer detaljerte planer for konsepter for AT-stasjoner og strømbalansetransformatorer. Se på nødvendig antall skillebrytere, vern, etc og kostnadene for dette. Detaljerte planer for kl-master og konfigurasjon for oppheng av lederne.
- Egen studie på sameksistensen mellom AT-system og signalanlegg, teleanlegg, sporbruddsdeteksjon etc. for norske forhold.
- Valg av løsning og konsept for gjennomføring av negativleder (og positivleder) i tunneler. Dette bør sees opp mot fremtidige planer for trafikkøkning og større togprofiler som krever større tunnelverrsnitt. Større tunnelverrsnitt kan gi muligheter for å kunne føre gjennom disse ekstra lederne som blanke ledere.







Jernbanelibet  
Biblioteket



09TU09982

71594421