

HOVEDPLAN

BANESTRØMFORSYNING

OFOTBANEN



1. JULI 1999

Prosjektnr.:	098138
Saksref.:	98/8221, JI 760
Prosjektnavn:	Hovedplan banestrømforsyning Ofotbanen
Oppdragsgiver:	Jernbaneverket Region Nord
Rapport nr.:	1

Sammendrag

Ofofbanen ble elektrifisert i 1923 og har hatt dagens struktur på banestrømforsyningen siden begynnelsen av 1970-tallet. I dag mater Rombak omformerstasjon inn på kontaktledningen direkte utenfor omformerstasjonen og via mateledninger til Bjørnfjell, Katterat, Straumsnes og Narvik koblingshus. Kontaktledningsnettets drives radielt og er inndelt i 8 seksjoner. Samkjøring med Sverige skjer via en seksjoneringsstasjon på svensk side av Riksgrensen.

Det er gjort omfattende simuleringer av dagens banestrømforsyning, med og uten ulike forsterkningstiltak, med fremtidig trafikkbelastning (inkludert nye malmtoglok og 30 tonns aksellast).

Det er gjort målinger i Rombak omformerstasjon for å bekrefte dagens belastning. Sammenligninger med simuleringer av fremtidig trafikk viser at strømmene øker med ca. 50 % ved innføring av 30 tonns aksellast og de nye malmlokomotivene.

Ut fra simuleringene er det konkludert med at strømføringsevnen i dagens infrastruktur vil bli for liten til å håndtere avvikssituasjoner i ruteplan og banestrømforsyning. Effektproduksjonen og spenningsforholdene langs banen vil være tilstrekkelig, også i avvikssituasjoner.

Følgende alternativer er sett nærmere på:

Alternativ 1

Alternativet innebærer kun helt nødvendig vedlikehold på strømforsyningsanlegg og i Rombak omformerstasjon. Nytt koblingshus i Narvik bør bygges før 30 tonn aksellast innføres, kostnaden er ikke tatt med her siden det foreligger en egen hovedplan for dette.

I normal drift etter ruteplanene og ved normal strømforsyningssituasjon vil alternativet være tilstrekkelig.

Alternativet er svært lite robust og sårbart for endringer i ruteplan og strømforsyningssituasjon.

Det kan ikke tillates at man kjører flere oppadgående tog inn på samme seksjon. For å hindre at dette skjer må man utstede ordre om dette til togdriftssentralen og elkraftscentralen i Narvik. På grunn av muligheten for menneskelig svikt bør man også innføre de termiske vernene i Rombak omformerstasjon.

Alternativet vil dermed innføre begrensninger i frihetsgraden som togdriftssentralen har til å styre trafikken ved forsinkelser

Mulighetene for å drive vedlikehold vil begrenses, spesielt mellom Riksgrensen og Tornehamn. Siden denne strekningen ligger i Sverige bør Banverket trekkes inn dersom dette alternativet velges. Det bør også her legges vekt på at Banverket oppgraderer sitt anlegg til å tåle de aktuelle strømverdiene som kan oppstå ved brudd på samkjøringen.

Kostnad for alternativ 1 er stipulert totalt til kr. 10 440 000,-.

Alternativ 2:

Alternativet går ut på å koble sammen og forsterke kontaktledningsanlegget øst for Rombak og mateledningen mellom Rombak og Bjørnfjell, samt omlegging av utgående bryterarrangement mot øst i Rombak omformerstasjon. Mateledning Katterat fjernes.

På kontaktledningsanlegget øst for Rombak, samt mateledning Straumsnes og Narvik gjennomføres kun nødvendig vedlikehold. *Det kan da ikke tillates at man kjører flere oppadgående tog inn på samme seksjon vest for Rombak.* For å hindre at dette skjer må man utstede ordre om dette til togdriftssentralen og elkraftsentralen i Narvik. På grunn av muligheten for menneskelig svikt bør man også innføre de termiske vernene i Rombak omformerstasjon.

Nytt Narvik koblingshus anbefales bygget før oppstart av 30-tonnstrafikken, kostnaden er ikke tatt med her siden det foreligger en egen hovedplan for dette.

Kostnad for alternativ 2 er stipulert totalt til kr.31 101 000 (herav totale vedlikeholdskostnader stipulert til kr. 11 357 000,-).

Alternativ 3:

Alternativet er likt alternativ 2 men dimensjonert for fortettet ruteplan. I henhold til simuleringsrapporten anbefales ikke kontaktledningsanlegget koblet sammen for fortettet ruteplan.

Kostnad for alternativ 3 er stipulert totalt til kr.31 236 000 (herav totale vedlikeholdskostnader stipulert til kr. 11 357 000,-).

Alternativ 4:

Alternativet går i hovedsak ut på å sammenkoble kontaktledningsnettet, bygge forsterkningsledning på strekningen Narvik – Rombak – Riksgrensen samt oppgradering av mateledningene Narvik – Rombak og Rombak - Bjørnfjell. Nytt koblingshus i Narvik bør bygges før 30 tonn aksellast innføres, kostnaden er ikke tatt med her siden det foreligger en egen hovedplan for dette.

Kostnad for alternativ 4 er stipulert totalt til kr. 41 747 000,- (herav totale vedlikeholdskostnader stipulert til kr. 11.591.000).

Alternativ 5.

Alternativet er likt med alternativ 4 men dimensjonert for fortettet ruteplan. I henhold til simuleringsrapporten anbefales ikke kontaktledningsanlegget koblet sammen for fortettet ruteplan.

Kostnad for alternativ 5 er stipulert totalt til kr. 41 833 000,-(herav totale vedlikeholdskostnader stipulert til kr.11 591 000,-).

Anbefaling

Med tanke på at Ofotbanen har baneprioritet 1 anses det som påkrevd at banen også i fremtiden vil ha muligheter til å takle avvikssituasjoner (for eksempel forsinkelser med påfølgende fortetting av trafikken eller utkobling av deler av kontaktledningsnettet som følge av feil), som i likhet med i dag antas å inntreffe relativt hyppig. Det anses videre som påkrevd at man har mulighet til, i form av tilstrekkelig sportilgang, å utføre det vedlikehold som er påkrevet på en bane med så stor belastning og slitasje.

På bakgrunn av ovennevnte vurderinger anbefales alternativ 4 med bygging av forsterkningsledning langs hele banen samt en oppgradering av eksisterende matledninger Rombak – Narvik og Rombak Bjørnfjell. Mateledningene Rombak – Straumsnes og Rombak – Katterat anbefales utkoblet.

Vedlikeholdstiltakene med totalt 11.6 mill. Kr. Vil i sin helhet måtte gjennomføres i de nærmeste år uansett 30 tonns aksellast eller ikke. Dette beløp holdes derfor utenfor diskusjon om fordelingen av kostnadene mellom LKAB og Jernbaneverket.

Simuleringene (vedlegg 3) viser at strømuttaket til oppadgående olivintog på strekningen øker fra rundt 400 A til rundt 600 A. Dette er en økning på 50 %. På strekningen mot Sverige har strømmene økt mer (ca 100 %) på grunn av de tunge vestgående malmtogene. Investeringsiltak som omhandler mateledning Bjørnfjell tilskrives derfor i sin helhet 30 tonns aksellast.

Forsterkninger i kontaktledningsanlegget og mateledning Narvik vil komme alle trafikkelskaper på strekningen til gode. Det foreslås derfor en fordeling på 50 % som tilskrives 30 tonns aksellastprosjektet, mens de resterende 50 % tas som investering i Region Nord's anlegg.

Investeringsiltak i Bane Energis anlegg skyldes høye strømmer ved fremføring av malmtog ved brudd på samkjøringen med Sverige. Disse tiltakene tilskrives derfor 30 tonns aksellastprosjektet.

LKABs del av investeringskostnadene blir dermed kr. 16 827 000,- og Jernbaneverkets del kr. 13 329 000,-

f-4 For Jernbaneverket Ingeniørtjenesten
Prosjektansvarlig (PA): Kolbjørn Lofthus

Signatur: Frode Nilsen

Prosjektleder (PL): Frode Johannessen

Signatur: Frode Johannessen

Rapport utarbeidet av: TMF, FrJ og MGH

Signatur: Mona L. M. Fjellstad

DOKUMENTKONTROLL SIDE

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Nord

Prosjektbeskrivelse: Utarbeidelse av hovedplan for banestrømforsyningen ved Ofotbanen, inkludert simuleringer i Simpow/Simtrac av dagens situasjon og ulike alternative fremtidige situasjoner.

Prosjektnr: 098138

Dokumenttittel: Hovedplan banestrømforsyning Ofotbanen Dokument nr.: 1

Rev.nr: 1

Sjekkpunkter	Utførende (saksbehandler) (dato/sign.)	Kontroll (SL) / andre (dato/sign.)
Samsvar med egne fagkrav og bestemmelser	30/6.99, Nord L. Føllesdal	
Samsvar med andre fag	30/6.99, Nord L. Føllesdal	
Samsvar med kontrakt	30/6.99, Nord L. Føllesdal	
Disposisjon, logisk oppbygging, presentasjon	30/6.99, Nord L. Føllesdal	
Språk	30/6.99, Nord L. Føllesdal	

Generelle kommentarer:

Dokument godkjent for utsendelse

Dato: 29.06.99

Sign. F. Nilsen

Innhold

1. INNLEDNING	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Målsetting.....	1
1.3 Forutsetninger.....	1
2. DAGENS ANLEGG	2
2.1 Rombak omformerstasjon	2
2.2 Narvik koblingsanlegg	2
2.3 Mateledning.....	2
2.4 Kontaktledning	3
2.5 Vern, nødfrakobling, rasvarslingsanlegg og avsporingindikering.....	3
2.5.1 Vern av kontaktledningen	3
2.5.2 Nødfrakobling	3
2.5.3 Rasvarslingsanlegg	4
2.5.4 Avsporingindikering.....	4
2.6 Systemet som helhet.....	4
3. FREMTIDIGE BEHOV	5
3.1 Rombak omformerstasjon	5
3.2 Narvik koblingsanlegg	6
3.3 Mateledning.....	7
3.4 Kontaktledning	8
3.5 Vern, nødfrakobling, rasvarslingsanlegg og avsporingindikering.....	9
3.5.1 Vern av kontaktledningen	9
3.5.2 Nødfrakobling	9
3.5.3 Rasvarslingsanlegg og avsporingindikering.....	9
3.6 Systemet som helhet.....	9
4. AKTUELLE ALTERNATIVER (INKLUDERT KOSTNADER).....	10
4.1 Alt. 1 Ingen forsterkningstiltak på kontaktledning og mateledninger, kun nødvendige vedlikeholdstiltak.....	10
4.1.1 Tiltak	10
4.1.2 Konsekvenser.....	10
4.1.3 Kostnader	11

4.2	Alt. 2 Forsterkningsledning Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Rombak – Riksgrensen Feral 2x95 mm ² , nødvendige vedlikeholdstiltak, normal ruteplan	12
4.2.1	Tiltak	12
4.2.2	Konsekvenser	12
4.2.3	Kostnader	13
4.3	Alt. 3 Forsterkningsledning Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Rombak – Riksgrensen Feral 2x120 mm ² , nødvendige vedlikeholdstiltak, fortettet ruteplan	15
4.3.1	Tiltak	15
4.3.2	Konsekvenser	15
4.3.3	Kostnader	16
4.4	Alt. 4 Forsterkningsledning Narvik – Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Narvik – Rombak – Bjørnfjell Feral 2x 95 mm ² , normal ruteplan	17
4.4.1	Tiltak	17
4.4.2	Konsekvenser	17
4.4.3	Kostnader	18
4.5	Alt. 5 Forsterkningsledning Narvik – Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Narvik – Rombak – Bjørnfjell, fortettet ruteplan	19
4.5.1	Tiltak	19
4.5.2	Konsekvenser	19
4.5.3	Kostnader	20
5.	SAMMENSTILLING OG ANBEFALING	22
5.1	Alt. 1 Ingen forsterkningstiltak på kontaktledning og mateledninger, kun nødvendige vedlikeholdstiltak	22
5.2	Alt. 2 Forsterkningsledning Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Rombak – Riksgrensen Feral 2x95 mm ² , nødvendige vedlikeholdstiltak, normal ruteplan	22
5.3	Alt. 3 Forsterkningsledning Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Rombak – Riksgrensen Feral 2x95 mm ² , nødvendige vedlikeholdstiltak, normal ruteplan	22
5.4	Alt. 4 Forsterkningsledning Narvik – Rombak - Riksgrensen, mateledning Narvik – Rombak – Bjørnfjell	22
5.5	Alt. 5 Forsterkningsledning Narvik – Rombak - Riksgrensen, mateledning Narvik – Rombak – Bjørnfjell	23
5.6	Anbefaling	23
6.	REFERANSEDOKUMENTER	26
7.	VEDLEGG	27

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Som en følge av utredningen "30 tonn på Ofofbanen/Malmbanen" av juli 1997 ble det ble det besluttet at videre arbeid skulle innbefatte utarbeidelse av hovedplaner for de enkelte fagområder som var opplistet i utredningen. Dette dokumentet er således en hovedplan for banestrømforsyningen på norsk side.

Denne hovedplanen ble utgitt for en "minihøring" mai 1999. Under høringen ble det oppdaget feil på togenes rullemotstand i simuleringene som var lagt til grunn for dimensjoneringen. Feilen skyldes en misforståelse om formatet som den hastighetsavhengige delen av rullemotstanden skal oppgis på i programmet Simtrac. Det er derfor en del endringer i forutsetninger og konklusjoner i denne hovedplanen i forhold til utgave av mai 1999.

1.2 Målsetting

Målsettingen med dette dokumentet er på et hovedplannivå å komme frem til de tiltak som realiseres dersom det skal bli aktuelt å kjøre med 30 tonns aksellast på Ofofbanen. Videre skal de ulike tiltakene deles inn i 2 grupper: én for tiltak som må gjennomføres dersom 30 tonns aksellast innføres og én for tiltak som på litt sikt må gjennomføres uansett (vedlikeholdsprosjekter). Det skal også skje en inndeling etter om tiltakene er i Jernbaneverket Region Nord's anlegg eller i Jernbaneverket Bane Energis anlegg.

De tiltakene som anbefales i denne hovedplanen, samt inndelingen i rene 30 tonns tiltak og ordinære vedlikeholdstiltak, vil senere danne grunnlag for forhandlinger om fordeling av kostnadene.

1.3 Forutsetninger

Banestrømforsyningen må være robust nok til å dekke alle normale driftssituasjoner som kan oppstå med det togmateriell og de planlagte ruteplaner.

Banestrømforsyningen bør i tillegg være robust nok til å takle avvik i forbindelse med vedlikehold, forsinkelser og mindre omfattende feilsituasjoner.

Nye malmtoglokomotiv antas å være i henhold til foreløpige spesifikasjoner (våren 1999). Dette gjelder spesielt virkningsgrad, maksimal motoreffekt, effektfaktor og rullemotstand.

2. Dagens anlegg

Vedlegg 1 inneholder en skjematisk fremstilling av Ofotbanen med innregnede stasjoner og kilometrering. Stasjonenes plassering er oppgitt under.

Fagernes stasjon	Km 0,00
Narvik stasjon	Km 3,70
Blokkpost Djupvik	Km 8,41
Straumsnes stasjon	Km 13,76
Rombak stasjon	Km 20,43
Blokkpost Horisontalen	Km 25,58
Katterat stasjon	Km 29,73
Blokkpost Fagerlia	Km 34,48
Bjørnfjell stasjon	Km 40,46
Riksgrensen	Km 41,90
Tornehamn omformerstasjon (Sverige)	Ca Km 63,00

2.1 Rombak omformerstasjon

Rombak omformerstasjon er den eneste omformerstasjonen langs Ofotbanen, og ble satt i drift i 1967. Omformerstasjonen har i dag 3 transportable roterende aggregat og 2 transformatorvogner. De roterende aggregatene er pr. i dag av størrelse 2 x 10 MVA og 1 x 5,8 MVA. Transformatorvognene er hver på 15 MVA, står i parallell, og er tilstrekkelig for å forsyne alle de 3 aggregatene.

Omformerstasjonen har i dag 5 utgående linjer; mateledning Narvik, mateledning Straumsnes, kl Rombak, mateledning Katterat og mateledning Bjørnfjell. Det vises til vedlegg 1 som inneholder koblingsskjema for kontaktledningsnettet for hele Ofotbanen. Bryteranlegget i utgående linjer er i dag dimensjonert for 1200 A nominelt og effektbryterne er av type trykkluftbrytere. Utgående linjeutrustning for øvrig, så som 15 kV samleskinner, strømtransformatorer, skillekniver m.m., er også dimensjonert for 1200 A (noe mindre for X-samleskinne).

2.2 Narvik koblingsanlegg

Koblingsanlegget i Narvik fikk dagens form i 1974 i forbindelse med omlegging fra transformatorstasjon med 80 kV inn til et konvensjonelt koblingsanlegg med 15 kV mateledning fra Rombak omformerstasjon.

Koblingsanlegget har i dag i tillegg til mateledningen fra Rombak 4 utgående linjer; Øvre rangerstasjon (LKAB), Nedre rangerstasjon, Narvik og Djupvik. For detaljer vises det til vedlegg 1 som inneholder koblingsskjema. Bryteranlegget i utgående linjer er i dag dimensjonert for 600 A nominelt og effektbryterne er av type oljefattige.

Koblingsanlegget er for øvrig omtalt spesielt i egen hovedplan, se ref [2].

2.3 Mateledning

I 1927, fire år etter at Ofotbanen ble elektrifisert, ble banen forsynt fra Nygård kraftverk på nordsiden av Rombakfjorden via 80 kV linjer til Narvik og Katterat transformatorstasjoner. Etter idriftsettelsen av Rombak omformerstasjon ble linjen lagt om til 15 kV. Linjen ble samtidig delt opp slik at det går én

linje (mateledning) fra omformerstasjonen og ned til Narvik koblingsanlegg og én linje (mateledning) til Bjørnfjell stasjon via Katterat stasjon. Disse mastene er stålmaster i fagverksutførelse. I tillegg ble det opprettet 2 nye mateledninger fra omformerstasjonen, som er hengt opp på egen masterekke av tremaster; én som går til Straumsnes og én som går til Horisontalen. For detaljer vises det til vedlegg 1.

Mateledningene fra Rombak til Narvik og til Bjørnfjell er 2 x 60 mm² Cu mens mateledningene til Straumsnes og Horisontalen er 150 mm² Feral. Mateledningene til Narvik og Bjørnfjell er utstyrt med jordline som går på toppen av masterekken.

I 1998 ble det foretatt en linjebefaring av mateledningen fra Rombak omformerstasjon til Narvik koblingsanlegg. Befaringen avdekket behov for utbedringer på kun få master og traverser, mens det var en del flere fundamenter som fikk anmerkninger. Det er kun få anmerkninger på isolatorer og fester. Det er grunn til å anta at tilstanden på mateledningen Rombak – Bjørnfjell er tilsvarende.

2.4 Kontaktledning

Kontaktledningen mellom alle stasjonene på strekningen Narvik - Bjørnfjell, er bygd om til tabell 54. Kontakttråd, hengertråder, utliggere, avspenninger og master er byttet ut med nytt. Bærelinen som ble montert i 1923 er derimot ikke byttet ut. Kl-brytere mellom stasjonene er av type Siemens F106. Den ombygde delen av kontaktledningsanlegget er ca. 15 år.

Kontaktledningsanlegget på stasjonene er av eldre type. Det er montert forbigangsledning på alle stasjonene. Forbigangsledningen på Straumsnes st. er montert i luftstrek og som kabel mellom km 13,9 – km 14,3. Det er montert returledning på Rombak st. og Bjørnfjell st.

Strømføringsveien for kontaktledningsanlegget og kl-bryterne på eksisterende anlegg er begrenset til 600A.

Ved Riksgrensen står det en seksjoneringsstasjon, tidligere en sonegrensebryter, som gir mulighet for brudd i samkjøringen med Sverige. Seksjoneringsstasjonen eies av Baneverket. Elkraftsentral/togdriftssentralen i Narvik har indikering av bryterstilling men ikke koblingsmulighet.

2.5 Vern, nødfrakobling, rasvarslingsanlegg og avspøringsindikering

2.5.1 Vern av kontaktledningen

I Rombak omformerstasjon er alle utgående linjer utstyrt med distansevern, overstrømsvern, underspenningsvern og termisk overbelastningsvern. De termiske overbelastningsvernene er utkoblet.

Utgående linjefelt i koblingsanlegget i Narvik er utstyrt med overstrømsvern, men ikke distansevern. Distansevern ble i sin tid vurdert som unødvendig.

Seksjoneringsstasjonen på Riksgrensen har i tillegg til vanlig verneutrustning også distansevern. Seksjoneringsstasjonen vil også falle ved nødfrakobling på norsk side.

2.5.2 Nødfrakobling

Langs Ofofbanen, fra Riksgrensen til elkraftsentralen i Narvik, går det én nødfrakoblingsløyfe som går innom alle stasjoner langs banen. Sløyfen forsynes fra Rombak omformerstasjon og går ikke innom Narvik koblingshus. Ved brudd på sløyfen faller alle utgående linjebrytere i Rombak samt seksjoneringsstasjonen ved grensen. Utgående linjebrytere i Narvik vil falle indirekte som følge av spenning fra Rombak via mateledning og kontaktledning faller, og at man dermed får utløsning av underspenningsvern.

Det går én nødfrakoblingsløyfe fra koblingshuset og ned til MTAS. Ved brudd på sløyfen faller bryterne mot Øvre og Nedre rangerstasjon. Dette ettersom begge bryterne har mulighet til å mate MTAS' område. Denne nødfrakoblingsløyfen gir MTAS mulighet for å foreta nødfrakobling for eget

område, uten at det får konsekvenser for det resterende banenettet. Det er ikke kjent hva som var opprinnelig argumentasjon for opprettelsen av sløyfen.

2.5.3 Rasvarslingsanlegg

I området rundt Norddalen er det satt opp flere rasgjerdene. Rasgjerdene har montert en strømførende sløyfe som vil bli brutt (av en saks) ved ras. Ved indikering av ras vil automatisk signalanlegget gå i stopp/rødt, fra begge sider. I tillegg vil det oppstå strømbrudd. I dag rammer et slikt strømbrudd hele Ofofbanen (tilsvarende nødfrakoblingen), men systemet skal i nærmeste fremtid legges om slik at kun den berørte strekningen blir koblet ut.

2.5.4 Avsporingsindikering

Avsporingsindikering fungerer tilsvarende som rasvarslingsanlegget. Teknisk baseres indikeringen på en strømførende leder som går langs sporet, festet til svillene. Ved enkelte sviller er lederen festet langs svillen, i hele svillens lengde. Et avsporet hjul vil da kappe lederen ved passering og vil dermed resultere i avsporingsindikering.

2.6 Systemet som helhet

Kontaktledningsnettet på Ofofbanen er i dag delt opp i om lag 8 seksjoner som er elektrisk forbundet kun gjennom 15 kV samleskinnene i Rombak omformerstasjon og Narvik koblingsanlegg. Skille mellom de enkelte seksjonene er stort sett ved hjelp av seksjonsdeler.

Banestrømforsyningen ved Ofofbanen kan således betegnes som et radialnett.

En fordel ved denne driftsformen er at ved feil (for eksempel kortslutning av kontaktledningen) vil kun den berørte seksjonen bli utkoblet. Tog som kjører på andre seksjoner vil dermed ikke bli rammet.

En ulempe ved driftsformen er at samkjøringseffekten uteblir: belastningen som tog representerer fordeler seg ikke på kontaktledningen i begge retninger, men kun i én retning. Dette medfører høyere spenningsfall og tap i kontaktledningsanlegget. En annen ulempe er at det kan oppstå relativt store spenningsforskjeller mellom de to kontaktledningspartene ved kryssing av et seksjonsdele, noe som igjen kan medføre nedbrenning. Situasjonen er særlig ugunstig dersom man på den ene seksjonen har et tog som brems kraftig regenerativt mens på den andre seksjonen har et tog med kraftig pådrag og ett av dem passerer seksjonsdelet.

Målinger utført i Rombak omformerstasjon i tidsrommet 14.04.99 – 23.04.99. (vedlegg 2) viser at typiske strømverdier for dagens malm/olivintog på strekningen ligger i området 400 – 500 A.

Mateledningene Narvik og Katterat har også maksimalverdier opp mot 750 A. Disse strømtoppene er meget kortvarige (5- 10 s.) og skyldes godstog med multippekoblet RC materiell.

Strøm i mateledning Bjørnfjell som er sammenkoblet med Banverkets kontaktledningsanlegg ligger under 325 A.

Ingen av de ovennevnte strømverdiene medfører overbelastning av kontaktledning eller mateledninger.

3. Fremtidige behov

Vurdering av fremtidige behov bygger i hovedsak på simuleringer av banestrømforsyningen på Ofotbanen. Se for øvrig simuleringsrapport i vedlegg 3.

3.1 Rombak omformerstasjon

På grunn av høye strømmer ved utfall av samkjøringen med Tornehamn bør utgående effektbrytere på linjer østover dimensjoneres for 2000 A nominelt.

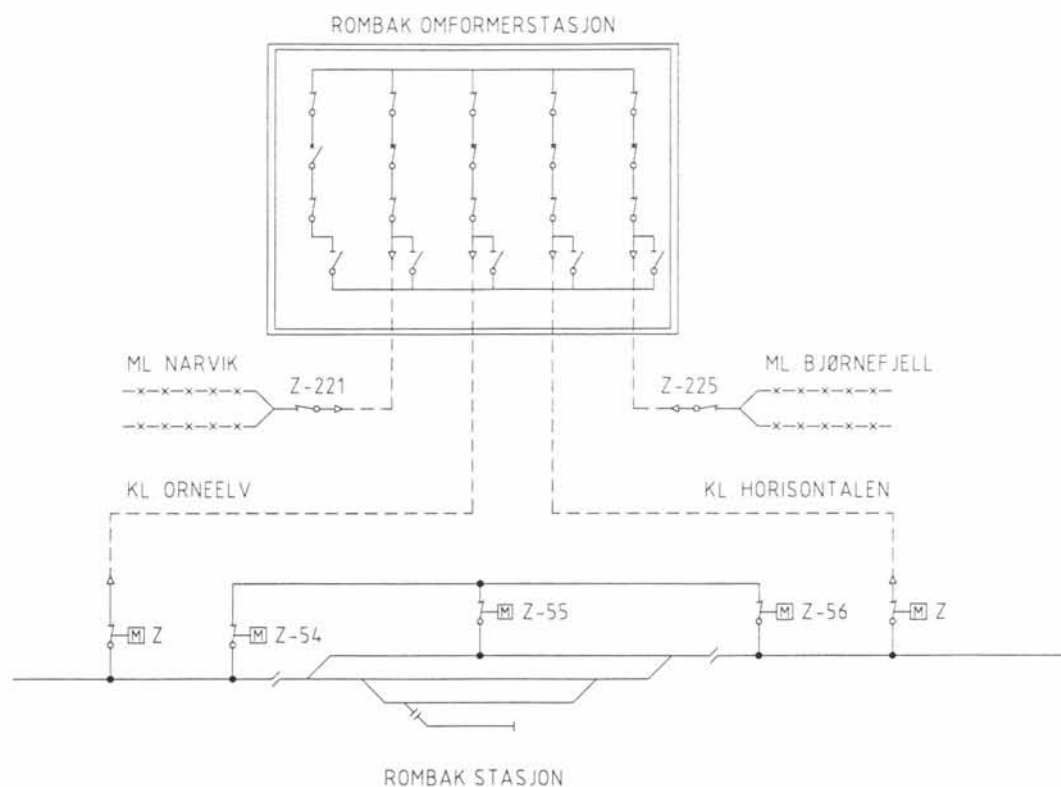
På grunn av høye laststrømmer over lengre perioder (om lag 850 A i 10 min.) antas det nødvendig med Al 2 x 400 mm² på utgående kabler (og returkabler) fra hver linjeavgang østover.

For linjeavganger mot vest vil Al 2x240 mm² være tilstrekkelig.

Under forutsetning av at seksjoneringsstasjonen på grensen har distansevern og at nye malmtoglok ikke mater for mye reaktivt ved regenerativ drift ($\cos \varphi \geq 0,98$ ved bremsing), vil dagens distansevern ikke ha problemer med å løse ut for feil i nettet. Bane Energi melder imidlertid at vernet i dag har problemer med å skille store laster fra feil, og dermed kobler ut mer enn nødvendig og skaper unødvendige driftsforstyrrelser. Det er grunn til å anta at problemet vil øke med økende lastuttak. Det bør derfor vurderes mer inngående om det er behov for å skifte distansevernene som følge av innføring av nye malmtoglok. Kostnader for skifting av distansevern er ikke tatt med i denne hovedplanen.

I tillegg til de tiltak som er beskrevet over vil nye malmtoglok fremskynde en gjennomgang og oppgradering av prinsippet for spenningsregulering av roterende omformeraggregater. Dagens regulatorer er avhengig av å kunne måle reaktiv strømkomponent. Med dominans av nye malmtoglok som har effektfaktor tilnærmet lik 1,0 og dermed reaktiv strømkomponent tilnærmet lik 0, vil dagens spenningsregulatorer få problemer. Dette er et prosjekt som uansett må gjennomføres i forbindelse med at trafikken vil bli dominert av nytt materiell (for eksempel El18, flytog, krengetog og nye lokaltog), men som først vil gjøre seg gjeldende på Ofotbanen.

Som omtalt i kapittel 3.6 anses det fortsatt å være behov for de 2 utgående linjeavgangene som forsyner mateledningene Rombak - Narvik og Rombak - Bjørnfjell. Mateledningene mot Straumsnes og Katterat/Horisontalen har kun dimensjon Feral 1 x 150 mm² og vil ikke ha kapasitet til å tåle avvik i ruteplanen. Skal disse beholdes bør de forsterkes. Ved sammenkoblet kontaktledning med forsterkningsledning anses det ikke å være behov for de 2 korte mateledningene. Det anbefales i stedet å erstatte utgående linjeavganger kl Rombak, ml Straumsnes og ml Katterat. Som erstatning installeres én tilkobling til kontaktledningen i retning vestover, én til kobling til kontaktledningen i retning østover og ett reservefelt. Rombak stasjon spenningssettes via en kl-bryter, vestre eller østre side. Se for øvrig figur 3-1.



Figur 3-1 Forslag til nytt koblingsbilde for kontaktledningsanlegget ved Rombak omformerstasjon.

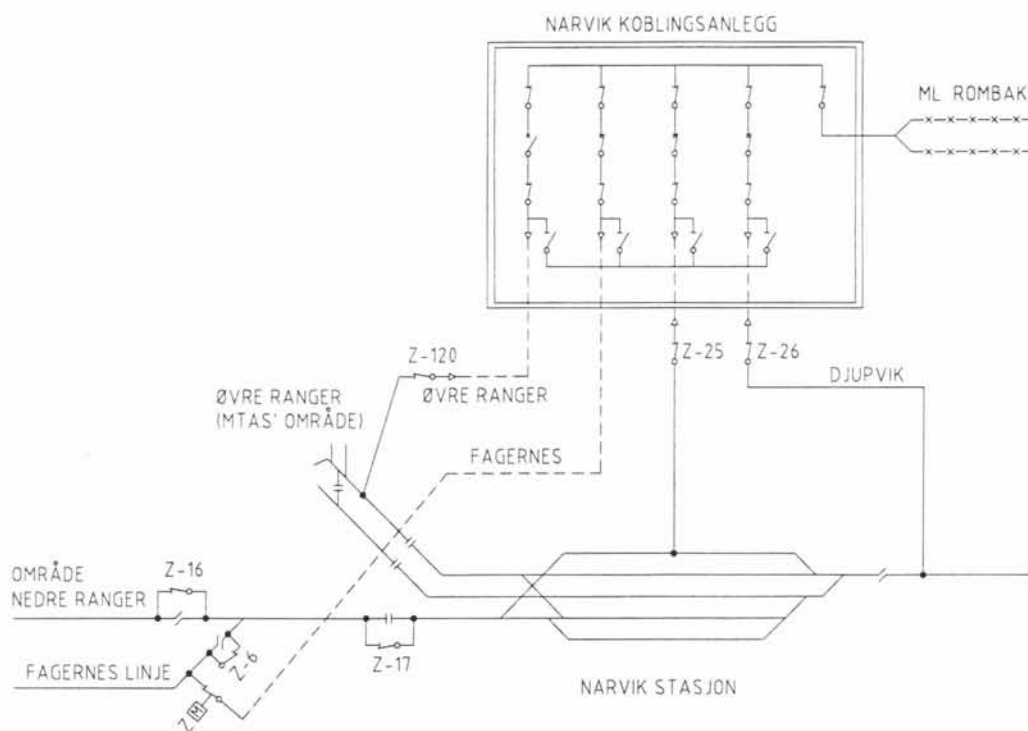
3.2 Narvik koblingsanlegg

Med hensyn på Narvik koblingsanlegg er det behov for å skifte ut store deler av utrustningen. I henhold til egen hovedplan for koblingsanlegget anbefales det å bygge et helt nytt koblingshus inkludert nye utgående kabler for tilknytning til kontaktledningen, ref [2].

I hovedplanen ble det også anbefalt en viss omrokking av de utgående linjeavgangene. Linjeavgangene Djupvik og Øvre Ranger beholdes som i dag. Linjeavgangen Narvik stasjon utvides til også å dekke området som betegnes Nedre Ranger. Linjeavgangen som nå dekker området Nedre Ranger anbefales i stedet å dekke Fagernes. Se for øvrig figur 3-2.

Bygging av nytt koblingshus er basert på krav til bedre driftssikkerhet og personsikkerhet på eksisterende funksjoner. Det er videre et generelt behov for økte dimensjoner (med hensyn på nominell merkestrøm) som følge av økt belastning av banestrømforsyningen. Nytt koblingshus er således å betrakte som et rent vedlikeholdsprosjekt som er påkrevd, uavhengig om det innføres 30 tonn aksellast eller ikke.

30 tonn aksellast vil medføre en ekstra belastningsøkning i banestrømforsyningen. For alternativ 3 og 4 (se kap. 4.3 og 4.4) som inkluderer mateledning mellom Narvik og Rombak, vil dette medføre at dagens utgående kabler ($I_n = 300$ A), dagens effektbrytere ($I_n = 600$ A) og dagens strømtransformatorer ($I_n = 400$ A) bør skiftes før 30 tonn aksellast innføres. Dersom disse delkomponentene skiftes i eksisterende koblingshus må det påregnes omlegging av kablene (nytt koblingshus vil ha annen plassering) og ny utskifting av effektbrytere og strømtransformatorer (i nytt koblingshus vil utgående linjefelt leveres som prefabrikkerte celler, inkludert effektbrytere og strømtransformatorer). Et nytt koblingshus bør derfor bygges før 30 tonn aksellast innføres.



Figur 3-2 Forslag til nytt koblingsbilde for kontaktledningsanlegget ved Narvik koblingsanlegg.

På grunn av muligheten for høye strømmer i 15 kV anlegget (ref. simuleringsrapport i vedlegg 3) bør kabeldimensjon i utgående linjeavganger være minimum $2 \times 240 \text{ mm}^2$ Al ($1 \times 400 \text{ mm}^2$ synes ikke å være tilstrekkelig).

3.3 Mateledning

Også i fremtiden anses det som nødvendig med mateledning på strekningene Rombak – Narvik og Rombak - Bjørnfjell. Dette begrunnes ut i fra følgende felles argumenter:

- Jernbaneverket har et ganske omfattende leveringsansvar overfor MTAS og også overfor ARE (Fagernes spesielt). Stans i strømforsyningsleveransen vil være relativt dyrt.
- Vedlikeholdssesongen er kort og det er behov for fri sportilgang i lengst mulig perioder av gangen.
- Vedlikeholdsprogrammet er betydelig høyere enn ved andre baner, for eksempel skjer en total utskifting av skinnegangen i løpet av hver 4 års periode.
- De naturlige trafikkpausene er så korte at det vil kunne føre til begrensning i malmtrafikken for å gjennomføre vanlig planlagt vedlikehold uten å benytte mateledningene.
- Relativt hyppige ras som medfører brudd på kontaktledningen og dermed behov for mating via alternative forsyninger.

For strekningen Rombak – Narvik gjelder følgende argumenter spesielt:

- Uten mateledningen Rombak – Narvik vil hele Narvik -området bli lagt spenningsløst ved brudd på kontaktledningen mellom Rombak og Narvik, for eksempel på grunn av vedlikehold.
- Skifting på Fagernes området skjer med el-lok. Det er i denne sammenheng ønskelig med egen linjeavgang for Fagernes i Narvik koblingsanlegg slik at skifting kan skje samtidig med arbeider på kontaktledningen lenger oppe.
- Nye behov ved MTAS' område, for eksempel egen nødfrakobling.

For strekningen Rombak – Bjørnfjell gjelder følgende argumenter spesielt:

- Mateledningen er nødvendig for å kunne ha 2 brudd samtidig (ett på hver side av tilkoblingspunktet for mateledningen) og fortsatt kunne kjøre tog på strekningen mellom bruddene.

Avhengig av hvilket alternativ som vedtas er det sannsynlig at tverrsnittet på mateledningene til Narvik og Bjørnfjell må oppgraderes, fra dagens 2 x 60 mm² Cu til 2x 95 mm² Feral eventuelt Feral 2x120 mm² på mateledning Bjørnfjell. Det er også aktuelt å fornye topplinen, isolatorer og fester.

Det er behov for å foreta utbedringer på en del fundamenter ved mateledningene Rombak – Narvik og Rombak – Bjørnfjell. Det må også påregnes behov for utbedring på enkelte master og traverser.

3.4 Kontaktledning

I forbindelse med at banen skal bygges om til tillatt akseltrykk 30 tonn, anbefales det å bygge forsterkningsledning på strekningen Narvik st. - Rombak st. og på strekningen Rombak st. – Riksgrensen (seksjoneringsstasjonen). Se kapittel 3.6 og vedlegg 3.

I forbindelse med montering av forsterkningsledning anbefales det å bytte ut bærelinen på hele strekningen. Sannsynligheten for at bærelinen er dårlig er meget stor. Kontaktledningsbryterne mellom stasjonene kan benyttes, men bør justeres til godkjent trykk mellom strømbanene. Kontaktledningsanlegget på stasjonene er så dårlig at det bør byttes ut i sin helhet.

Det anbefales å montere nye lastskillebrytere i forbigangsledningen på Straumsnes st., Katterat st. og Bjørnfjell stasjon. Tilkoblinger mellom bryterne skal utføres med blank Cu 2 x 150 mm².

Forbigangsledningene på Straumsnes, Katterat og Bjørnfjell stasjoner bør forsterkes med 1 x 240 mm² Al som monteres parallelt med forbigangsledningen. Kabelen km 13,9 – km 14,3 byttes ut med 2 nye kabler av type TXSE 1 x 400 mm² Al. Det er ikke behov for å montere forsterkningsledning på Rombak st. Eksisterende forbigangsledning kan benyttes.

Det bør monteres forsterkningsledning for kontaktledningsanlegget mellom Narvik st. og Rombak st. (km 4,640 – km 20,260) samt mellom Rombak st. og Riksgrensen/seksjoneringsstasjonen (km 21,810 – km 41,900). Forsterkningsledningene, blank Al 1x240 mm², monteres på toppisolatorer festet på travers på eksisterende master. Det monteres spir og kurvebardun på mastene hvor forsterkningsledningene krysser sporet. Det forutsettes at det er B2- og H2- master som er benyttet på strekningen. Master med lavere standard vil ikke tåle belastningen fra forsterkningsledningene. Toppisolatorene skal ha fast toppklemme for aluminiumstråd. Forsterkningsledningene anbefales forlagt som kabel type TXSI 1 x 400 mm² Al gjennom alle tunnelene. Kabelen skal være halogenfri og selvslukkende.

Forsterkningsledningene bør tilkobles kontaktledningsanlegget om lag for hver 250 meter. Tilkoblingene bør skje i tilknytning til mast og utligger. Tilkoblingene mellom forsterkningsledningene og kontaktledningsanlegget bør utføres med Cu 150 mm². Cu-ledningen presses til forsterkningsledning med cupalkobling 240 mm² Al og 150 mm² Cu. Cu-lederen tilkobles på undersiden av forsterkningsledning slik at regnvann ikke drypper fra Cu-lederen til Al-lederen. Forsterkningslederne tilkobles alle kl-bryterne på strekningen og avspennes i hver brytermast..

Forsterkningsledningene avspennes i mast foran hver tunnelåpning, mastene må ha avspenningsbardun. Det monteres kabel fra avspenningsmastene og gjennom tunnelene. Kablene forlegges på kabelbro som monteres på tunnelveggen under utliggerne. Kabelen må ha godkjent beskyttelse. Videre monteres det endemuffer i begge endene på alle kablene og overspenningsvern i begge ender av kablene som er over 100 meter lange. Kablene tilkobles forsterkningsledningene.

Dagens filterimpedanser er dimensjonert for 950 A i 30 min. og 1600 A i 5 min. De har således en overbelastningsevne omtrent på linje med kontaktledning påmontert forsterkningsledning, og vil følgelig ikke være kritiske selv med de strømmer de nye malmtoglokene vil medføre.

Alle eksisterende håndbetjente kontaktledningsbrytere på strekningen bør demonteres.

Der eksisterende brytere demonteres bør seksjonsdelene kortsluttes.

Fornyelse av kontaktledningsanlegget på Straumsnes og Bjørnfjell stasjoner er beskrevet i egne anbudsunderlag og er derfor ikke tatt med i denne hovedplanen.

3.5 Vern, nødfrakobling, rasvarslingsanlegg og avsporingsindikering

3.5.1 Vern av kontaktledningen

Rombak omformerstasjon må ha distansevern og overstrømsvern slik som i dag. De termiske overbelastningsvernene anbefales innkoblet for å sikre mot overoppheting av anlegget.

Narvik koblingsanlegg bør ha overstrømsvern i alle linjeavganger. Distansevern anses kun som nødvendig i linjeavgangen mot Djupvik (inkludert i hovedplanen for koblingsanlegget).

Dersom nye malmtog, som har regenerativ bremsing, tillates å ha $\cos \phi$ særlig ulik 1,0 ved tilbakemating av effekt, kan dette medføre uheldige situasjoner ved feil på kontaktledningsanlegget. Ved uheldige sammenreff av betingelser kan man risikere at en feil ikke blir fanget opp av vern i Rombak omformerstasjon, og dermed heller ikke blir koblet bort. Slike situasjoner kan alternativt unngås ved å stille krav til nye malmtog om at $\cos \phi$ skal være tilnærmet lik 1,0 ved regenerativ bremsing. Det vises for øvrig til vedlagte simuleringsrapport, kapittel 6.

3.5.2 Nødfrakobling

Som beskrevet i hovedplanen for koblingsanlegget i Narvik er det anbefalt at eksisterende nødfrakoblingsløyfe trekkes innom koblingshuset og at koblingshuset utstyres for direkte utkobling av effektbryterne. Koblingshuset bør også utstyres for å kunne overta matingen av nødfrakoblingsløyfen ved eventuell feil på anlegget i Rombak. Begge nødfrakoblingsløyfer bør videre oppgraderes slik at de kan overvåkes og styres fra elkraftsentral/togdriftssentral. Det forutsettes at MTAS fortsatt har behov for egen nødfrakoblingsløyfe til sitt område, som inkluderer effektbryterne i Narvik koblingshus.

3.5.3 Rasvarslingsanlegg og avsporingsindikering

For rasvarslingsanlegget og avsporingsindikeringen er det i dag planer om å modifisere dette slik at kun den berørte strekningen blir koblet og gjort spenningsløs ved utløsning. Ut over dette er det ikke behov for endringer sett med hensyn på banestrømforsyningen.

3.6 Systemet som helhet

Fordelene og ulempene ved at kontaktledningsnett er delt inn i omlag 8 seksjoner er beskrevet i kapittel 2.6. Fordelene ved samkjøring av nettet anses som så sterke i forhold til ulempene, at det for alternativene som er omtalt i kapittel 4 er forutsatt at nettet er koblet sammen og samkjørt, unntatt ved kjøring etter fortettet ruteplan.

Banestrømforsyningen må være robust nok til å dekke alle normale driftssituasjoner som kan oppstå med det togmateriell og de ruteplaner som er planlagt og sannsynlige å benytte samt avvik ved forsinkelser og påfølgende fortettinger i togfremføringen.

Strømføringsvevnen i dagens system er dermed for liten. Dersom man ikke forsterker anlegget med forsterkningsledning på kontaktledningen og høyere tverrsnitt på mateledningene må man innføre strenge restriksjoner for avvik i togfremføringen. Det må ikke tillates at flere oppadgående tog sendes inn på en seksjon samtidig.

Effektproduksjonen og spenningsforholdene langs banen er tilstrekkelig, også i avvikssituasjoner. Referer vedlegg [3]

4. Aktuelle alternativer (inkludert kostnader)

Målinger i Rombak omformerstasjon viser at strømføringsevnen ved dagens trafikkbelastning på kontaktlednings,- og mateledningsanlegg er tilstrekkelig ved kjøring etter ruteplanen. Det er også en viss reserve til å tåle avvik i ruteplan og strømforsyning.

I det fremtidige anlegget vil det i henhold til vedlegg [3] være strømføringsevnen som er for liten til å takle avvik i ruteplan og strømforsyning.

Effektproduksjonen og spenningsforholdene er tilfredsstillende. Det er derfor sett på tiltak som kan bedre strømføringsevnen, både langs kontaktledningen samt for mateledningene Rombak – Narvik og Rombak – Bjørnfjell.

De aktuelle alternativene som er trukket frem i de etterfølgende delkapitlene er alle tilstrekkelige for forventede normale driftssituasjoner. Forskjellen ligger i hvor robuste de er til å takle ulike avvikssituasjoner, og hvilke restriksjoner som eventuelt må innføres for togtrafikken.

4.1 **Alt. 1 Ingen forsterkningstiltak på kontaktledning og mateledninger, kun nødvendige vedlikeholdstiltak**

4.1.1 Tiltak

Alternativet medfører følgende tiltak:

- Utskifting av bæreline for kontaktledningen langs hele banen.
- Mateledningene Narvik – Rombak og Rombak – Bjørnfjell: vedlikehold av master, fundamenter og traverser.
- Bygging av nytt Narvik koblingshus slik egen hovedplan anbefaler.
- Utskifting av eksisterende trykkluftbrytere i Rombak omformerstasjon.
- Innføring av termiske vern på alle avganger i Rombak omformerstasjon.
- Utskifting av kabel ved Straumsnes stasjon til 1x400 mm². Eksisterende kabel er for liten selv med dagens strømverdier.

4.1.2 Konsekvenser

I normal drift etter ruteplanene og ved normal strømforsyningssituasjon vil alternativet være tilstrekkelig.

Alternativet er svært lite robust og sårbart for endringer i ruteplan og strømforsyningssituasjonen.

Det kan ikke tillates at man kjører flere oppadgående tog inn på samme seksjon. For å hindre at dette skjer må man utstede ordre om dette til togdriftssentralen og elkraftsentralen i Narvik. På grunn av muligheten for menneskelig svikt bør man også innføre de termiske vernene i Rombak omformerstasjon.

Alternativet vil dermed innføre begrensninger i frihetsgraden som togdriftssentralen har til å styre trafikken ved forsinkelser

Ved brudd på samkjøringen med Tornehamn må malmtogtrafikken stanses umiddelbart og samkjøringen med Sverige brytes i seksjoneringsstasjonen ved Riksgrensen. For å sikre seg at dette skjer bør det utarbeides varslingsrutiner med Banverket. Kommunikasjon mellom vernene i Tornehamn, Rombak og seksjoneringsstasjonen ved Riksgrensen vil ytterligere øke sikkerheten for at trafikken stanses.

Mulighetene for å drive vedlikehold vil begrenses, spesielt mellom Riksgrensen og Tornehamn. Siden denne strekningen ligger i Sverige bør Banverket trekkes inn dersom dette alternativet velges. Det bør også her legges vekt på at Banverket oppgraderer sitt anlegg til å tåle de aktuelle strømverdiene som kan oppstå ved brudd på samkjøringen.

4.1.3 Kostnader

Tabell 4-1 Oversikt over de totale kostnader ved alternativ 1, alle tall i 1000 kr.:

	De totale tiltak	Region Nord		Bane Energi	
		Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak	Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak
Utskifting av bæreline	4 285	4 285			
Utskifting av forbigangsledning ved Straumsnes stasjon (1x400 mm ²)	68	68			
Nødvendig vedlikehold av ml Narvik - Rombak - Bjørnfjell	555	555			
Utskifting av effektbrytere i Rombak omf.st.	1 750			1 750	
Sum før ledelse, rigg og drift	6 658	4 908	0	1 750	0
Planlegging, adm. og byggeledelse (10 %)	666	491	0	175	0
Rigg og drift (10 %)	666	491	0	175	0
Sum før uforutsett	7 990	5 890	0	2 100	0
Diverse uforutsett (10 %)	799	589	0	210	0
Sum budsjettpris uten m.v.a.	8 789	6 479	0	2 310	0
M.v.a. (7 %)	162			162	
M.v.a. (23 %)	1 490	1 490	0		
Sum budsjettpris	10 440	7 969	0	2 472	0

For tiltak i Jernbaneverket Bane Energis anlegg er det klarlagt mot overordnet myndighet at momssats er 7 %.

Vedlikehold av mateledning inkluderer opprustning av dårlige fundamenter, rustutbedringer på master og traverser samt utskifting av dårlige isolatorer og isolatorfester.

For Rombak omformerstasjon er det tatt med kostnader for skifting av effektbrytere, prøvebrytere og overstrømsvern på alle linjeavganger (5), ettersom dette er et prosjekt som Bane Energi har planlagt å gjennomføre uansett.

For mer detaljerte kostnader vedrørende mateledning og kontaktledning ref. henholdsvis vedlegg [7] og 8.

4.2 **Alt. 2 Forsterkningsledning Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Rombak – Riksgrensen Feral 2x95 mm², nødvendige vedlikeholdstiltak, normal ruteplan**

4.2.1 Tiltak

Alternativet medfører følgende tiltak:

- Sammenkobling av kontaktledningsnett mellom Rombak og Bjørnfjell slik at samkjørt drift oppnås.
- Bygging av forsterkningsledning på strekningen Rombak (km 20,260) – Riksgrensen (km 41,900) samt oppgradering av forbigangsledning på Katterat og Bjørnfjell stasjoner.
- Utskifting av kabel ved Straumsnes stasjon til 1x400 mm². Eksisterende kabel er for liten selv med dagens strømverdier.
- Utskifting av bæreline for kontaktledningen langs hele banen.
- Mateledningene Narvik – Rombak og Rombak – Bjørnfjell: vedlikehold av master, fundamenter og traverser.
- Mateledningen Rombak – Bjørnfjell oppgraderes til Feral 2x95 mm².
- Håndbetjente kl-brytere på strekningen Rombak (km 20,260) – Riksgrensen (km 41,900) fjernes.
- Utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon, mot øst og stasjonsområdet, legges om i henhold til kapittel 3.1. Utgående linjeavganger mot vest beholdes slik som i dag.
- Innføring av termiske vern på alle avganger i Rombak omformerstasjon.
- Mateledning Katterat tas bort, mateledning Straumsnes beholdes.
- Utskifting av eksisterende trykkluftbrytere i Rombak omformerstasjon. Nye effektbrytere bør ha nominell strømverdi 2000 A.
- Utgående kabler mot øst i Rombak omformerstasjon skiftes til Al 2x400 mm².
- Bygging av nytt Narvik koblingshus slik egen hovedplan anbefaler.
- Omlegging av skjermbilder i elkraftscentralen/togdriftscentralen i Narvik som følge av omlegging av utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon.

4.2.2 Konsekvenser

Alternativet er tilstrekkelig for normal trafikk i henhold til ruteplanene.

Tiltaket har tilstrekkelig overkapasitet til å tåle avvik i ruteplan og strømforsyningssituasjon mellom Rombak og Tornehamn.

Mellom Narvik og Rombak må det ikke tillates mer enn ett oppadgående tog samtidig på hver seksjon. For å hindre at dette skjer må man utstede ordre om dette til togdriftscentralen og elkraftscentralen i Narvik. På grunn av muligheten for menneskelig svikt bør man også innføre de termiske vernene i Rombak omformerstasjon.

Alternativet vil dermed innføre begrensninger i frihetsgraden som togdriftscentralen har til å styre trafikken ved forsinkelser

Ved utfall av samkjøringen med Tornehamn omformerstasjon er tiltaket robust nok til å fremføre trafikken helt til Tornehamn.

Dersom man ønsker å **Fortettet ruteplan må ikke tillates kjørt ved brudd på samkjøringen med Tornehamn.** kjøre etter fortettet ruteplan bør man velge alternativ 3. Eller sikre seg på andre måter at malmtrafikken ikke fremføres med kryssing på Bjørnfjell.

Tiltaket vil bedre spenningsforholdene og redusere energitapene på strekningen Rombak – Riksgrensen.

4.2.3 Kostnader

Tabell 4-2 Oversikt over de totale kostnader ved alternativ 2, alle tall i 1000 kr:

	De totale tiltak	Region Nord		Bane Energi	
		Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak	Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak
Fsl. Rombak - Riks-grensen samt forbigangsledning ved Katterat og Bjørnfjell st.er	9 991		9 991		
Utskifting av forbigangsledning ved Straumsnes stasjon	68	68			
Utskifting av bæreline	4 285	4 285			
Nødvendig vedlikehold av ml Narvik - Rombak - Bjørnfjell	555	555			
Oppgradering av ml Rombak - Bjørnfjell til Feral 95 mm ²	902		902		
Fjerning av håndbetjente kl-brytere, Rombak - Bjørnfjell	15		15		
Fjernstyring	20	20			
Omlegging av utg. linjefelt + utskifting av effektbrytere + legging av returkabel i Rombak omf.st.	2 376			2 376	
Skifting av utgående kabler mot øst, til Al 2x400 mm ²	1 440				1 440
Sum før ledelse, rigg og drift	19 652	4 928	10 908	2 376	1 440
Planlegging, adm. og byggeledelse (10 %)	1 965	493	1 091	238	144
Rigg og drift (10 %)	1 965	493	1 091	238	144
Sum før uforutsett	23 582	5 914	13 090	2 851	1 728
Diverse uforutsett (10 %)	2 358	591	1 309	285	173
Sum budsjettpris uten m.v.a.	25 941	6 505	14 399	3 136	1 901
M.v.a. (7 %)	353			220	133
M.v.a. (23 %)	4 808	1 496	3 312		
Sum budsjettpris	31 101	8 001	17 710	3 356	2 034

For tiltak i Jernbaneverket Bane Energis anlegg er det klarlagt mot overordnet myndighet at momssats er 7 %.

Vedlikehold av mateledning inkluderer opprustning av dårlige fundamenter, rustutbedringer på master og traverser samt utskifting av dårlige isolatorer og isolatorfester. Oppgradering av mateledning inkluderer skifting av liner, isolatorer og isolatorfester.

De totale kostnadene for nytt Narvik koblingshus er ikke tatt med i kostnadsoppstillingen her. Her er kun sett på forskjeller i kostnader som følge av de tiltak som anbefales i denne hovedplanen.

For Rombak omformerstasjon er det tatt med kostnader ved omlegging av utgående linjefelt (endringer av blindskjema, kontrolltavler og dokumentasjon). I tillegg er det tatt med kostnader for skifting av effektbrytere, prøvebrytere og overstrømsvern på alle linjeavganger (5), ettersom dette er et prosjekt som Bane Energi har planlagt å gjennomføre uansett.

For mer detaljerte kostnader vedrørende mateledning og kontaktledning ref. henholdsvis vedlegg [7] og [8].

4.3 **Alt. 3 Forsterkningsledning Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Rombak – Riksgrensen Feral 2x120 mm², nødvendige vedlikeholdstiltak, fortettet ruteplan**

4.3.1 Tiltak

Alternativet medfører følgende tiltak:

- Bygging av forsterkningsledning på strekningen Rombak (km 20,260) – Riksgrensen (km 41,900) samt oppgradering av forbigangsledning på Katterat og Bjørnfjell stasjoner.
- Utskifting av kabel ved Straumsnes stasjon til 1x400 mm². Eksisterende kabel er for liten selv med dagens strømverdier.
- Utskifting av bæreline for kontaktledningen langs hele banen.
- Mateledningene Narvik – Rombak og Rombak – Bjørnfjell: vedlikehold av master, fundamenter og traverser.
- Mateledningen Rombak – Bjørnfjell oppgraderes til Feral 2x120 mm².
- Håndbetjente kl-brytere på strekningen Rombak (km 20,260) – Riksgrensen (km 41,900) fjernes.
- Utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon, mot øst og stasjonsområdet, legges om i henhold til kapittel 3.1. Utgående linjeavganger mot vest beholdes slik som i dag.
- Innføring av termiske vern på alle avganger i Rombak omformerstasjon.
- Mateledning Katterat tas bort, mateledning Straumsnes beholdes.
- Utskifting av eksisterende trykkluftbrytere i Rombak omformerstasjon. Nye effektbrytere bør ha nominell strømverdi 2000 A.
- Utgående kabler mot øst i Rombak omformerstasjon skiftes til Al 2x400 mm².
- Bygging av nytt Narvik koblingshus slik egen hovedplan anbefaler.
- Omlegging av skjermbilder i elkraftsentralen/togdriftssentralen i Narvik som følge av omlegging av utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon.

4.3.2 Konsekvenser

Alternativet er tilstrekkelig for normal trafikk i henhold til ruteplanene.

Tiltaket har tilstrekkelig overkapasitet til å tåle avvik i ruteplan og strømforsyningssituasjon mellom Rombak og Tornehamn.

Mellom Narvik og Rombak må det ikke tillates mer enn ett oppadgående tog samtidig på hver seksjon. For å hindre at dette skjer må man utstede ordre om dette til togdriftssentralen og elkraftsentralen i Narvik. På grunn av muligheten for menneskelig svikt bør man også innføre de termiske vernene i Rombak omformerstasjon.

Alternativet vil dermed innføre begrensninger i frihetsgraden som togdriftssentralen har til å styre trafikken ved forsinkelser

Ved utfall av samkjøringen med Tornehamn omformerstasjon er tiltaket robust nok til å fremføre trafikken helt til Tornehamn.

Tiltaket vil bedre spenningsforholdene og redusere energitapene på strekningen Rombak – Riksgrensen.

4.3.3 Kostnader

Tabell 4-3 Oversikt over de totale kostnader for alternativ 3, alle tall i 1000 kr:

	De totale tiltak	Region Nord		Bane Energi	
		Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak	Vedlikeholds-tiltak	30 tonns tiltak
Fsl.Rombak - Riks-grensen samt forbigangsledning ved Katterat og Bjørnfjell st.er	9 991		9 991		
Utskifting av bæreline	4 285	4 285			
Utskifting av forbigangsledning ved Straumsnes stasjon	68	68			
Fjerning av håndbetjente kl-brytere	45		45		
Nødvendig vedlikehold av ml Narvik - Rombak - Bjørnfjell	555	555			
Oppgradering av ml Rombak - Bjørnfjell til Feral 95 mm ²	902		902		
Tillegget for oppgradering av ml Rombak-Bjørnfjell til Feral 120 mm ² i stedet for 95 mm ²	53		53		
Fjernstyring	20	20			
Omlagging av utg. linjefelt + utskifting av effektbrytere + legging av returkabel i Rombak omf.st.	2 376			2 376	
Skifting av utgående kabler mot øst, til Al 2x400 mm ²	1 440				1 440
Sum før ledelse, rigg og drift	19 735	4 928	10 991	2 376	1 440
Planlegging, adm. og byggeledelse (10 %)	1 974	493	1 099	238	144
Rigg og drift (10 %)	1 974	493	1 099	238	144
Sum før uforutsett	23 682	5 914	13 189	2 851	1 728
Diverse uforutsett (10 %)	2 368	591	1 319	285	173
Sum budsjettpris uten m.v.a.	26 050	6 505	14 508	3 136	1 901
M.v.a. (7 %)	353			220	133
M.v.a. (23 %)	4 833	1 496	3 337		
Sum budsjettpris	31 236	8 001	17 845	3 356	2 034

Før tiltak i Jernbaneverket Bane Energis anlegg er det klarlagt mot overordnet myndighet at momssats er 7 %.

Vedlikehold av mateledning inkluderer opprustning av dårlige fundamenter, rustutbedringer på master og traverser samt utskifting av dårlige isolatorer og isolatorfester. Oppgradering av mateledning inkluderer skifting av liner, isolatorer og isolatorfester.

For Rombak omformerstasjon er det tatt med kostnader ved omlegging av utgående linjefelt (endringer av blindskjema, kontrolltavler og dokumentasjon). I tillegg er det tatt med kostnader for skifting av effektbrytere, prøvebrytere og overstrømsvern på alle linjeavganger (5), ettersom dette er et prosjekt som Bane Energi har planlagt å gjennomføre uansett.

For mer detaljerte kostnader vedrørende mateledning og kontaktledning ref. henholdsvis vedlegg [7] og [8].

4.4 Alt. 4 Forsterkningsledning Narvik – Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Narvik – Rombak – Bjørnfjell Feral 2x 95 mm², normal ruteplan

4.4.1 Tiltak

Alternativet medfører følgende tiltak:

- Sammenkobling av kontaktledningsnettet mellom Rombak og Bjørnfjell slik at samkjørt drift oppnås.
- Bygging av forsterkningsledning på strekningen Narvik (km 4,640) – Rombak (km 20,260) og strekningen Rombak (km 20,260) – Riksgrensen (km 41,900) samt oppgradering av forbigangsledning på Straumsnes, Katterat og Bjørnfjell stasjoner.
- Utskifting av bæreline for kontaktledningen langs hele banen.
- Mateledningene Narvik – Rombak og Rombak – Bjørnfjell: vedlikehold av master, fundamenter og traverser.
- Mateledningene Rombak – Narvik og Rombak – Bjørnfjell oppgraderes til 2x95 mm².
- Håndbetjente kl-brytere på strekningen Narvik (km 4,640) – Riksgrensen (km 41,900) fjernes.
- Utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon legges om i henhold til kapittel 3.1. Utskifting av eksisterende trykkluftbrytere.
- Utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon dimensjoneres for 2000 A.
- Utgående kabler mot øst i Rombak omformerstasjon skiftes til Al 2x400 mm².
- Utgående kabler mot vest i Rombak omformerstasjon skiftes til Al 2x240 mm².
- Bygging av nytt Narvik koblingshus slik egen hovedplan anbefaler.
- Omlegging av skjermbilder i elkraftsentralen/togdriftssentralen i Narvik som følge av omlegging av utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon.

4.4.2 Konsekvenser

Alternativet er robust og vil kunne takle kommende normale driftssituasjoner. Alternativet vil ikke medføre begrensninger med hensyn på sportilgangen på strekningen Rombak – Riksgrensen, og vil derfor ha minimale konsekvenser for mulighetene til å drive vedlikehold.

Med forsterkningsledning langs hele Ofotbanen vil overføringskapasiteten i kontaktledningsanlegget være tilstrekkelig i forhold til alle driftssituasjoner som normalt kan tenkes å oppstå.

Med oppgraderte mateledninger Rombak – Narvik og Rombak – Bjørnfjell vil man ha mulighet til å drive vedlikeholdsarbeider (evt. ha utkoblinger pga. feil) på én eller flere delstrekninger/områder uten at det får konsekvenser for driften på resten av banenettet.

Fortettet ruteplan må ikke tillates kjørt ved brudd på samkjøringen med Tornehamn. Dersom man ønsker å kjøre etter fortettet ruteplan bør man velge alternativ 5. Eller sikre seg på andre måter at malmtrafikken ikke fremføres med kryssing på Bjørnfjell.

I normal drift anbefales det at man legger ut effektbryter mot Djupvik i koblingshuset og forsyner koblingshusets andre avganger fra mateledning Narvik. Man får da en overvåking av mateledningen og lavest mulig spenningsfall ved flere tog i området.

Tiltaket vil bedre spenningsforholdene og redusere energitapene på strekningen Narvik – Riksgrensen.

4.4.3 Kostnader

Tabell 4-4 Oversikt over de totale kostnader ved alternativ 4, alle tall i 1000 kr:

	De totale tiltak	Region Nord		Bane Energi	
		Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak	Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak
Fsl. Narvik - Rombak - Riksgrensen samt forbigangsledning ved Straumsnes, Katterat og Bjørnfjell st.er	15 525		15 525		
Utskifting av bæreline	4 285	4 285			
Fjerning av håndbetjente kl-brytere	45		45		
Nødvendig vedlikehold av ml Narvik - Rombak - Bjørnfjell	555	555			
Oppgradering av ml Narvik - Rombak og ml Rombak - Bjørnfjell til Feral 95 mm ²	1 751		1 751		
Fjernstyring	30	30			
Omlegging av utg. linjefelt + utskifting av effektbrytere + skifting av kabel mot vest + legging av returkabel i Rombak omf.st.	2 608			2 608	
Skifting av utgående kabler mot øst, til Al 2x400 mm ²	1 440				1 440
Sum før ledelse, rigg og drift	26 239	4 870	17 321	2 608	1 440
Planlegging, adm. og byggeledelse (10 %)	2 624	487	1 732	261	144
Rigg og drift (10 %)	2 624	487	1 732	261	144
Sum før uforutsett	31 487	5 844	20 785	3 130	1 728
Diverse uforutsett (10 %)	3 149	584	2 079	313	173
Sum budsjettpris uten m.v.a.	34 635	6 428	22 864	3 443	1 901
M.v.a. (7 %)	374			241	133
M.v.a. (23 %)	6 737	1 479	5 259		
Sum budsjettpris	41 747	7 907	28 122	3 684	2 034

For tiltak i Jernbaneverket Bane Energis anlegg er det klarlagt mot overordnet myndighet at momssats er 7 %.

Vedlikehold av mateledning inkluderer opprustning av dårlige fundamenter, rustutbedringer på master og traverser samt utskifting av dårlige isolatorer og isolatorfester. Oppgradering av mateledning i forbindelse med 30 tonn aksellast inkluderer skifting av liner, isolatorer og isolatorfester.

For Rombak omformerstasjon er det tatt med kostnader ved omlegging av utgående linjefelt (omlegging av kl Narvik til reservefelt samt endringer av blindskjema, kontrolltavler og dokumentasjon). I tillegg er det tatt med kostnader for skifting av effektbrytere, prøvebrytere og overstrømsvern på alle linjeavganger (5), ettersom dette er et prosjekt som Bane Energi har planlagt å gjennomføre uansett.

For mer detaljerte kostnader vedrørende mateledning og kontaktledning ref. henholdsvis vedlegg [7] og [8].

4.5 Alt. 5 Forsterkningsledning Narvik – Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Narvik – Rombak – Bjørnfjell, fortettet ruteplan

4.5.1 Tiltak

Alternativet medfører følgende tiltak:

- Bygging av forsterkningsledning på strekningen Narvik (km 4,640) – Rombak (km 20,260) og strekningen Rombak (km 20,260) – Riksgrensen (km 41,900) samt oppgradering av forbigangsledning på Straumsnes, Katterat og Bjørnfjell stasjoner.
- Utskifting av bæreline for kontaktledningen langs hele banen.
- Mateledningene Narvik – Rombak og Rombak – Bjørnfjell: vedlikehold av master, fundamenter og traverser.
- Mateledning Rombak – Narvik oppgraderes til 2x95 mm².
- Mateledning Rombak – Bjørnfjell oppgraderes til 2x120 mm².
- Håndbetjente kl-brytere på strekningen Narvik (km 4,640) – Riksgrensen (km 41,900) fjernes.
- Utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon legges om i henhold til kapittel 3.1. Utskifting av eksisterende trykkluftbrytere.
- Utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon dimensjoneres for 2000 A.
- Utgående kabler mot øst i Rombak omformerstasjon skiftes til Al 2x400 mm².
- Utgående kabler mot vest i Rombak omformerstasjon skiftes til Al 2x240 mm².
- Bygging av nytt Narvik koblingshus slik egen hovedplan anbefaler.
- Omlegging av skjermbilder i elkraftscentralen/togdriftscentralen i Narvik som følge av omlegging av utgående linjeavganger i Rombak omformerstasjon.

4.5.2 Konsekvenser

Alternativet er robust og vil kunne takle kommende normale driftssituasjoner. Alternativet vil ikke medføre begrensninger med hensyn på sportilgangen på strekningen Rombak – Riksgrensen, og vil derfor ha minimale konsekvenser for mulighetene til å drive vedlikehold.

Med forsterkningsledning langs hele Ofofbanen vil overføringskapasiteten i kontaktledningsanlegget være tilstrekkelig i forhold til alle driftssituasjoner som normalt kan tenkes å oppstå.

Med oppgraderte mateledninger Rombak – Narvik og Rombak – Bjørnfjell vil man ha mulighet til å drive vedlikeholdsarbeider (evt. ha utkoblinger pga. feil) på én eller flere delstrekninger/områder uten at det får konsekvenser for driften på resten av banenettet.

I normal drift anbefales det at man legger ut effektbryter mot Djupvik i koblingshuset og forsyner koblingshusets andre avganger fra mateledning Narvik. Man får da en overvåking av mateledningen. og lavest mulig spenningsfall ved flere tog i området.

Tiltaket vil bedre spenningsforholdene og redusere energitapene på strekningen Narvik – Riksgrensen.

4.5.3 Kostnader

Tabell 4-5 Oversikt over de totale kostnader ved alternativ 5 alle tall i 1000 kr:

	De totale tiltak	Region Nord		Bane Energi	
		Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak	Vedlikeholds-tiltak	Investerings-tiltak
Fsl. Narvik - Rombak - Riksgrensen samt forbigangsledning ved Straumsnes, Katterat og Bjørnfjell st.er	15 525		15 525		
Utskifting av bæreline	4 285	4 285			
Fjerning av håndbetjente kl-brytere	45		45		
Nødvendig vedlikehold av ml Narvik - Rombak - Bjørnfjell	555	555			
Oppgradering av ml Narvik - Rombak og ml Rombak - Bjørnfjell til Feral 95 mm ²	1 751		1 751		
Tillegget for oppgradering av ml Rombak-Bjørnfjell til Feral 120 mm ² i stedet for 95 mm ²	53		53		
Fjernstyring	30	30			
Omlægging av utg. linjefelt + utskifting av effektbrytere + skifting av kabel mot vest + legging av returkabel i Rombak omf.st.	2 608			2 608	
Skifting av utgående kabler mot øst, til Al 2x400 mm ²	1 440				1 440
Sum før ledelse, rigg og drift	26 292	4 870	17 374	2 608	1 440
Planlegging, adm. og byggeledelse (10 %)	2 629	487	1 737	261	144
Rigg og drift (10 %)	2 629	487	1 737	261	144
Sum før uforutsett	31 550	5 844	20 849	3 130	1 728
Diverse uforutsett (10 %)	3 155	584	2 085	313	173
Sum budsjettpris uten m.v.a.	34 705	6 428	22 934	3 443	1 901
M.v.a. (7 %)	374			241	133
M.v.a. (23 %)	6 753	1 479	5 275		
Sum budsjettpris	41 833	7 907	28 208	3 684	2 034

For tiltak i Jernbaneverket Bane Energis anlegg er det klarlagt mot overordnet myndighet at momssats er 7 %.

Vedlikehold av mateledning inkluderer opprustning av dårlige fundamenter, rustutbedringer på master og traverser samt utskifting av dårlige isolatorer og isolatorfester. Oppgradering av mateledning i forbindelse med 30 tonn aksellast inkluderer skifting av liner, isolatorer og isolatorfester.

For Rombak omformerstasjon er det tatt med kostnader ved omlegging av utgående linjefelt (omlegging av kl Narvik til reservefelt samt endringer av blindskjema, kontrolltavler og dokumentasjon). I tillegg er det tatt med kostnader for skifting av effektbrytere, prøvebrytere og overstrømsvern på alle linjeavganger (5), ettersom dette er et prosjekt som Bane Energi har planlagt å gjennomføre uansett.

For mer detaljerte kostnader vedrørende mateledning og kontaktledning ref. henholdsvis vedlegg [7] og [8].

5. Sammenstilling og anbefaling

Målinger i Rombak omformerstasjon viser at strømføringsevnen ved dagens trafikkbelastning på kontaktlednings,- og mateledningsanlegg er tilstrekkelig ved kjøring etter ruteplanen. Det er også en viss reserve til å takle avvik i ruteplan og strømforsyning.

I det fremtidige anlegget er det i henhold til vedlegg [3] strømføringsevnen som er for liten til å takle avvik i ruteplan og strømforsyning.

Effektproduksjonen og spenningsforholdene er tilfredsstillende. Det er derfor sett på tiltak som kan bedre strømføringsevnen, både langs kontaktledningen samt for mateledningene Rombak – Narvik og Rombak – Bjørnfjell.

5.1 **Alt. 1 Ingen forsterkningstiltak på kontaktledning og mateledninger, kun nødvendige vedlikeholdstiltak**

Tiltakene som alternativet medfører er kun helt nødvendig vedlikehold på strekningen. Alternativet er svært lite robust og sårbart for endringer i ruteplan og strømforsyningssituasjonen.

Det regnes som svært ugunstig at tiltaket legger begrensninger på trafikken i Banverkets anlegg selv om Banverket har oppgradert sitt eget anlegg.

På grunn av økt belastning av banestrømforsyningen bør nytt koblingshus i Narvik bygges før 30 tonns aksellast innføres (ref. kap. 3.2).

Kostnad for alternativ 1 er stipulert totalt til kr.10 440 000,-.

5.2 **Alt. 2 Forsterkningsledning Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Rombak – Riksgrensen Feral 2x95 mm², nødvendige vedlikeholdstiltak, normal ruteplan**

Tiltakene som alternativet medfører vil øke strømføringsevnen på strekningen øst for Rombak omformerstasjon. Man vil da kunne tillate brudd i strømforsyningen på svensk side samtidig som man fremfører trafikken på resten av strekningen.

Avvik i ruteplan kan tillates på strekningen Rombak – Riksgrensen. På strekningen Rombak – Narvik gjennomfører man kun nødvendige vedlikeholdstiltak. Dette medfører restriksjoner på tillatte avvik fra ruteplanen på denne delen av Ofotbanen.

På grunn av økt belastning av banestrømforsyningen bør nytt koblingshus i Narvik bygges før 30 tonns aksellast innføres (ref. kap. 3.2).

Kostnad for alternativ 2 er stipulert totalt til kr. 31 101 000,- (herav totale vedlikeholdskostnader stipulert til kr. 11 357 000,-).

5.3 **Alt. 3 Forsterkningsledning Rombak - Riksgrensen, oppgradert mateledning Rombak – Riksgrensen Feral 2x95 mm², nødvendige vedlikeholdstiltak, normal ruteplan**

Alternativet er likt med alternativ 2 men dimensjonert for fortettet ruteplan.

Kostnad for alternativ 3 er stipulert totalt til kr. 31 236 000,- (herav totale vedlikeholdskostnader stipulert til kr.11 357 000,-)

5.4 **Alt. 4 Forsterkningsledning Narvik – Rombak - Riksgrensen, mateledning Narvik – Rombak – Bjørnfjell**

Tiltakene som alternativet medfører er listet opp i kapittel 4.4.1, men går i hovedsak ut på å sammenkoble kontaktledningsnettet, bygge forsterkningsledning på strekningen Narvik – Rombak – Riksgrensen samt oppgradering av mateledningene Narvik –Rombak og Rombak - Bjørnfjell. På grunn

av økt belastning av banestrømforsyningen bør nytt koblingshus i Narvik bygges før 30 tonns aksellast innføres (ref. kap. 3.2).

Alternativet er robust og vil kunne takle kommende normale driftssituasjoner. Alternativet vil ikke medføre begrensninger med hensyn på sportilgangen på strekningen Rombak – Riksgrensen, og vil derfor ha minimale konsekvenser for mulighetene til å drive vedlikehold.

Med forsterkningsledning langs hele Ofotbanen vil overføringskapasiteten i kontaktledningsanlegget være tilstrekkelig i forhold til alle driftssituasjoner som normalt kan tenkes å oppstå.

Med oppgraderte mateledninger Rombak – Narvik og Rombak – Bjørnfjell vil sportilgangen på hele Ofotbanen være ganske optimal, og burde være tilstrekkelig til å kunne ivareta nødvendig vedlikehold.

Kostnad for alternativ 4 er stipulert totalt til kr.41 747 000,-(herav totale vedlikeholdskostnader stipulert til kr.11 591 000,-).

5.5 Alt. 5 Forsterkningsledning Narvik – Rombak - Riksgrensen, mateledning Narvik – Rombak – Bjørnfjell

Alternativet er likt med alternativ 4 men dimensjonert for fortettet ruteplan.

Kostnad for alternativ 5 er stipulert totalt til kr. 41 833 000,- (herav totale vedlikeholdskostnader stipulert til kr.11 591 000,-)

5.6 Anbefaling

Kostnadene som er stipulert tar ikke hensyn til robustheten ved det enkelte alternativ og er dermed ikke påvirket av mulighetene til å takle avvikssituasjoner samt behovet for nødvendig sportilgang for vedlikehold.

Med tanke på at Ofotbanen har baneprioritet 1 anses det som påkrevd at banen også i fremtiden vil ha muligheter til å takle avvikssituasjoner (for eksempel forsinkelser med påfølgende fortetting av trafikken eller utkobling av deler av kontaktledningsnettet som følge av feil), som i likhet med i dag antas å inntreffe relativt hyppig. Det anses videre som påkrevd at man har mulighet til, i form av tilstrekkelig sportilgang, å utføre det vedlikehold som er påkrevet på en bane med så stor belastning og slitasje.

Det regnes også som gunstig at man ved dette alternativet får et enhetlig kontaktledningsanlegg på norsk og svensk side.

Simuleringene viser at man ved avvik i ruteplan og strømforsyningssituasjon vil kunne overbelaste kontaktledning og mateledninger. En drift av anlegget med stadig overoppheting av ledningene regnes som ugunstig av følgende grunner:

- Klemte forbindelser vil utvides ved oppvarming og miste klemkraften, på sikt vil dette medføre dårlig kontakt og varmgang/avbrenning av forbindelsen. Medfører høyere vedlikeholdskostnader og flere avbrudd i togkjøringen.
- Metallet i ledningen endrer struktur og blir sprøtt, gir større fare for brudd og lavere levetid, medfører flere avbrudd i togfremføringen.
- Resistansen i ledningen øker med temperaturen, dette medfører høyere energitap og lavere spenning ved lokomotivet.

På grunnlag av de foregående vurderinger anbefales alternativ 4 dersom normal ruteplan legges til grunn. Tiltaket har en total kostnad på 41 747 000,- , herav er 11 591 000,- vedlikeholdskostnader.

Forutsetningen er da at dette beløp totalt må skaffes til veie før 30 tonns aksellast innføres.

Vedlikeholdstiltakene med totalt 11.6 mill. Kr. Vil i sin helhet måtte gjennomføres i de nærmeste år uansett 30 tonns aksellast eller ikke. Dette beløp holdes derfor utenfor diskusjon om fordelingen av kostnadene mellom LKAB og Jernbaneverket.

Når det gjelder investeringstiltakene foreslås følgende fordeling med begrunnelse:

Simuleringene (vedlegg [3]) viser at strømuttaket til oppadgående olivintog på strekningen øker fra rundt 400 A til rundt 600 A. Dette er en økning på 50 %. På strekningen mot Sverige har strømmene økt mer (ca 100 %) på grunn av de tunge vestgående malmtogene. Investeringstiltak som omhandler mateledning Bjørnfjell tilskrives derfor i sin helhet 30 tonns aksellast.

Forsterkninger i kontaktledningsanlegget og mateledning Narvik vil komme alle trafikselskaper på strekningen til gode. Det foreslås derfor en fordeling på 50 % som tilskrives 30 tonns aksellastprosjektet, mens de resterende 50 % tas som investering i Region Nord's anlegg.

Investeringstiltak i Bane Energis anlegg skyldes høye strømmer ved fremføring av malmtog ved brudd på samkjøringen med Sverige. Disse tiltakene tilskrives derfor 30 tonns aksellastprosjektet.

Dette medfører følgende fordeling av investeringskostnadene:

Tabell 5-1 Fordeling av investeringskostnader:

	De totale tiltak	Jernbaneverket Region Nord	LKAB	LKAB ¹⁾
		Investerings-tiltak	Investeringstiltak (23% mva.)	Investeringstiltak (7% mva.)
Fsl. Narvik - Rombak - Riksgrensen samt forbigangsledning ved Straumsnes, Katterat og Bjørnfjell st.er	15 525	7 763	7 763	
Fjerning av håndbetjente kl-brytere	45	23	23	
Oppgradering av ml Narvik - Rombak til Feral 95 mm ²	849	425	425	
Oppgradering av ml Rombak - Bjørnfjell til Feral 2x95 mm ²	902		902	
Skifting av utgående kabler mot øst, til Al 2x400 mm ²	1 440			1 440
Sum før ledelse, rigg og drift	18 761	8 210	9 112	1 440
Planlegging, adm. og byggeledelse (10 %)	1 876	821	911	144
Rigg og drift (10 %)	1 876	821	911	144
Sum før uforutsett	22 513	9 851	10 934	1 728
Diverse uforutsett (10 %)	2 251	985	1 093	173
Sum budsjettpriis uten m.v.a.	24 765	10 837	12 027	1 901
M.v.a. (7 %)	133			133
M.v.a. (23 %)	5 259	2 492	2 766	
Sum budsjettpriis	30 156	13 329	14 793	2 034

1) For tiltak i Jernbaneverket Bane Energis anlegg er det klarlagt mot overordnet myndighet at momssats er 7 %.

En sammenfattende kostnadsfordeling fremgår av

tabell 5-2.

Tabell 5-2 Sammenfattende kostnadsfordeling

		Jernbaneverket Region Nord	LKAB	LKAB
	De totale tiltak	Investerings- tiltak	Investeringstiltak (23% mva.)	Investeringstiltak (7% mva.)
Sum budsjettkostnad	30 156	13 329	14 793	2 034
Sum vedlikeholdstiltak (JN+JE)	11 591			
Sum alternativ 4. Anbefalt tiltak	41 747	13 329	14 793	2 034

6. Referansedokumenter

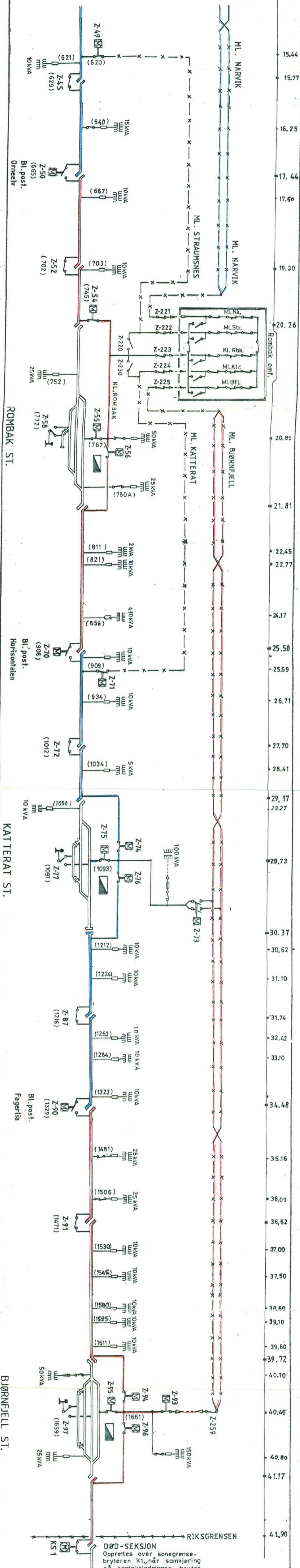
- [1] "Baneenergiforsyning. 30 tonn akseltrykk på Ofotbanen"
NSB Bane Region Nord, nov. 1996
- [2] "Hovedplan, Narvik koblingsanlegg"
NSB Bane Region Nord, 27.11.98

7. Vedlegg

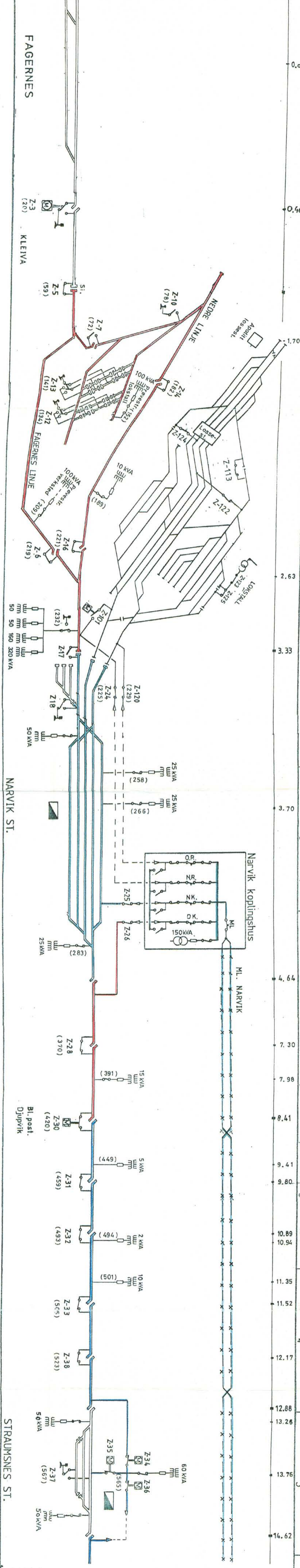
1. Kontaktledningsanlegg, koblingskjema for strekningene Fagernes - Straumsnes og Rombak - Bjørnfjell.
2. Målerapport
3. Simuleringsrapport, 30 tonns aksellast på Ofotbanen, april 1999
4. Ruteplan 1, normal 30 tonns ruteplan
5. Ruteplan 2, fortettet 30 tonns ruteplan
6. Kostnadsoverslag Rombak omformerstasjon
7. Kostnadsoverslag mateledning
8. Kostnadsoverslag kontaktledning
9. Terminologiliste

Vedlegg 1

Kontaktledningsanlegg, koblingsskjema for strekningene Fagernes - Straumsnes og Rombak - Bjørnfjell



r4	Revidert	05.12.77	D. L.	
r3	Død-seksjon fjernet	01.02.91	O. L.	
r2	Ny linjetrase - Norddalen	16.12.88	O. L.	
r1	Nye brutere og transfm.	27.5.76	O. L.	
Nr.	Forandringer	Dato	Navn	Kfr.
Kontaktledningsanlegg		Målestokk	Tegn.	
Koplingskjema for strekningen			Trac.	10/14/20
Rombak (I) - Bjørnfjell (I)			Kfr.	
Norges Statsbaner		Erstatning for: NdE. 4513 25/6-77		
E. avd. Narvik distrikt		NdE. 4513		
<i>Arvid Hillund</i> <i>Oddolf Larsen</i>		Erstattet av:		



r4	Revidert	05.12.77	O. L.	
r3	Revidert	09.09.93	O. L.	
r2	Revidert	04.02.97	O. L.	
r1	Nye brutere og transfm.	27.5.76	O. L.	
Nr.	Forandringer	Dato	Navn	Kfr.
Kontaktledningsanlegg		Målestokk	Tegn.	
Koplingskjema for strekningen			Trac.	10/14/20
Fagernes (I) - Straumsnes (I)			Kfr.	
Norges Statsbaner		Erstatning for: NdE. 4512 av 25/6-77		
E. avd. Narvik distrikt		NdE. 4512		
<i>Arvid Hillund</i> <i>Oddolf Larsen</i>		Erstattet av:		

Vedlegg 2

Målerapport

Rapport



Jernbaneverket
Ingeniørtjenesten

Prosjektnr.: 0981384108
Saksref.: 98/8221 JI 760
Prosjektnavn: Hovedplan Ofotbanen, målerapport
Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Nord
Rapport nr.: 1

Sammendrag

I forbindelse med utarbeiding av "Hovedplan Banestrømforsyning Ofotbanen" var det nødvendig med kjennskap til strømbelastningen på mateledningene i dagens situasjon. Det ble derfor gjort målinger på utgående linjefelt i Rombak omformerstasjon fra 14.04 – 23.04 1999.

De gjengitte måleseriene viser maksimal verdier på litt over 700 A på mateledningene Narvik og Katterat. Forløpene er meget kortvarige (5 – 10 s).

Sammenligning med kjørt ruteplan for 17.04.99 viser at maksimalstrømmene utgjøres av multipelkoblet godstog med RC – materiell. Dette skyldes antakelig den dårlige $\cos \phi$ disse lokomotivene har i lave hastigheter (40 – 50 km/h).

Malmtogbelastningen virker ellers å ligge typisk rundt 400 – 500 A over tid. Disse belastningene utgjør ingen problemer for strømforsyningsanlegget.

For JBV Ingeniørtjenesten
Prosjektansvarlig (PA):

før KL Frøde Nilzen Signatur:

Prosjektleder (PL):

FrJ Frøde Henningsen Signatur:

Rapport utarbeidet av:

PB og FrJ Frøde Henningsen Signatur:



DOKUMENTKONTROLL SIDE

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Nord

Prosjektbeskrivelse: Målinger av strøm i Rombak omformerstasjon.

Prosjektnr: 098138

Dokumenttittel: Målerapport

Dokument nr.: 0

Rev.nr: 0

Sjekkpunkter	Utførende (saksbehandler) (dato/sign.)	Kontroll (SL) /andre (dato/sign)
Samsvar med egne fagkrav og bestemmelser	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad
Samsvar med andre fag	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad
Samsvar med kontrakt	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad
Disposisjon, logisk oppbygging, presentasjon	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad
Språk	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad	18.05.99, Torodd L.M. Føllestad

Generelle kommentarer:

Dokument godkjent for utsendelse

Dato: 18.05.99

Sign. Torodd L.M. Føllestad

Innhold

1. INNLEDNING	4
2. UTFØRELSE	5
2.1 Utstyr.....	5
2.2 Oppkobling.....	5
2.2.1 Rombak.....	5
3. RUTEPLAN	6
4. RESULTATER	6
4.1 ML Narvik.....	6
4.2 ML Bjørnfjell.....	9
4.3 ML Straumsnes.....	11
4.4 ML Katterat.....	14
5. KONKLUSJON	16

1. Innledning

I forbindelse med utarbeiding av "Hovedplan Banestrømforsyning Ofotbanen" var det nødvendig med kjennskap til strømbelastningen på mateledningene i dagens situasjon. Det ble derfor gjort målinger på utgående linjefelt i Rombak omformerstasjon fra 14.04 – 23.04 1999.

Målingene ble foretatt med oppdelt kontaktledningsanlegg i henhold til skjema NdE 4512 og 4513. Utgående effektbryter mot Djupvik i koblingshuset Narvik ble koblet inn og Z-30, blokkpost Djupvik ble koblet ut.

2. Utførelse

2.1 Utstyr

Følgende utstyr ble benyttet for å gjennomføre målingene:

- Bærbar PC ("COMPAQ ARMADA 1598DT) med logge mulighet.
- Loggeprogrammet "Virtual Bench Logger", versjon 2.1.1.
- Analog/digitalt PC-kort, DAQ-Card 700 (datainnsamlingskort).
- Flatkabel.
- Måleledninger.
- Tillquist måleverdiomformere for I.

1-fase:

I: TRMS I200L-155x3

Inngang: 0 – 10 A

Utgang: 0 – 10 V, DC

Klasse: 0,5

Måleverdiomformerene var satt opp på løse brett, og tilkoblet en rekkeklemme. Brettene tilkobles 230 V anlegget via vanlig stikkontakt. Måleverdiomformerene ble sydd sammen slik at alle får matespenning og de rette målespenningene/-strømmene. Utverdiene fra måleverdiomformerne hentes fra en kontakt for flatkabel i enden av brettet.

2.2 Oppkobling

Det ble benyttet Tillquist måleverdiomformere. Måleverdiomformerne var ferdig satt opp på løse brett.

De analoge signalene ble overført via en flatkabel til datainnsamlingskort. Der ble signalene omgjort til digitale verdier. Disse verdiene ble registrert og lagret på fil ved hjelp av Virtual Bench Logger.

Kapittel 2.2.1 gir en oversikt over hvor strømmene ble målt i de respektive tavlefeltene. Kapitlene viser spesifisert tilkobling i stasjonen samt de aktuelle skaleringsfaktorene, kalt M-faktor. M-faktoren er en skaleringsfaktor mellom verdi ut fra måleverdiomformer og virkelig verdi

2.2.1 Rombak

Oppkoblingen i stasjonen ble utført som beskrevet i det følgende:

Alle strømmene er 1-fase og ble målt på følgende plasser:

Tavlefelt ML Narvik: Strøm måles i rekkeklemme B 18 ved ledning nummer 501. Strømtrafoen har en omsetning på 400/5 A.

Tavlefelt ML Straumsnes: Strøm måles i rekkeklemme B 18 ved ledning nummer 501. Strømtrafoen har en omsetning på 400/5 A.

Tavlefelt ML Katterat: Strøm måles i rekkeklemme B 18 ved ledning nummer 501. Strømtrafoen har en omsetning på 400/5 A.

Tavlefelt ML Bjørnfjell: Strøm måles i rekkeklemme B 18 ved ledning nummer 501. Strømtrafoen har en omsetning på 400/5 A.

Innstillinger i Virtual Bench Logger:

Loggefrekvens: 1 gang hvert 5. sekund

M-faktor, strøm: 80 A

3. Ruteplan

Den kjørte ruten 17.04.99 er listet opp i tabell 3-1.

Tabell 3-1

Dato:	Tog	Loknr.	Ank.	Avg.	Merknad
17.04.99			Narvik	Narvik	
	4003	RC 1166/1313		04.21	Avg. ARE
	9902	Dm3 1211-12	04.20		Lasttog
	9905	Dm3 1229-30		04.42	Olivintog
	9904	Dm3 1217-18	05.30		Lasttog
	Løsløk	RC 1313	05.45		Retur av forspent 4003
	9909	Dm3 1217-18		09.18	Tomtog

Den kjørte ruten 20.4.99 er listet opp i tabell 3-2

Tabell 3-2

Dato:	Tog	Loknr.	Ank.	Avg.	Merknad
20.04.99			Narvik	Narvik	
	4005	RC1312		02.15	Avg. ARE
	9903	EI 15 2196-95		03.10	Tomtog
	9902	Dm3 1217-18	04.25		Lasttog
	9905	EI 15 2193-95		04.30	Tomtog
	9904	Dm3 1205-06	06.23		Lasttog

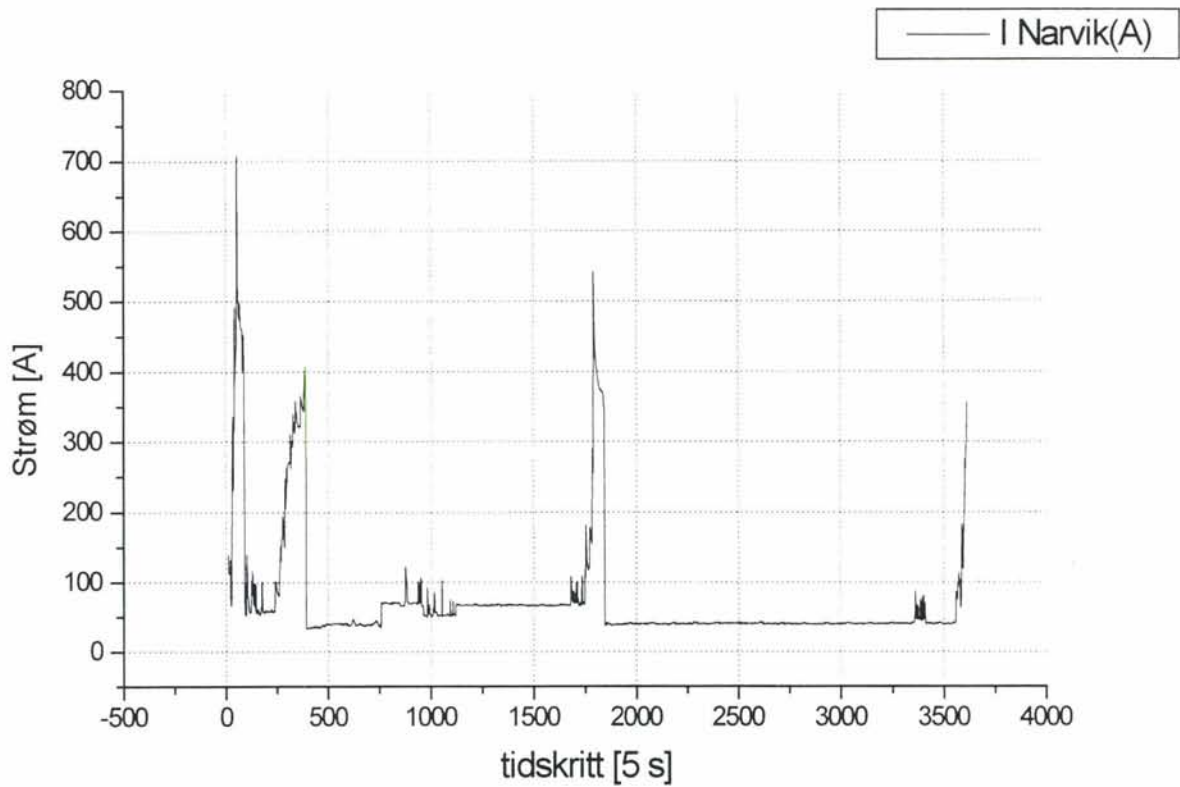
4. Resultater

På grunn av store datamengder vil ikke alle måleserier gjengis i rapporten. Alle data er gjennomgått og de verste tilfellene er vist under.

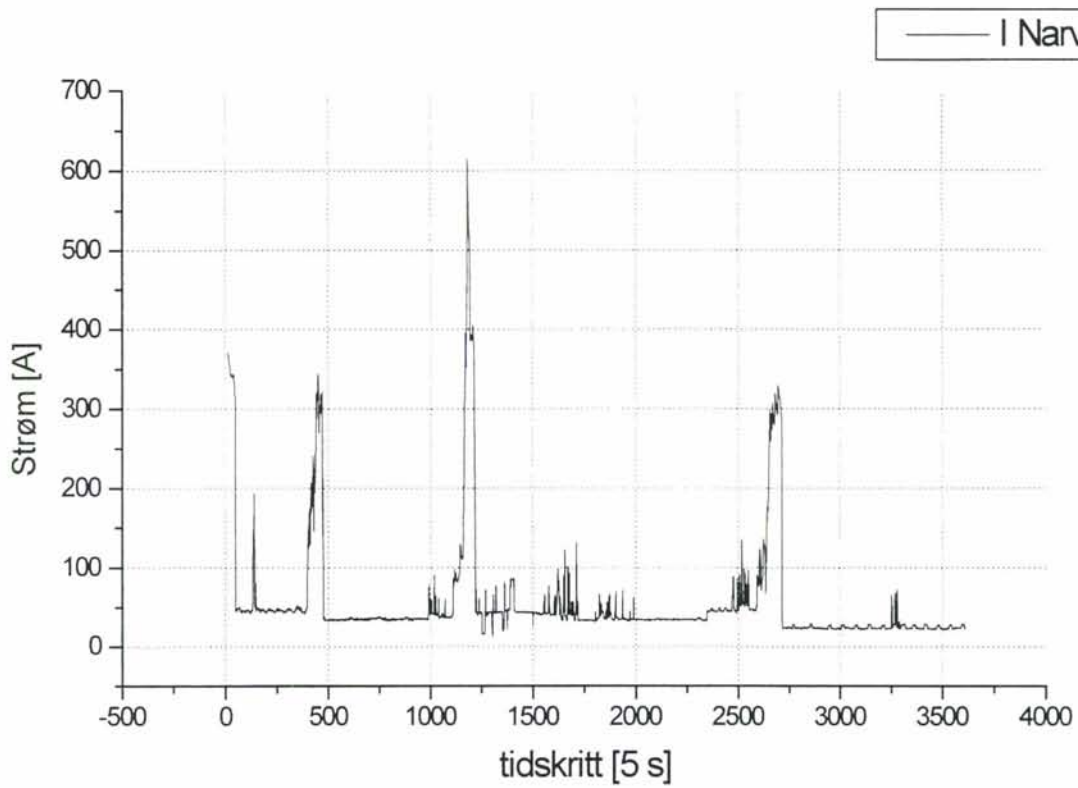
Måleseriene i sin helhet kan fås på excel-format ved henvendelse til Ingeniørtjenesten.

4.1ML Narvik

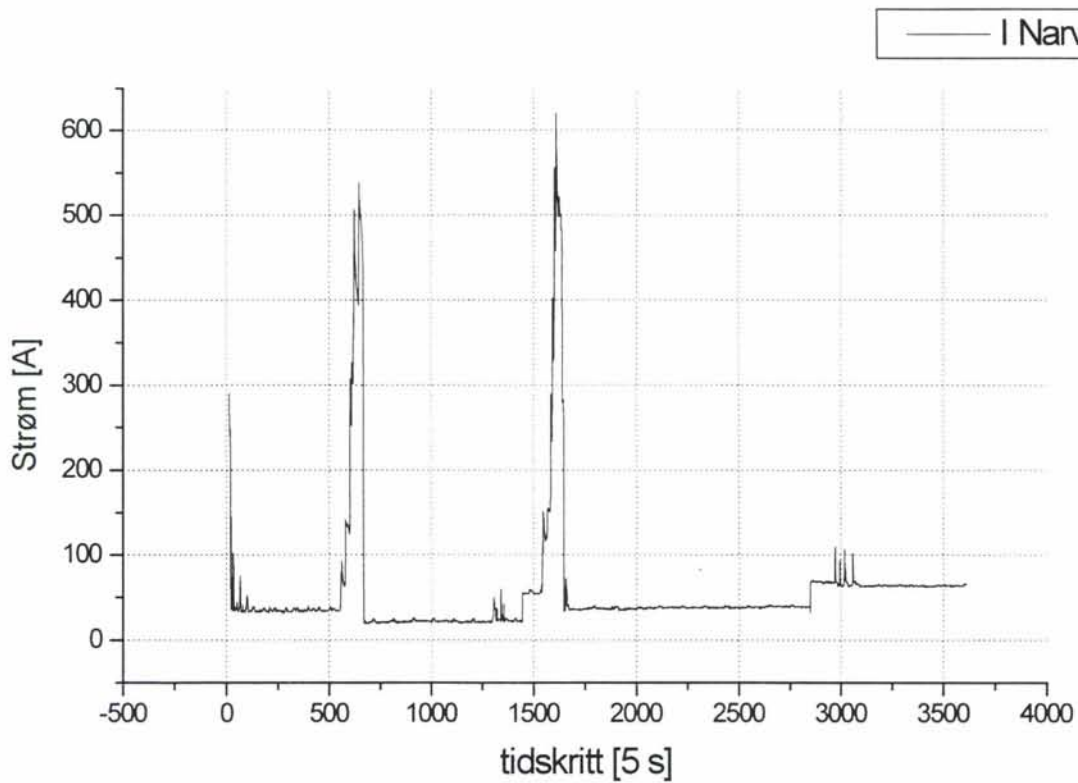
Måleserie nr 14. 17. april 1999. Klokken 04.20 – 09.20



Figur 4-1 Strøm i mateledning Narvik, måleserie nr. 14



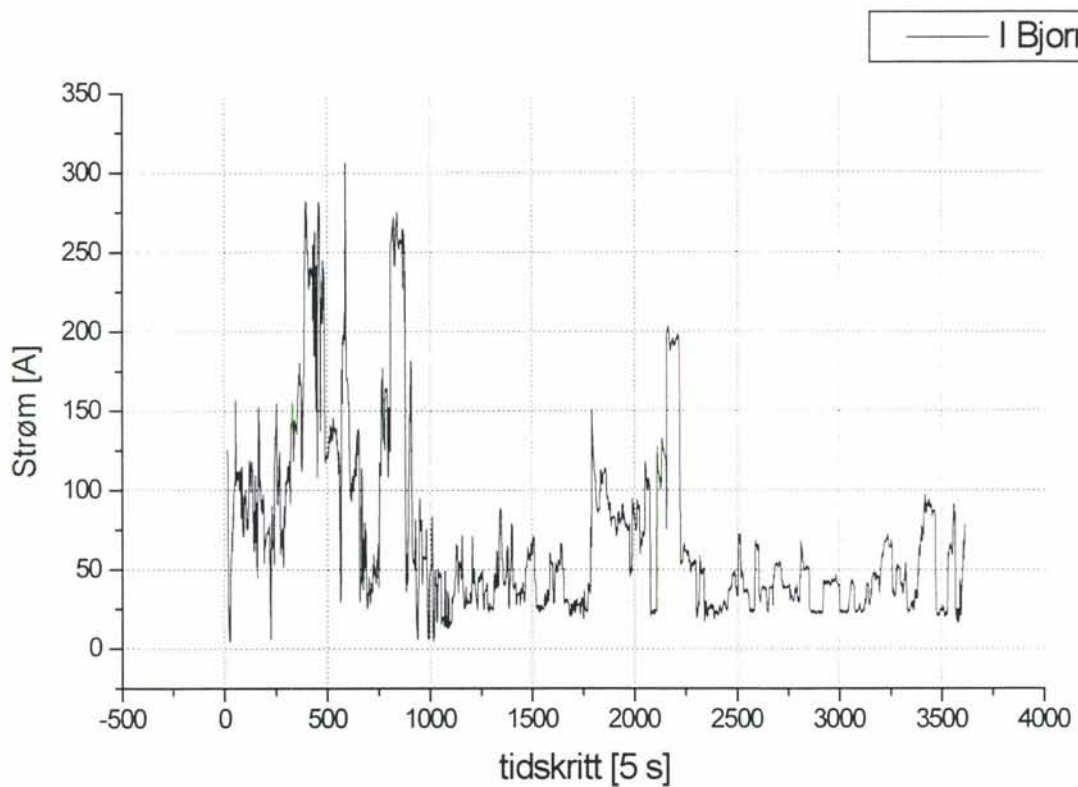
Figur 4-2 Strøm i mateledning Narvik, måleserie nr. 21.



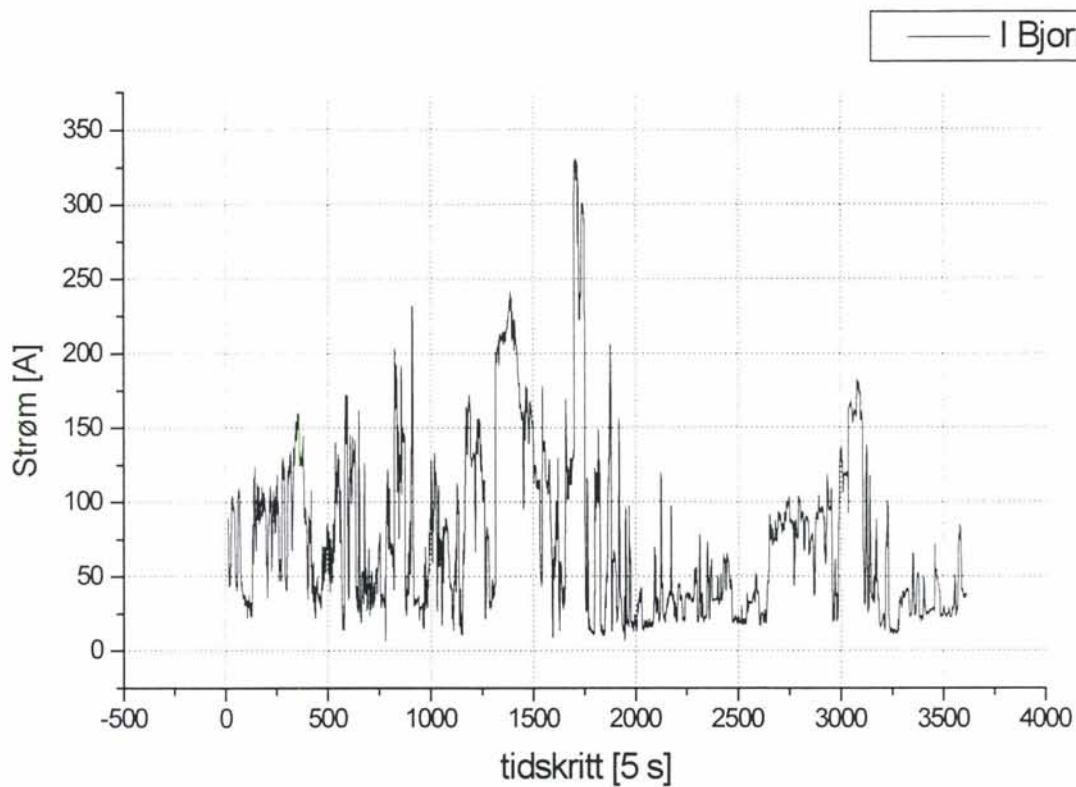
Figur 4-3 Strøm i mateledning Narvik, måleserie nr. 28.

4.2ML Bjørnfjell

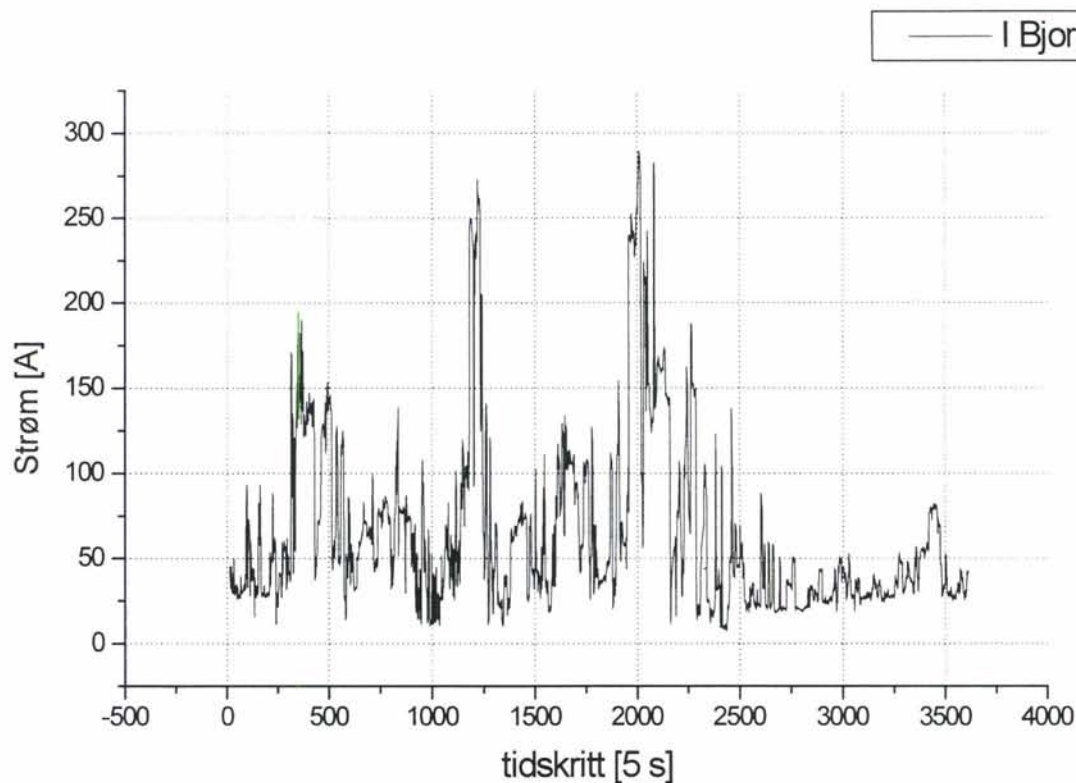
Måleserie nr 14. 17. april 1999. Klokken 04.20 – 09.20.



Figur 4-4 Strøm i mateledning Bjørnfjell, måleserie nr. 14.



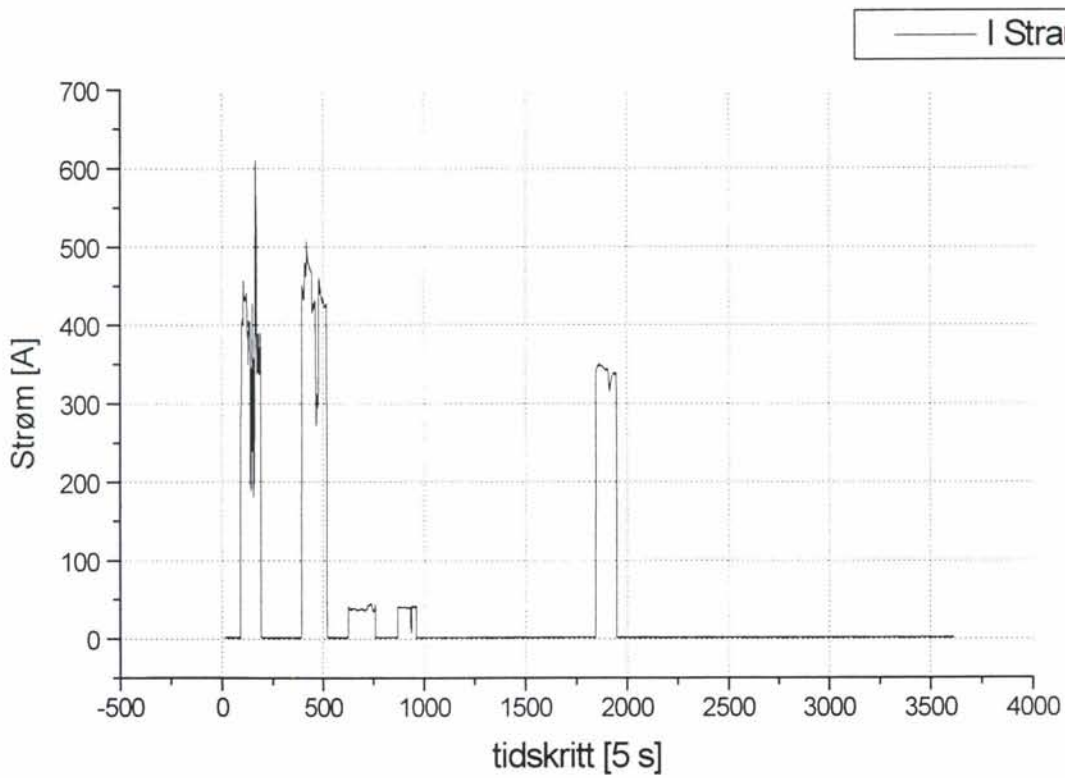
Figur 4-5 Strøm i mateledning Bjørnfjell, måleserie nr. 21.



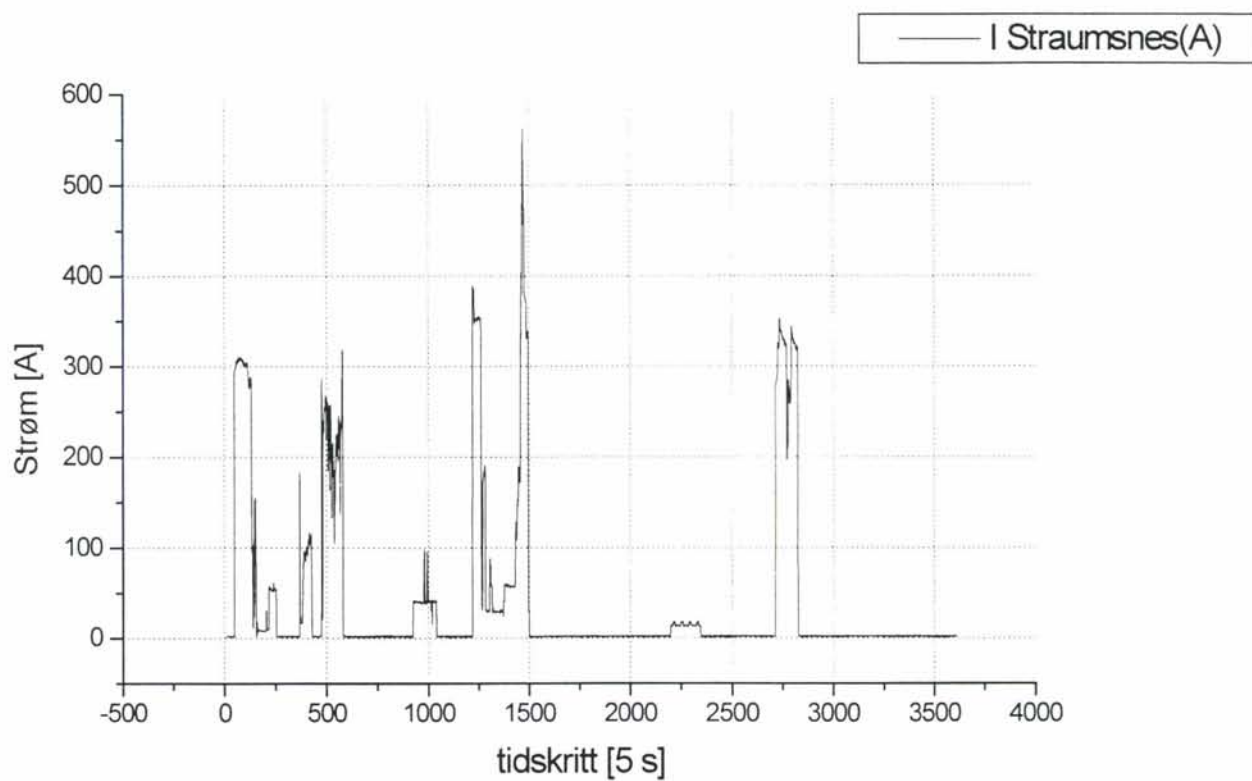
Figur 4-6 Strøm i mateledning Bjørnfjell, måleserie nr. 28

4.3ML Straumsnes

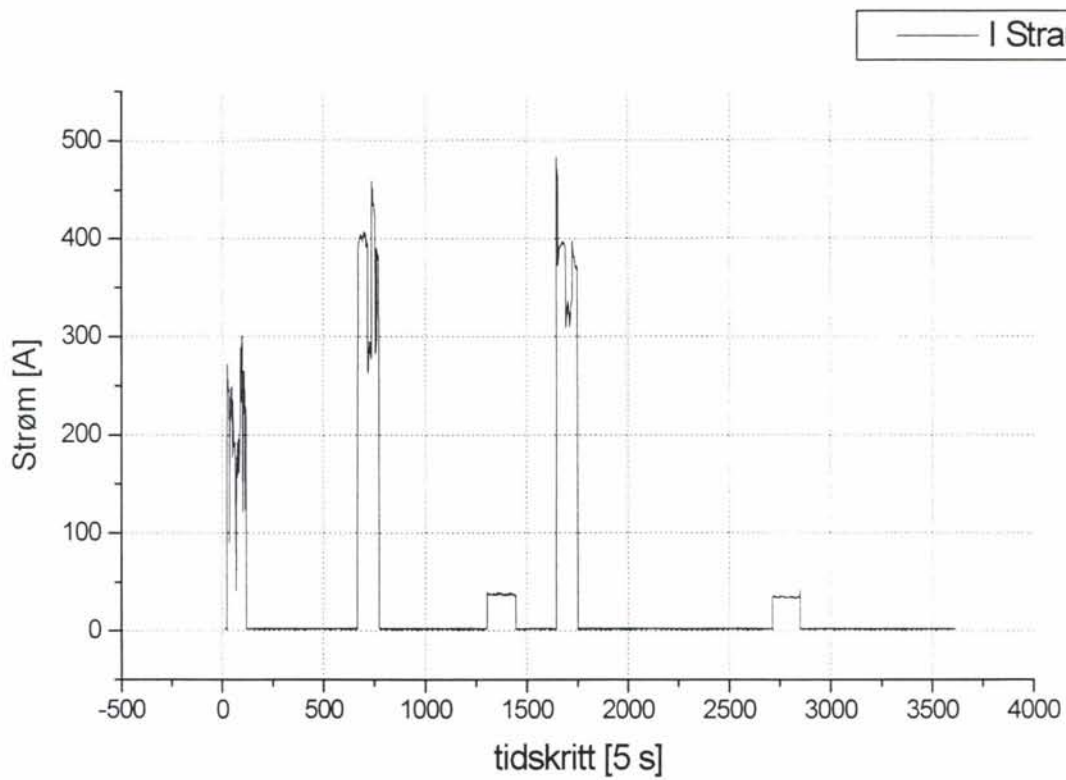
Måleserie nr 14. 17. april 1999. Klokken 04.20 – 09.20.



Figur 4-7 Strøm i mateledning Straumsnes, måleserie nr. 14.



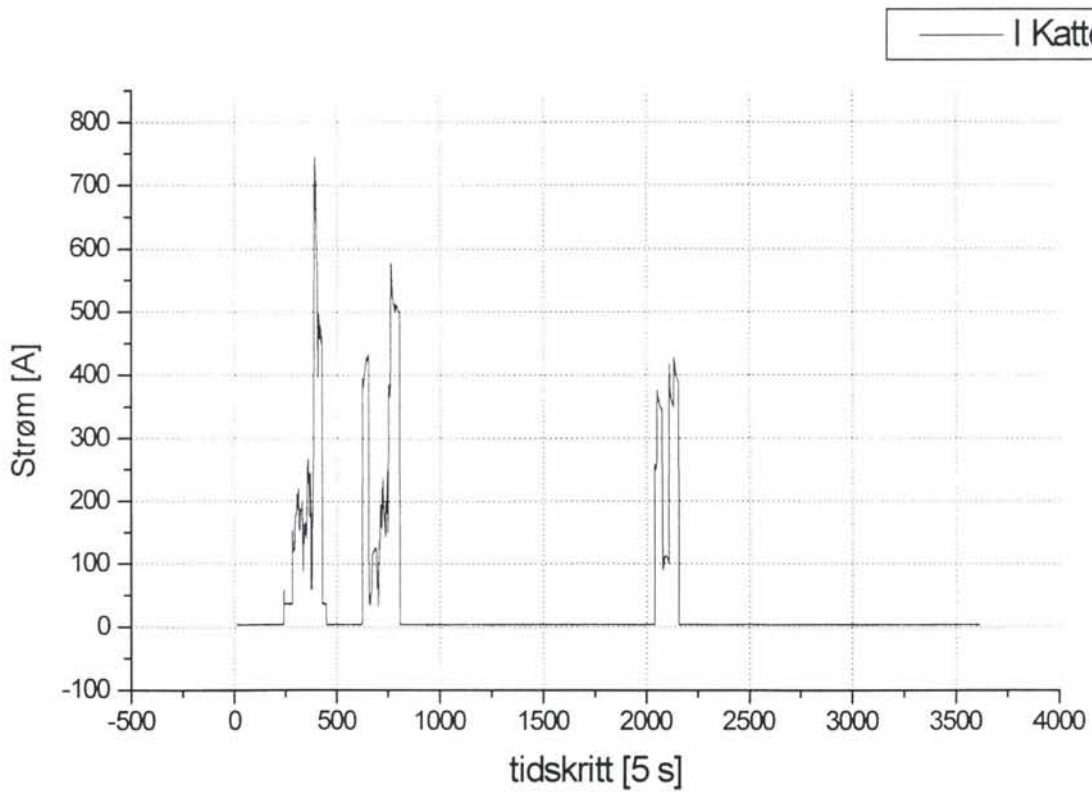
Figur 4-8 Strøm i mateledning Straumsnes, måleserie nr. 21.



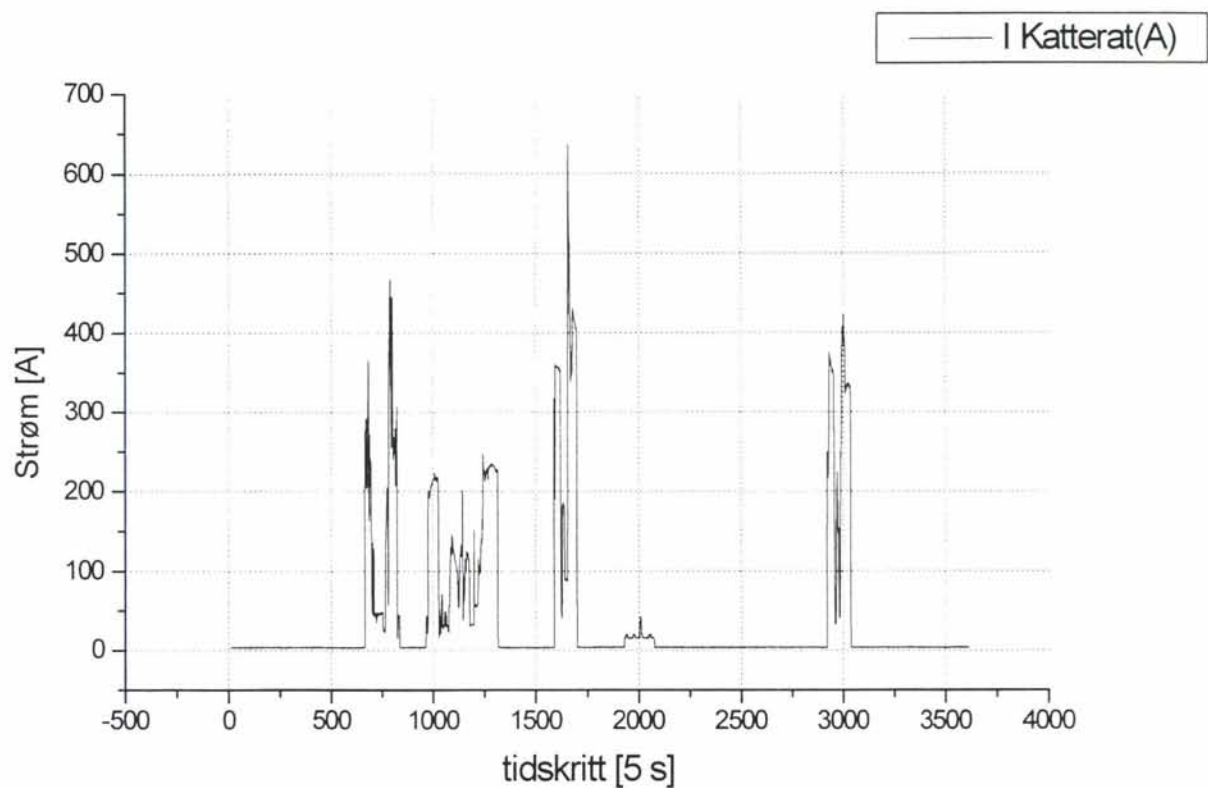
Figur 4-9 Strøm i mateledning Straumsnes, måleserie nr. 28

4.4ML Katterat

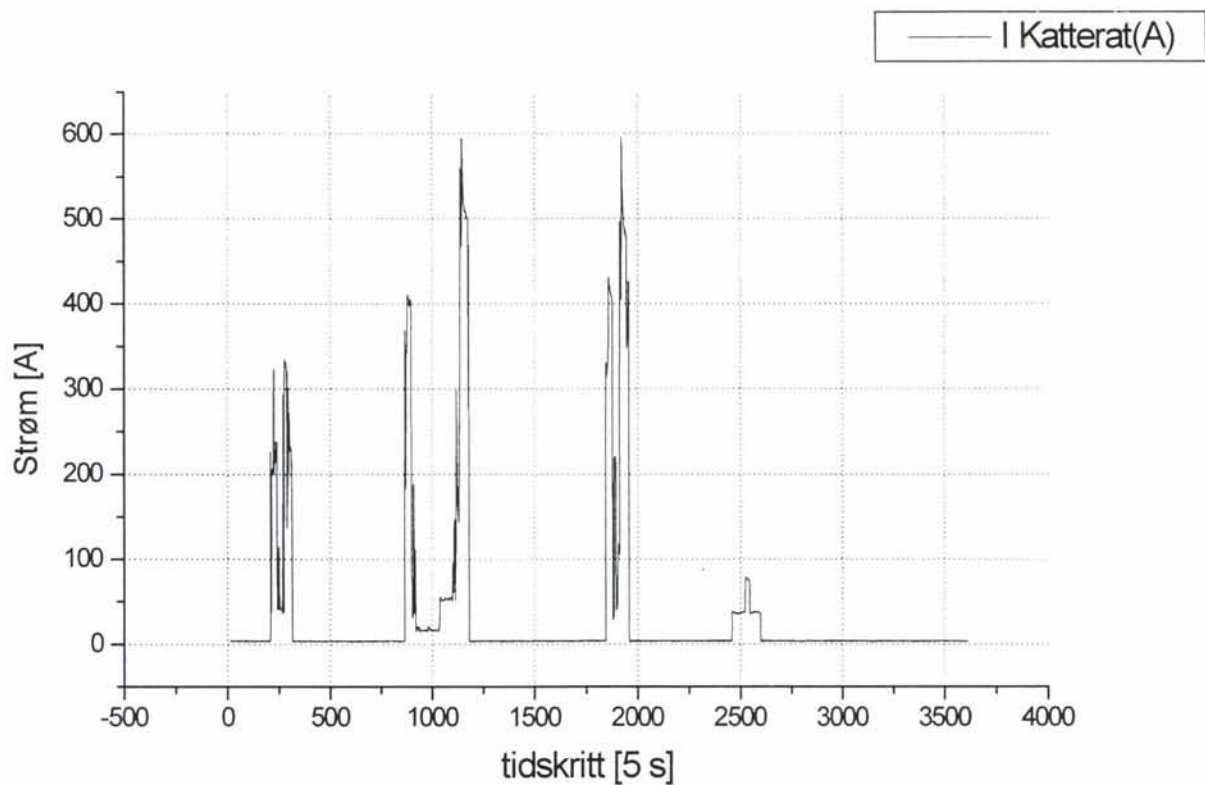
Måleserie nr 14. 17. april 1999. Klokken 04.20 – 09.20.



Figur 4-10 Strøm i mateledning Katterat, måleserie nr. 14.



Figur 4-11 Strøm i mateledning Katterat, måleserie nr. 21.



Figur 4-12 Strøm i mateledning Katterat, måleserie nr. 28.

5. Konklusjon

De gjengitte måleseriene, og de som ikke er gjengitt, (totalt 46 serier a 5 timer) viser maksimal verdier på litt over 700 A på mateledningene Narvik og Katterat. Forløpene er meget kortvarige (5 –10 s).

Sammenligning med kjørt ruteplan for 17.04.99 viser at maksimalstrømmene utgjøres av multippekoblet godstog med RC – materiell. Dette skyldes antakelig den dårlige $\cos \phi$ disse lokomotivene har i lave hastigheter (40 – 50 km/h).

Malmtogbelastningen virker ellers å ligge typisk rundt 400 – 500 A over tid. Disse belastningene utgjør ingen problemer for strømforsyningsanlegget.

Vedlegg 3

Simuleringsrapport, 30 tonns aksellast på Ofotbanen

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Nord

Prosjektansvarlig: Kolbjørn Lofthus

Prosjekt: Simulering av elektriske forhold på Ofofbanen, 30 tonns aksellast.

Rapport nr.: 01

Dato: 30.06.1999

Rapporten omhandler (stikkord):

Simulering av elektriske forhold på Ofofbanen.

Ingeniørtjenestens prosjektnr. 0981384106

For Jernbaneverket Ingeniørtjenesten

Prosjektansvarlig: *Frede Nilsen for kolbjørn lofthus*

Prosjektleder: *Frede Nilsen*

Rapport utarbeidet av: *Frede Nilsen*

Dato for siste revisjon: 30.06.99

Revisjon nr.: 0.0

Antall sider: 37

Besøksadr.:
Stenersgt. 1 B/C
Postadresse:
0048 Oslo

Sentralbord
Jernbaneverket:
22 45 50 00

Resepsjon
Ingeniørtjenesten
22 45 61 00

Telefax:
22 45 61 10

Postgiro:
0823.07.61494
Bankgiro:
8200.01.03183

Reg.nr.:
NO 971 033 533 MVA

Dokumentkontrollside

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Nord							
Prosjektbeskr.: Simulering av elektriske forhold på Ofotbanen, 30-tonns aksellast.							
Prosjektnr.:098138							
Dokumenttittel: Simulering av Ofotbanen, 30-tonns aksellast						Dokument nr.:1.0	
Utarbeidet av : Frode Johannessen						Sign <i>F. Johannessen</i>	
Skal kontrolleres av:	Kontrolltype	Rev. 0		Rev. 1		Rev. 2	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
TMF	Helhetsvurdering	<i>20.06.99</i>	<i>[Sign]</i>				
TMF	Språk	<i>20.06.99</i>	<i>[Sign]</i>				
TMF	Logisk oppbygging /disposisjon	<i>20.06.99</i>	<i>[Sign]</i>				
TMF	Teknisk: - faglig - tverrfaglig	<i>20.06.99</i>	<i>[Sign]</i>				
TMF	Presentasjonsform	<i>20.06.99</i>	<i>[Sign]</i>				
FRJ	Kopieringen er kontrollert(sign original)	<i>20.06.99</i>	<i>[Sign]</i>				
Generelle kommentarer:							
Dokument godkjent for utsendelse				Dato <i>20.6.99</i>	Sign. <i>F. Johannessen</i>		

SAMMENDRAG

Det er i denne rapporten sett på strømforsynings situasjonen på Ofotbanen ved økning til 30 tonns aksellast og innføring av nye malmlokomotiv.

Det er sett på to ulike ruteplansalternativer. Henholdsvis normal 30 tonns ruteplan og fortettet 30 tonns ruteplan.

Spenningsforhold

Simuleringene gir tilfredsstillende spenningsforhold på strekningen ved kjøring med de nye malmlokomotivene og de studerte ruteplaner. Det er ikke registrert spenninger under 13,4 kV i feilfritt anlegg.

I avvikssituasjoner som ensidig mating fra Rombak til Tornehamn kan spenningen meget kortvarig falle under 12 kV ved Tornehamn. Siden dette er et ekstremt tilfelle ansees også dette å være tilfredsstillende.

Belastning av Rombak omformerstasjon

Rombak omformer er bestykket med to 10 MVA aggregater og ett 5,8 MVA aggregat i simuleringen. Analysene tyder på at to 10 MVA aggregater er tilstrekkelig installert ytelse i Rombak. Man bør imidlertid vente med flytting av 5,8 MVA aggregatet til man ser hvor godt simuleringen stemmer med virkeligheten. Det kan også være andre grunner til at man ønsker å ha et ekstra reserve aggregat i stasjonen.

Det vil kunne forekomme strømmer opp mot 1800 A på utgående linje mot Riksgrensen ved utfall av samkjøringen med Sverige på svensk side. Effekt- og lastbrytere bør dimensjoneres for disse driftsstrømmene.

Belastning av mateledninger

Ingen av mateledningene belastes utover nominell belastning ved de simulerte ruteplansalternativene. For å kunne tåle avvik i forhold til ruteplaner og koblinger i kontaktledningsanlegget anbefales det allikevel at mateledningene Narvik og Bjørnfjell forsterkes til Feral 2x95 mm².

Ved utfall av samkjøringen med Tornehamn på svensk side må det ikke tillates kjøring med malmtog etter fortettet ruteplan på strekningen Tornehamn - Riksgrensen dersom mateledning Bjørnfjell ikke oppgraderes til minimum Feral 2x120 mm².

Mateledningene Straumsnes og Katterat bør forsterkes eller fjernes sammen med en forsterkning av kontaktledningsanlegget mellom Narvik og Bjørnfjell.

Belastning av kontaktledningen

Ved kjøring etter normal ruteplan og fortettet ruteplan vil ingen kontaktlednings seksjoner overbelastes termisk. Det er imidlertid svært små marginer for å tåle avvik i ruteplanen og strømforsyningen. Det anbefales derfor at kontaktledningsanlegget forsterkes mellom Narvik og Riksgrensen. Dersom dette ikke gjøres må man på andre måter sikre seg mot avvik i ruteplanen.

Det anbefales at kontaktledningen mellom Rombak og Riksgrensen sammenkobles for å redusere strømbelastningen på strekningen.

Ved utfall av samkjøringen med Tornehamn på svensk side må det ikke tillates kjøring med malmtog på strekningen Tornehamn - Riksgrensen dersom kontaktledningen på norsk side ikke oppgraderes.

Ved fortettet ruteplan anbefales det at man bruker dagens koblingsbilde med oppdelt kontaktledningsanlegg mellom Rombak og Bjørnfjell. Dette for å begrense belastningen på kontaktledningsanlegget på strekningen ved utfall av samkjøringen med Tornehamn.

Alle kabler og serieforbindelser i kontaktledningsanlegget bør vurderes slik at de ikke utgjør svake punkter i anlegget.

Kortslutningsanalyser

Det er utført kortslutningsanalyser for å se hvordan et tilbakematende tog påvirker impedansen sett fra omformerstasjonen. Analysene konkluderer med at det må settes begrensning i reaktiv effektproduksjon for å sikre at distansevernene fungerer. Hvor grensen går bør utredes nærmere. Dette vil sannsynligvis ikke få kostnadmessige konsekvenser for Jernbaneverket.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	1
2. TEKNISK KVALITET	2
2.1 KRAV TIL SPENNINGEN	2
2.2 DAGENS INSTALLERTE YTELSE.....	2
2.3 LEDNINGENS STRØMFØRINGSEVNE.....	3
2.4 IMPEDANSEPOLER.....	3
3. INNDATA	4
3.1 KONTAKTLEDNINGSSYSTEM.....	4
3.2 OMFORMERSTASJONER.....	4
3.3 OVERLIGGENDE TREFASENETT.....	4
3.4 BAKGRUNNSLAST.....	4
3.4.1 Lok og togmateriell.....	5
3.4.2 Nytt malmlokomotiv	5
3.4.3 Gods og persontog.....	8
3.5 BANEDATA	9
3.5.1 Gradienter og kurver (vertikal og horisontalkurvatur).....	9
3.5.2 Adhesjon.....	9
3.5.3 Tunneler	9
3.5.4 Hastighetsprofil.....	9
3.6 RUTEPLAN	9
4. OM RESULTATPRESENTASJONEN	10
5. RESULTATER FRA SIMULERINGENE	11
5.1 SPENNINGSFORHOLD LANGS KONTAKTLEDNINGEN	11
5.1.1 Spenningsforhold mellom Fagernes og Rombak.....	11
5.1.2 Spenningsforhold mellom Narvik og Bjørnffjell.....	11
5.2 BELASTNING AV ROMBAK OMFORMERSTASJON	13
5.2.1 Normal ruteplan.....	13
5.2.2 Fortettet ruteplan.....	15
5.3 BELASTNING AV MATELEDNINGER	17
5.3.1 Mateledning Rombak – Narvik	17
5.3.2 Mateledning Straumsnes.....	18
5.3.3 Mateledning Katterat.....	19
5.3.4 Mateledning Bjørnffjell.....	21
5.4 BELASTNING AV KONTAKTLEDNING	23
5.4.1 Fagerneslinjen	23
5.4.2 Narvik - Rombak.....	24
5.4.3 Rombak - Bjørnffjell.....	26
6. KORTSLUTNINGSANALYSER	32
6.1 BESKRIVELSE AV KORTSLUTNINGSANALYSER	32
6.2 RESULTATER	33
7. DISKUSJON	34
8. KONKLUSJON	35
9. REFERANSELISTE	37

1. INNLEDNING

I forbindelse med oppgradering til 30 tonns aksellast på Ofotbanen skal det utarbeides en hovedplan for banestrømforsyningen på strekningen. Denne simuleringsrapporten er en del av grunnlaget for hovedplansarbeidet og er utført ved Ingeniørtjenesten på oppdrag for Jernbaneverket Region Nord våren 1999.

MTAB har bestilt nye lokomotiv fra Adtranz for å utnytte den økte aksellasten. Spesifikasjonene til de nye lokomotivene er et utgangspunkt, og en forutsetning for analysene.

Rapportens mål er ved hjelp av simuleringer i SIMTRAC, å redegjøre for spennings- og belastningsforhold på Ofotbanen ved kjøring i henhold til forventet ruteplan og fortettet ruteplan for 30-tonns aksellast. Forventet ruteplan er utarbeidet av Banverket, og ligger som vedlegg til rapporten.

Man tar sikte på å synliggjøre hvilke områder av banenettet og strømforsyningen som er kritiske ved en fremtidig togframføring med økt energibehov, og dessuten anslå sannsynligheten for at utfall av aggregater eller andre hendelser i strømforsyningen forårsaker problemer for togframføringen.

Det konkrete området som er valgt er strekningen fra Fagernes i Norge til Riksgrensen.

2. TEKNISK KVALITET

2.1 KRAV TIL SPENNINGEN

For at banestrømforsyningen ikke skal være til hinder for framføringen av en gitt togtrafikk stilles følgende hovedkrav:

Spenningen på strømvogter må ikke underskride en gitt verdi. Nedre grense er i henhold til IEC publikasjon nr. 60850, satt til 12 kV. Jernbanelanetkets nedre grense er satt til 13,5 kV ved prosjektering.

Valget av 13,5 kV som dimensjonerende spenning ved prosjektering begrunnes med at det bør være innlagt en viss reserve for framtidig trafikkøkning.

2.2 DAGENS INSTALLERTE YTELSE

I vurderingen av belastningene av Rombak omformerstasjon er det tatt utgangspunkt i de spesifiserte merkeeffekter:

Tabell 2-1 Maksimal installert ytelse i Rombak omformerstasjon

Maksimal ytelse på aggregater i Rombak omformerstasjon. (Tall i parentes er aggregatytelsen / stasjonsytelsen)				
Aggregat type	Antall	Timeytelse [MVA]	Seksminutts ytelse [MVA]	Tosekunds strøm [A]
ASEA Q48	2	10 (0,39)	14 (0,39)	1250 (0,4)
ASEA Q38	1	5,8 (0,22)	8 (0,22))	625 (0,2)
Total stasjons ytelse		25,8	36	3125

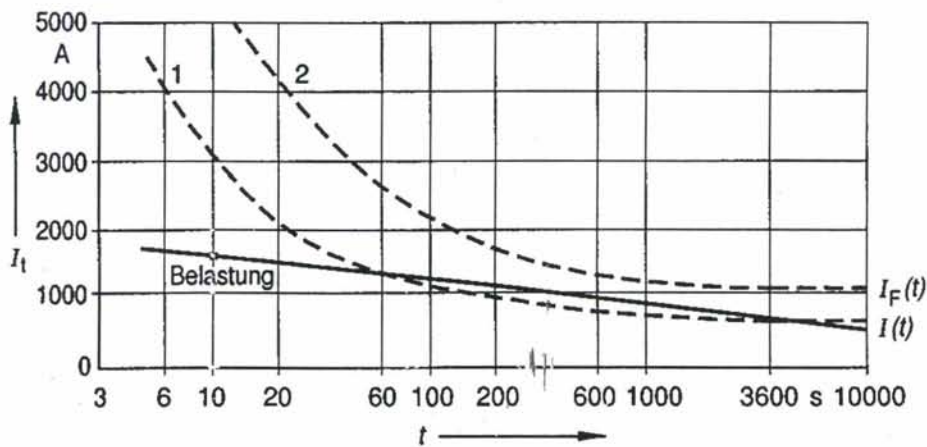
2.3 LEDNINGENES STRØMFØRINGSEVNE

Mateledningene har følgende termiske begrensninger:

Mateledning Narvik og mateledning Bjørnfjell, Cu 2x60 mm ² :	640 A [1]
Mateledning Straumsnes og Katterat, Feral 150 mm ²	702 A [2]

Mateledningene Narvik og Bjørnfjell er utglødd og antas å tåle mindre enn normert belastning.

Kontaktledningen antas å ha en strømføringssevne som skissert i figur 2-1, [3]



Figur 2-1 Kontaktledningens strømføringssevne

Strømføringssevnen er beregnet ved 10 % slitt kontakttråd, 35 °C lufttemperatur og 1 m/s vindhastighet.

Kurve 1 angir normalt kontaktledningsanlegg med Cu 100 mm² kontakttråd og Cu 50 mm² bæreline.

Kurve 2 angir kontaktledningsanlegg med Al 240 mm² forsterkningsledning.

2.4 IMPEDANSEPOLER

Impedansespolene på strekningen er i [1] oppgitt til 600 A. Ifølge kravspesifikasjonen skal de tåle 950 A i 30 minutter og 1600 A i 5 minutter uten å overbelastes. Impedansespolene tåler dermed mer enn kontaktledningsanlegget og vil ikke bli kommentert spesielt i resultatbehandlingen.

3. INNDATA

I dette kapittelet beskrives kort de modeller som anvendes i simuleringen og inndata til disse

3.1 KONTAKTLEDNINGSSYSTEM

Kontaktledningen modelleres som en resistans i serie med en reaktans med impedansen/km. og lengden i km. angitt i programmet. Målte impedanser i kontaktledningsanlegget mellom Fagernes og Riksgrensen er $0.17 + j 0.15 \Omega/\text{km}$.

På svensk side er det i simuleringen benyttet en impedans på $0.14 + j 0.16 \Omega/\text{km}$. Det er da forutsatt utbygging til kontaktledningssystem med opphengt retur og forsterkningsledning i henhold til eksisterende planer hos Banverket.

3.2 OMFORMERSTASJONER.

På banestrekningen Fagernes - Stenbacken, er det i dag følgende omformerstasjoner:

Rombak omformerstasjon 2 x 10 + 1 x 5,8 MVA Roterende aggregat
Tornehamn omformerstasjon 2 x 10 + 1 x 5,8 MVA Roterende aggregater
Stenbacken omformerstasjon 2 x 10 MVA Roterende aggregater

Installert ytelse er i henhold til plandokumenter for oppgradering til 30 tonns aksellast.

Spenningsreguleringen i alle stasjonene er i simuleringen stilt inn til 16.5 kV i tomgang og synkende til 16.3 ved fullast og effektvinkel 70° .

Tornehamn og Stenbacken omformerstasjon ligger på svensk side og er tatt med i modellen for nøyaktighets skyld. De er ikke vurdert i resultatbehandlingen.

3.3 OVERLIGGENDE TREFASENETT.

Hver omformerstasjon er forsynt via det regionale / lokale forsyningsnettet som er sammenkoblet via forgreininger og ringnett. Dette gir at hele nettet er synkront med hensyn på frekvensen, men med vinkelforskjell i spenningen avhengig av lastsituasjonen både for Jernbaneverket og for alle andre kraftforbrukere.

Til hver omformerstasjon på strekningen har man trefase tilførsel med en spenning på 66 kV, 50 Hz.

Trefasenettet fra Rombak til Stenbacken er modellert som et sammenhengende ekvivalent system sett fra omformerstasjonene. Det er tatt utgangspunkt i et tunglast tilfelle for trefasenettet siden det gir de største vinkelforskjellene mellom omformerstasjonene.

3.4 BAKGRUNNSLAST

Det lagt inn faste laster langs banestrekningen på norsk side for å dekke forbruket i ekstrauttak fra kontaktledningen. Belastningene er lagt inn med 50 % av transformatorytelsen på fri linje.

På de stasjonene som fremdeles er forsynt fra kontaktledningen er det lagt inn last lik transformatorytelsen.

3.4.1 Lok og togmateriell

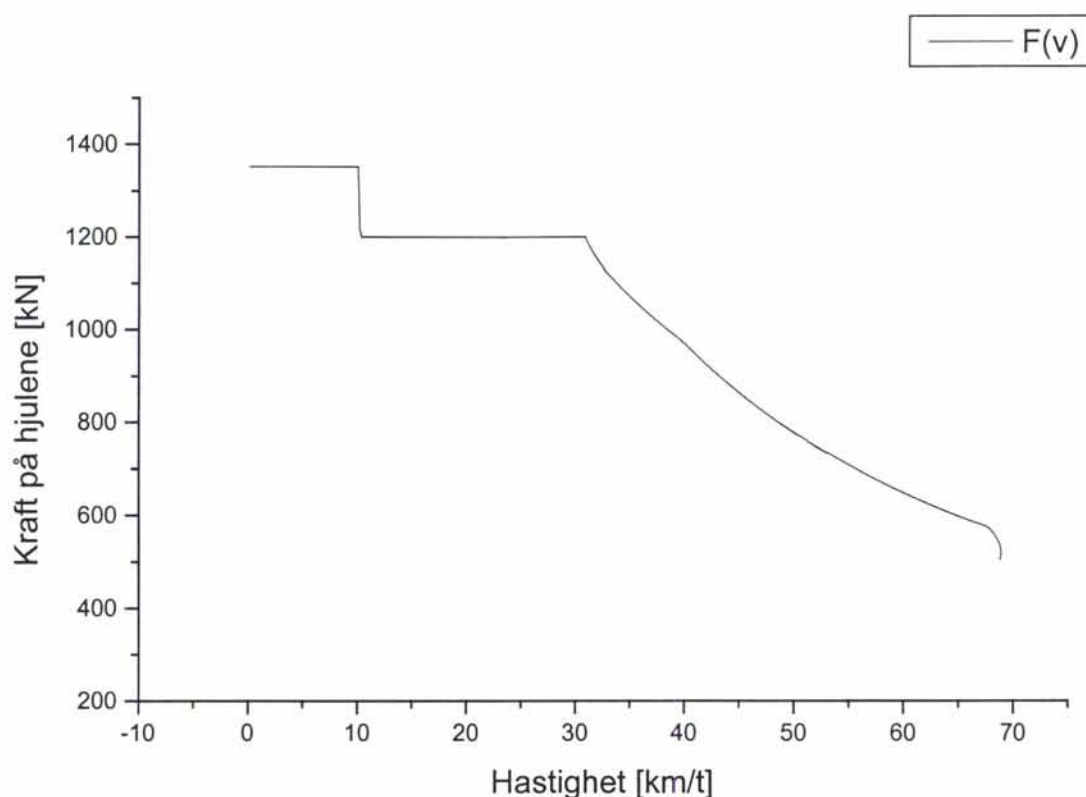
De loktyper som er benyttet i simuleringen er:

3.4.2 Nytt malmlokomotiv

Modellene for det nye malmlokomotivet er utviklet av Ingeniørtjenesten på bakgrunn av konstruksjonsdata oppgitt av Christer Ljunggren ved SJ.

Trekraft:

Figur 3-1 viser simulert trekkraftkurve.



Figur 3-1 Simulert trekkraftkurve

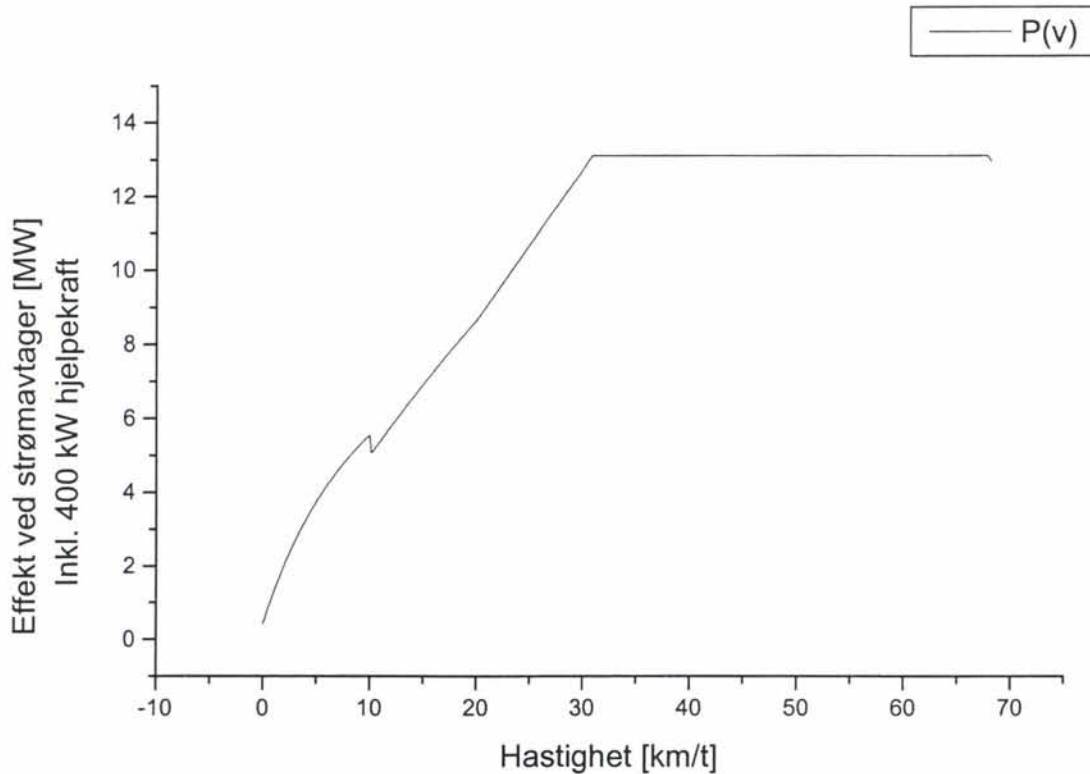
Maksimal bremsekraft er satt til 750 kN.

I modellen er det benyttet et maksimalt traksjonseffektuttak på 12.7 MW. Maksimaleffekten er beregnet ut fra 10.8 MW maksimal motoreffekt og en virkningsgrad på 0.85. På grunn av en forventet lavere virkningsgrad i området 30 – 40 km/t (0.81-0.85) begrenses maksimal trekkraft i dette hastighetsområdet av maksimaleffekten i programmet. Dette innfører en liten unøyaktighet i modellen i området 30 – 40 km/t. Det er lagt inn slik for å en riktig

begrensning av effekten ved lave spenninger. Virkningsgraden til lokomotivet er uansett en usikker faktor som varierer med flere parametre.

Effektuttak:

Maksimalt effektuttak ved kjøring er simulert i figur 3-2.



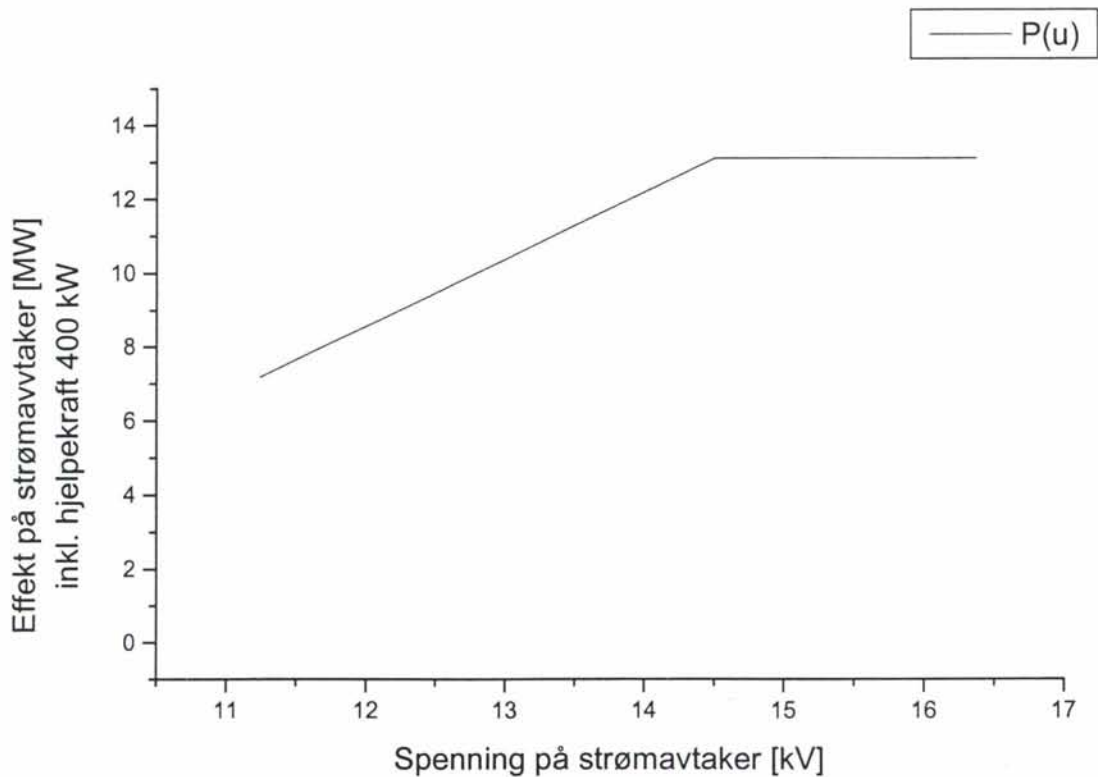
Figur 3-2 Simulert effektkurve

Det er i simuleringene benyttet et maksimalt hjelpekraftuttak for det enkelte tog på 400 kW.

Maksimal bremseeffekt er satt til 9.18 MW.

Spenningsavhengighet:

Det er i modellen forutsatt en begrensning i maksimalt effektuttak som funksjon av kontaktledningsspenning som vist i figur 3-3. Fra 11 kV til 10 kV synker effekten lineært til null.



Figur 3-3 Benyttet spenningsavhengighet

Bremseeffekten er begrenset av kontaktledningsspenningen slik at maksimal bremseeffekt kan tas ut i området 14.5 kV – 17 kV, fra 17 kV – 17.25 kV synker effekten til null.

Bremseeffekten er lagt inn slik for ikke å få spenninger over 17.25 kV i kontaktledningsanlegget.

Spenningsavhengigheten som er benyttet er foreslått av leverandør. Togets endelige spenningsavhengighet ikke er bestemt.

For å kompensere for spenningsfall er det lagt inn en reaktiv effektproduksjon på 5° ved spenninger under 14 kV. Fra 14 kV til 16kV er effektvinkelen lineært avtakende til 0°. Ved bremsing er det lagt inn en tilsvarende reaktiv effektproduksjon.

Vekt og lengde**Tabell 3-1 Vekt og lengde på ulike malm/olivintog**

	Vekt	Lengde (ant. vogner)
Fullt lastet malmtog	8520 tonn	740 m (68)
Olivintog uten tomme vogner	1660 tonn	178.4 (13)
Olivintog med tomme vogner	2760 tonn (13 vogner olivin og 55 tomme vogner)	740 (68)
Tomtog	1720 tonn	740 (68)

Rullemotstand

Formel for rullemotstand er oppgitt fra LKAB. Benyttede verdier for de ulike lastene er vist under på formen $RR = RRA + RRB \cdot v + RRC \cdot v^2$, verdiene inkluderer lok og vogner:

Tabell 3-2 Rullemotstand for de nye togene

Fullt lastet malmtog [kN/(km/t)]	RRA 98.825 RRB 0.03889 RRC 0.00667
Tomtog [kN/(km/t)]	RRA 38.8 RRB 0.03889 RRC 0.00667
Olivintog med tomme vogner [kN/(km/t)]	RRA 47.97 RRB 0.03889 RRC 0.00667
Olivintog uten tomme vogner [kN/(km/t)]	RRA 23.7 RRB 0.00736 RRC 0.00167

3.4.3 Gods og persontog

Som lokomotiv for gods og persontog er det benyttet RC-4 lok. Dette er et svensk tyristorlokomotiv, det har ikke tilbakematingsmulighet. Modellen er utarbeidet av Adtranz, Sverige.

Maksimalt effektuttak fra strømvaktaker: 6 MW.

3.5 BANEDATA

De banedata som er anvendt er hhv. gradienter (vertikalkurvatur), hastighetsprofil, tunneller og adhesjonskoeffisient.

3.5.1 Gradienter og kurver (vertikal og horisontalkurvatur)

Data for gradienter kommer ikke til å fremstilles i rapporten på grunn av den store tallmengden. Disse er hentet fra banedatabanken og justert for å gi en hensiktsmessig kurvatur i simuleringprogrammet.

Data for horisontal kurver er ikke benyttet i studien siden disse ville øket mengden med inndata uforholdsmessig mye uten å gi særlig innvirkning på resultatene.

3.5.2 Adhesjon

For å bestemme adhesjonen er det benyttet Curtius og Kniffers formel:

$$\text{Adhesjonskoeffisienten} = 0.161 + \frac{7,5}{44 + v}, v[\text{km/t}] \quad \text{Formel 1}$$

3.5.3 Tunneler

I tunnelene på strekningen er luftmotstanden øket med en faktor på 2 i forhold til fri strekning.

3.5.4 Hastighetsprofil

Det er i simuleringen benyttet to ulike hastighetsprofiler for strekningen, henholdsvis normal- og pluss-, hastighetsprofil. De ulike hastighetsprofilene er hentet fra banedatabanken.

Malmtogene kjører etter normalhastighet dvs. oppadgående tog kjører med 60 km/t på fri strekning og 40 km/t på stasjonsområdene. Nedadgående tog kjører med 50 km/t på fri strekning og 40 km/t på stasjonene. På Narvik stasjon er det 20 km/t. Mellom Fagernes og Narvik er det 40 km/t.

Person- og godstog er simulert med kjøring etter pluss-hastighet.

3.6 RUTEPLAN

Det er benyttet to ulike ruteplaner i simuleringen, henholdsvis normal 30-tonns ruteplan og fortettet 30-tonns ruteplan”.

Normal 30-tonns ruteplan er utarbeidet av Banverket og er gjengitt i vedlegg 2.

Fortettet 30-tonns ruteplan innebærer en tettere ruteplan enn den som er utarbeidet av Banverket. Ruteplanen er gjengitt i vedlegg 3.

4. OM RESULTATPRESENTASJONEN

Alle tidspunkter i resultatpresentasjonen er oppgitt i sekunder fra simuleringsstart. Simuleringstiden starter ved midnatt slik at tiden i sekunder blir lik tidspunktet på døgnet dersom man dividerer med 3600 s, trekker fra den hele timen og multipliserer desimalene med 60 s.

Figurene er laget i regnearkprogrammet Origin 5.0 ut fra tabeller generert i Simtrac.

Time og seksminuttsverdier for opplastingen i Rombak omformerstasjon er også beregnet i Origin. Man har da benyttet en rutine som finner høyeste gjennomsnittsbelastning med en oppløsning på ett tidskritt (ca .1 s).

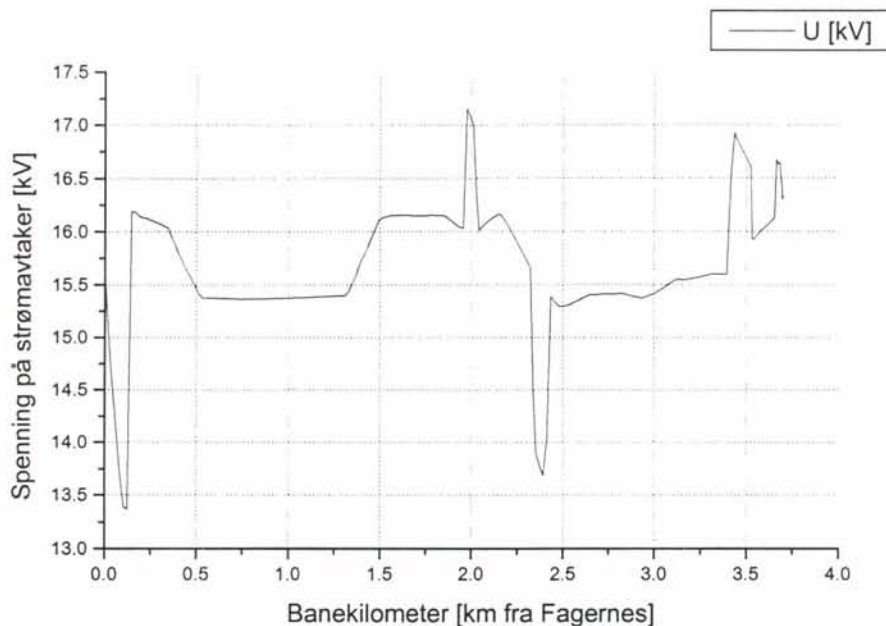
5. RESULTATER FRA SIMULERINGENE

5.1 SPENNINGSFORHOLD LANGS KONTAKTLEDNINGEN

5.1.1 Spenningsforhold mellom Fagernes og Rombak

Spenningsforholdene på strekningen Fagernes – Rombak vil være lik for normal ruteplan og fortettet ruteplan. Det skyldes at begge ruteplanene opererer med kun ett tog på strekningen samtidig.

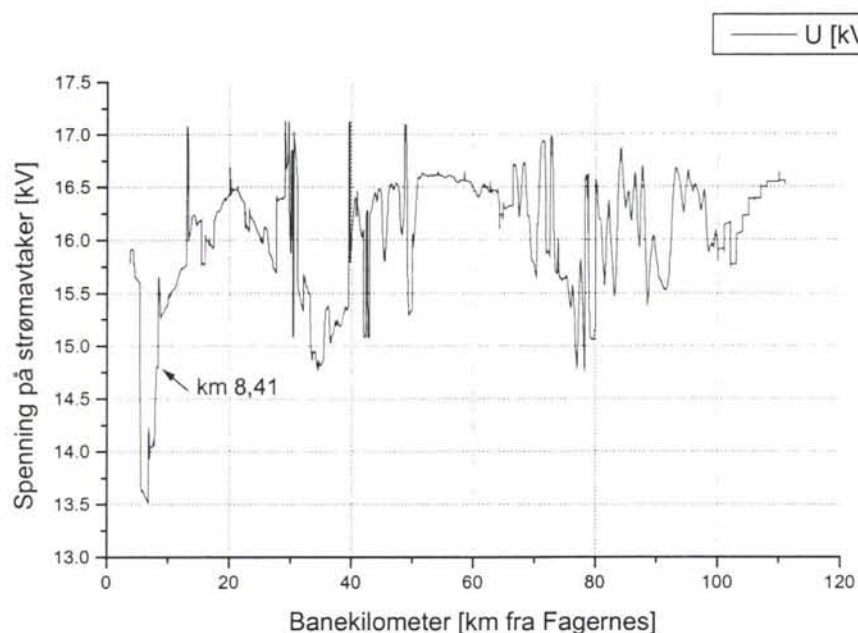
Ved oppstart fra Fagernes med olivintog er det registrert spenning ned mot 13.4 kV, se figur 5-1. Spenningsforholdene regnes derfor som tilfredsstillende for denne etappen. Dersom man normalt mater kun LKAB tomten og Fagerneslinjen via mateledning Narvik vil ikke spenningen ved Fagernes avhenge av øvrig trafikk på strekningen Narvik – Rombak



Figur 5-1 Spenning på olivintog opp fra Fagernes

5.1.2 Spenningsforhold mellom Narvik og Bjørnfjell

Figur 5-2 viser spenningen på et østgående olivintog som kjører fra Narvik mot Stenbacken. Eksemplet gjelder fortettet ruteplan, men for strekningen Narvik – Rombak (ca. km 3 – km 20) vil spenningen, for alle praktiske formål, være lik for normal og fortettet ruteplan. For resten av Ofofbanen vil spenningen ved fortettet ruteplan være lik eller verre enn normal ruteplan. *Man kan derfor konkludere med at spenningsforholdene på hele Ofofbanen vil være tilfredsstillende ved ved kjøring i henhold til de oppgitte ruteplaner.*



Figur 5-2 Østgående olivintog på strekningen Narvik - Stenbacken

Av figur 5-2 kan man spesielt legge merke til spenningsforskjellen ved kryssing av seksjonsdelet på km 8,41, blokkpost Djupvik. De andre seksjonsdelene ser ikke ut til å få store spenningsforskjeller. Dette bildet kan meget fort endre seg ved forsinkelser og avvik i forhold til ruteplanen. For å sikre seg mot skade på kontaktledningen når strømvaktakeren på togene kortslutter store spenningsforskjeller bør kontaktledningsanlegget på Ofofbanen kobles sammen. Risikoen er spesielt stor ved forsinkelser da et tilbakematende tog på en seksjon kan presse spenningen opp til over 17 kV samtidig som et oppadgående tog passerer seksjonsdelet.

5.2 BELASTNING AV ROMBAK OMFORMERSTASJON

5.2.1 Normal ruteplan

Det er tatt utgangspunkt i dagens koblingsbilde for kontaktledning og mateledninger

Tabell 5-1 viser absolutte verdier for belastningene samt den prosentvise belastningen av stasjonen (1,0 = 100 %).

Tabell 5-1 Belastning av Rombak omformerstasjon, normal ruteplan

	Belastning Rombak
S [MVA] Time	6,0
S / Sn Time	0,23
S [MVA] 6 min.	10,7
S / Sn` 6 min.	0,29
I [A] 2 sek.	1039
I / In`` 2 sek.	0.33

Sn` er her maksimal 6 minutters synytelse for stasjonen.

In`` er her maksimal 2 sekunders strøm for stasjonen.

Av tabell 5-1 ser man at Rombak omformerstasjon kan klare seg med ett 10 MVA aggregat ved normal ruteplan. *For å opprettholde nødvendig redundans og kunne takle mindre avvik i ruteplanen vil 2x10 MVA være tilstrekkelig installert ytelse.*

Ved et brudd på samkjøringen mellom Rombak omformerstasjon og Tornehamn omformerstasjon langt inn på svensk side vil Rombak måtte forsyne strekningen alene. Man har gjort en simulering med utfall av utgående linjefelt mot Norge i Tornehamn.

Det er tatt utgangspunkt i sammenkoblet kontaktledningsanlegg mellom Rombak og Tornehamn omformerstasjoner. Tabell 5-2 viser absolutte verdier for belastningene samt den prosentvise belastningen av stasjonen (1,0 = 100 %).

Tabell 5-2. Belastning av Rombak omformerstasjon, normal ruteplan, brudd på samkjøringen

	Belastning Rombak
S [MVA] Time	8,4
S / Sn Time	0,33
S [MVA] 6 min.	20,6
S / Sn` 6 min.	0,57
I [A] 2 sek.	1744
I / In`` 2 sek.	0.56

Sn` er her maksimal 6 minutters synytelse for stasjonen.

In`` er her maksimal 2 sekunders strøm for stasjonen

Ved utfall av samkjøringen med Sverige et stykke inn på svensk side ser man av tabell 5-2 at Rombak omformerstasjon vil kunne klare seg med ett 10 MVA aggregat og ett 5,8 MVA aggregat. Det er imidlertid svært små marginer til grenselasten, se kapittel 2.2. To 10 MVA aggregater vil derfor være en sikkerhet for overbelastning.

Man vil ikke tåle å miste noen aggregater i dette driftstilfellet dersom man kun har 2x10 MVA eller 1x10 og 1x5,8 MVA installert. Forskriftene stiller krav til redundans i omformerstasjoner slik at man skal kunne tåle å ta ut ett aggregat i en stasjon uten å overbelaste de gjenværende aggregatene i gjeldende stasjon og nabostasjonene. Et utfall av samkjøringen mellom Norge og Sverige vil være som å miste flere aggregater samtidig og man kan ikke kreve redundans i dette driftstilfellet. **Tilstrekkelig installert ytelse i Rombak omformerstasjon vil derfor være 2x10 MVA.**

5.2.2 Fortettet ruteplan

Det er tatt utgangspunkt i dagens koblingsbilde for kontaktledning og mateledninger

Tabell 5-3 viser absolutte verdier for belastningene samt den prosentvise belastningen av stasjonen (1,0 = 100 %).

Tabell 5-3 Belastning av Rombak omformerstasjon, fortettet ruteplan

	Belastning Rombak
S [MVA] Time	7,5
S / Sn Time	0,29
S [MVA] 6 min.	11,9
S / Sn` 6 min.	0,33
I [A] 2 sek.	1146
I / In`` 2 sek.	0.37

Sn` er her maksimal 6 minutters synytelse for stasjonen.

In`` er her maksimal 2 sekunders strøm for stasjonen.

Av tabell 5-3 ser man at Rombak omformerstasjon kan klare seg med ett 10 MVA aggregat også ved fortettet ruteplan. For å opprettholde nødvendig redundans og tåle avvik i ruteplanen vil 2x10 MVA være tilstrekkelig installert ytelse.

Ved et brudd på samkjøringen mellom Rombak omformerstasjon og Tornehamn omformerstasjon langt inn på svensk side vil Rombak måtte forsyne strekningen alene. Man har gjort en simulering med utfall av utgående linjefelt mot Norge i Tornehamn. Det er tatt utgangspunkt i sammenkoblet kontaktledningsanlegg mellom Rombak og Tornehamn omformerstasjoner.

Tabell 5-4 viser absolutte verdier for belastningene samt den prosentvise belastningen av stasjonen (1,0 = 100 %).

Tabell 5-4 Belastning av Rombak omformerstasjon, fortettet ruteplan, brudd på samkjøringen.

	Belastning Rombak
S [MVA] Time	12,2
S / Sn Time	0,47
S [MVA] 6 min.	21,3
S / Sn` 6 min.	0,59
I [A] 2 sek.	1844
I / In`` 2 sek.	0,59

Sn` er her maksimal 6 minutters synytelse for stasjonen.

In`` er her maksimal 2 sekunders strøm for stasjonen.

Av tabell 5-4 ser man at nødvendig ytelse i Rombak omformerstasjon ved brudd på samkjøringen med Sverige og kjøring etter fortettet ruteplan vil være to 10 MVA aggregater.

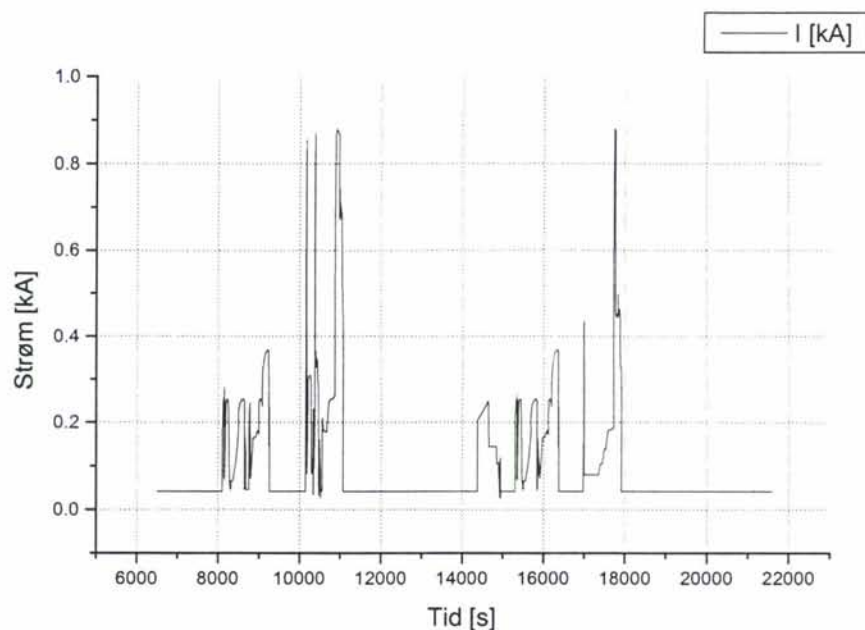
5.3 BELASTNING AV MATELEDNINGER

5.3.1 Mateledning Rombak – Narvik

Mateledning Narvik forsyner i simuleringene området vest for Narvik koblingshus og Narvik stasjonsområde samt kontaktledningsanlegget frem til blokkpost Djupvik på km 8,41.

Strømbelastningen vil være lik for normal og fortettet ruteplan. Figur 5-3 viser at strømmene i kontaktledningen kan komme opp i verdier på 850 A kortvarig. De høye strømmene oppstår ved akselerasjon med olivintog ut fra Narvik stasjon. Siden strømmene er så kortvarige er det usikkert om mateledningen overbelastes. Strømføringssevnen til mateledningen er også usikker siden man i [1] opplyser at ledningen er utglødd og ikke antas å tåle normert belastning.

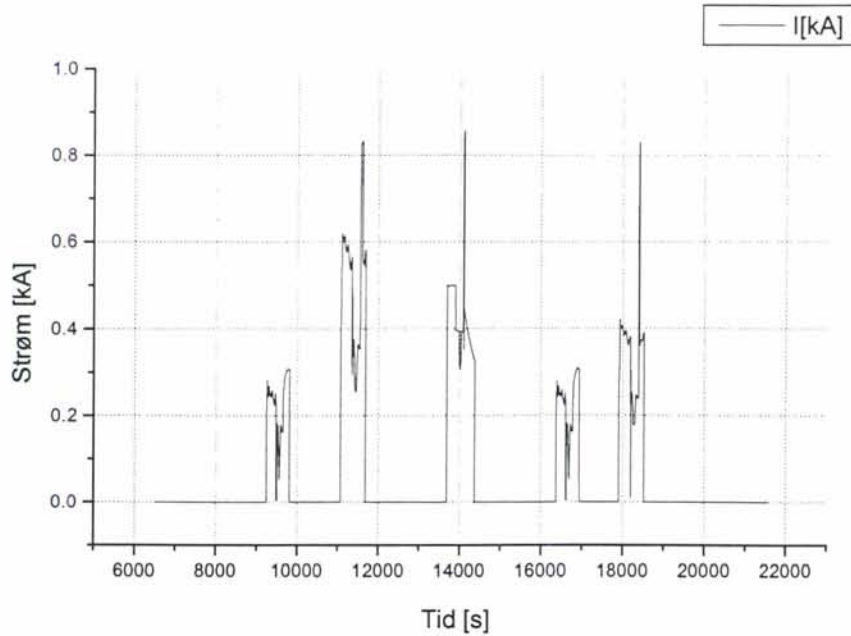
Ved mating av lengre avstander på kontaktledningen mot Rombak vil faren for overbelastning øke. Spesielt dersom man får forsinkelser i ruteplanen slik at oppadgående godstog og olivintog sendes inn på strekningen med kort mellomrom. Man bør derfor vurdere å øke mateledningens tverrsnitt.



Figur 5-3 Strømbelastning på mateledning Rombak – Narvik

5.3.2 Mateledning Straumsnes

Mateledning Straumsnes forsyner i simuleringene området fra blokkpost Orneelv til blokkpost Djupvik. Figur 5-4 viser at strømmene kortvarig kan komme opp i rundt 850 A ved akselerasjon ut fra Straumsnes stasjon for både oppadgående olivin/tomtog og nedadgående malmtog. Strømtoppene er kortvarige og antas ikke å overbelaste mateledningen som har en strømføringsevne på 700 A ved en lufttemperatur på 30° C. *Dersom man ønsker å tillate avvik i ruteplanen slik at man får oppadgående godstog sammen med olivintog på strekningen vil mateledningen kunne overbelastes.*



Figur 5-4 Belastning av mateledning Rombak – Straumsnes

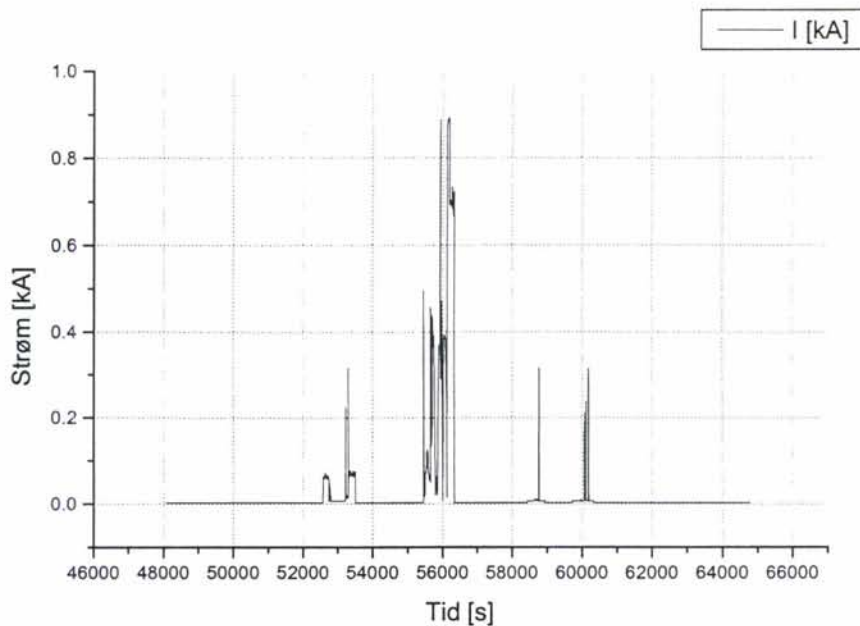
Belastningen ved 11000 s er et oppadgående olivintog, ved 14000 s har man et nedadgående malmtog. Ved 9000 s og 16500 s har man et oppadgående persontog og ved 18000 s et oppadgående godstog.

5.3.3 Mateledning Katterat

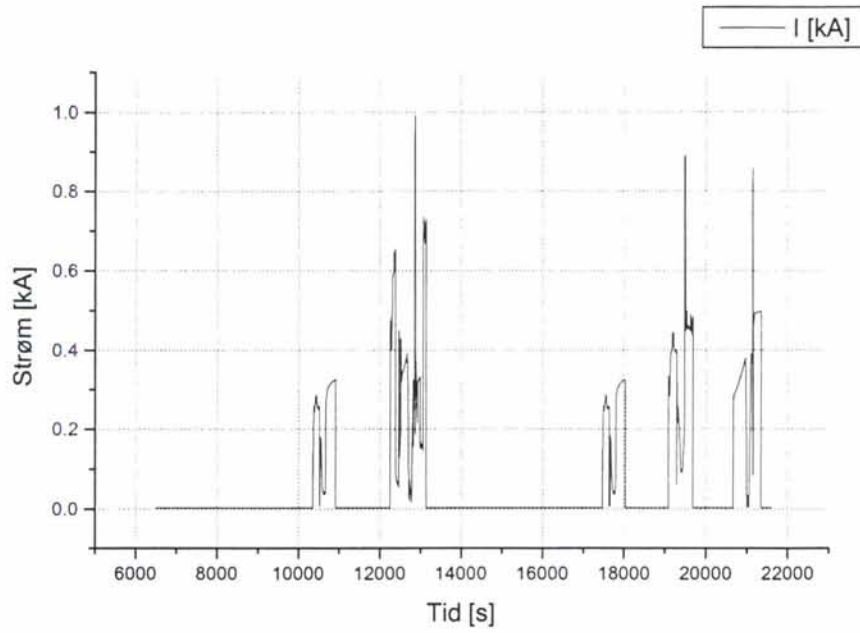
Mateledning Katterat forsyner i simuleringene området fra blokkpost Horisontalen til blokkpost Fagerlia.

Figur 5-5 viser strømbelastningen ved kjøring etter normal ruteplan og figur 5-6 belastningen ved kjøring etter fortettet ruteplan. Forskjellen mellom normal og fortettet ruteplan på strekningen ligger i en kryssing ved Bjørnfjell ved fortettet ruteplan. For fortettet ruteplan har man et oppadgående tomtog ca. ved $t=19000$ s, et lastet olivintog vil belaste mateledningen ytterligere.

Simuleringen viser ikke strømmer som overbelaster mateledningen ved kjøring etter ruteplanene. *Ved avvik der oppadgående godstog sendes sammen med oppadgående olivintog på strekningen vil mateledningen kunne overbelastes.*



Figur 5-5 Belastning av mateledning Rombak – Katterat, normal ruteplan

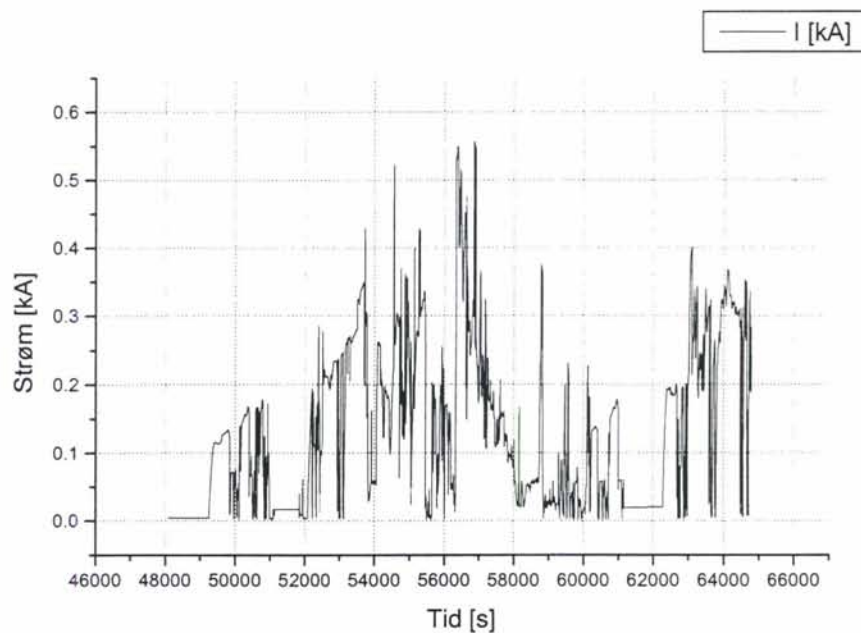


Figur 5-6 Belastning av mateledning Rombak – Katterat, fortettet ruteplan

5.3.4 Mateledning Bjørnfjell

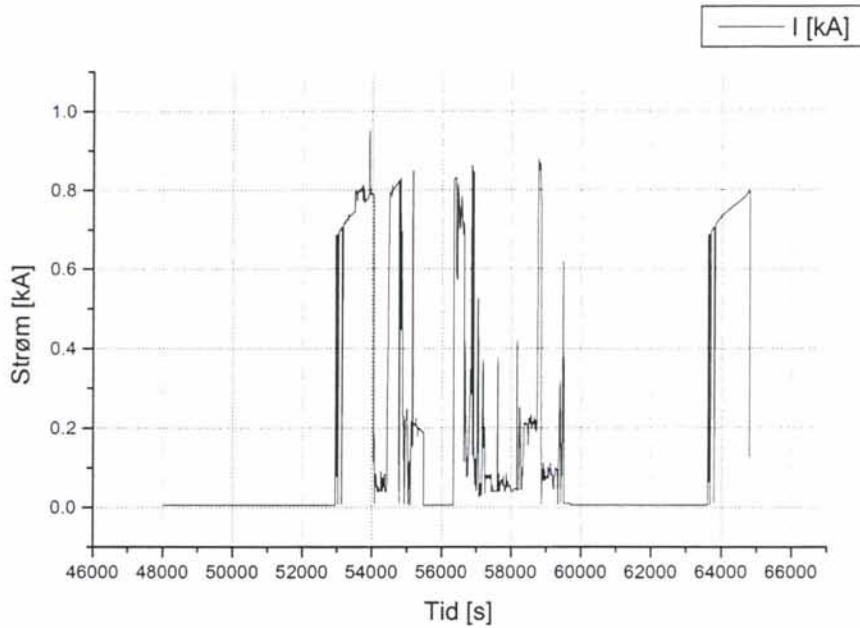
Mateledningen mellom Rombak og Bjørnfjell forsyner i simuleringen området mellom blokkpost Fagerlia og Riksgrensen. Kontaktledningsanlegget på norsk og svensk side er sammenkoblet over seksjoneringsstasjonen ved Riksgrensen.

Simuleringen viser for normal ruteplan strømbelastning som vist i figur 5-7. Mateledningen har normalt en strømføringsevne på 640 A og vil ikke bli overbelastet ved den aktuelle ruteplanen. Siden man her har samkjørt drift med Sverige vil ikke mateledningen være spesielt utsatt for avvik i ruteplanen.



Figur 5-7 Belastning på mateledningen mellom Rombak og Bjørnfjell, normal ruteplan.

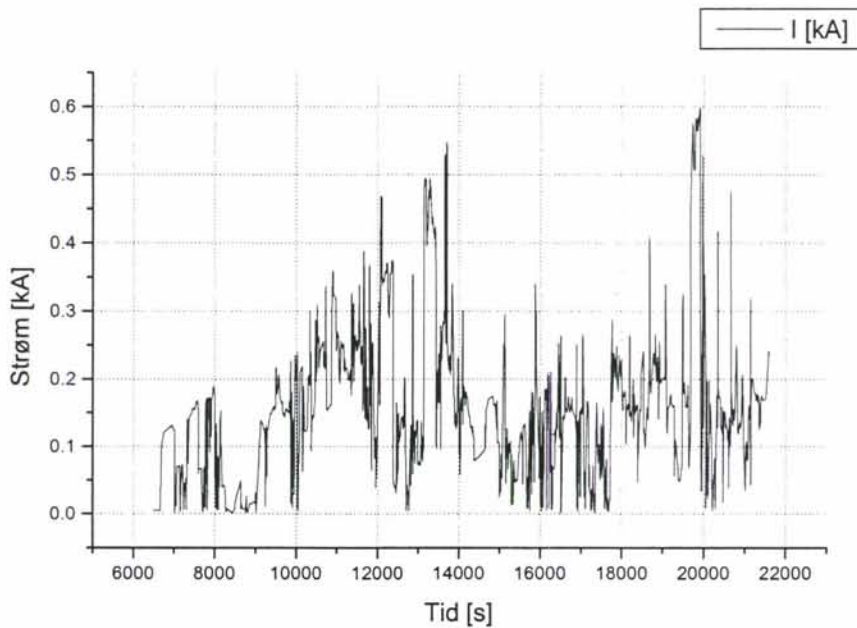
Ved brudd på samkjøringen med Sverige vil mateledningen overbelastes som figur 5-8 viser.

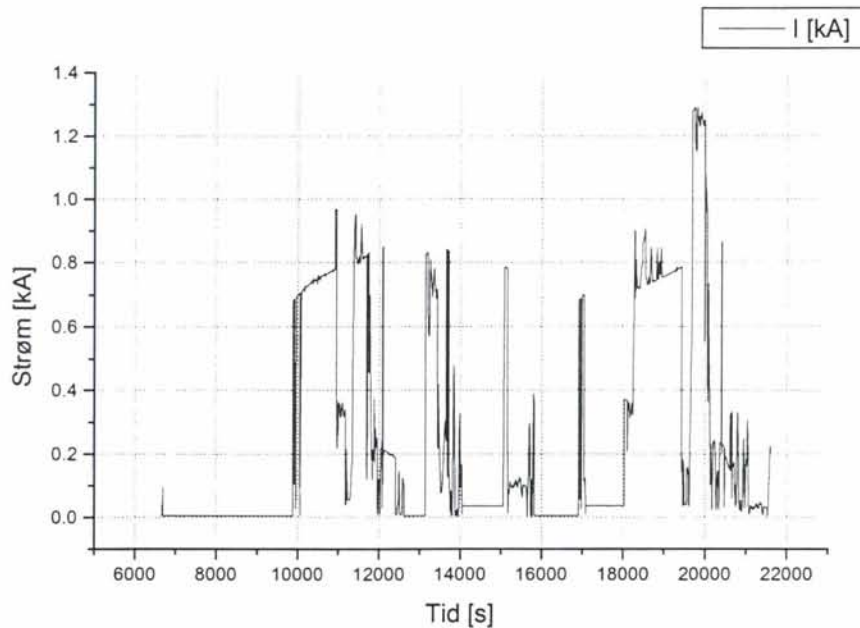


Figur 5-8 Belastning på mateledning Rombak – Bjørnfjell ved brudd på samkjøringen på svensk side

For normal ruteplan anbefales derfor mateledning Bjørnfjell oppgradert til Feral 2x95 mm².

For fortettet ruteplan viser simuleringen en belastning opp mot 600 A ved kryssingen på Bjørnfjell. Ellers er resultatene omtrent som for normal ruteplan.



Figur 5-9 Belastning av mateledning Rombak – Bjørnfjell, fortettet ruteplan.**Figur 5-10 Belastning på mateledningen Rombak – Bjørnfjell ved utfall av samkjøringen med Tornehamn, fortettet rute**

Ved utfall av samkjøringen med Tornehamn og kjøring etter fortettet rute viser figur 5-10 at mateledningen sannsynligvis vil bli overbelastet selv om man oppgraderer tverrsnittet på ledningen til Feral 2x95 mm² (Feral 95 mm² har en grenselast på 523 A ved 30° C, ref. [2]).

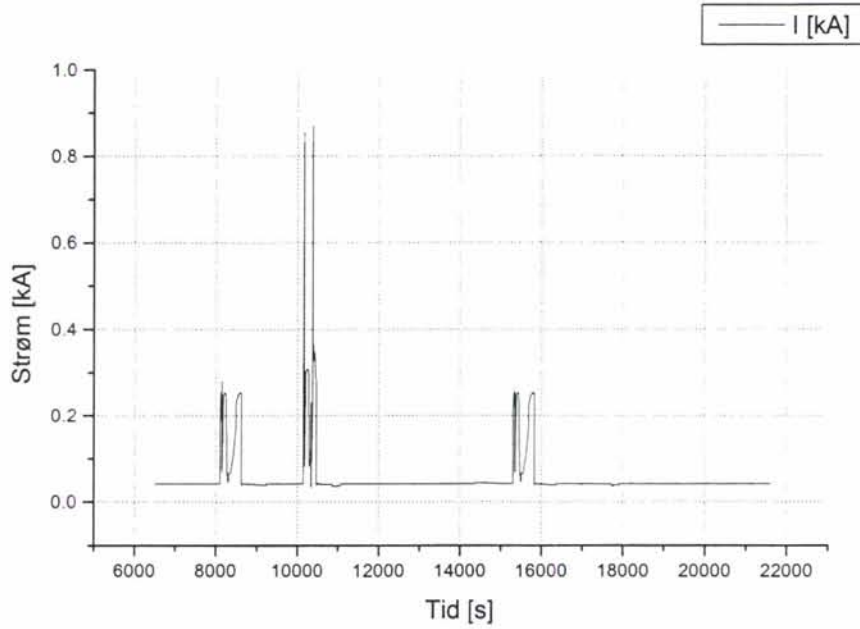
For å kunne kjøre med fortettet ruteplan bør derfor mateledning Bjørnfjell oppgraderes til minimum Feral 2x120 mm², eller det må tas forholdsregler for å hindre at denne driftssituasjonen overbelaster ledningen. Man bør da installere termiske vern på mateledningen.

5.4 BELASTNING AV KONTAKTLEDNING

Dagens kontaktledningsanlegg er delt inn i seksjoner som er forsynt fra via mateledninger fra Rombak omformerstasjon. Vedlegg 1 viser en skjematisk fremstilling av inndelingen.

5.4.1 Fagerneslinjen

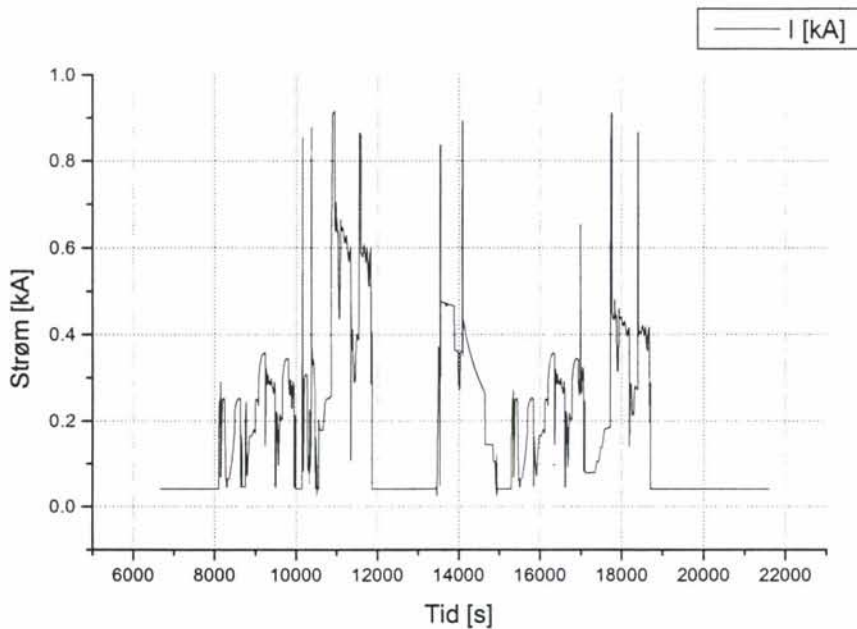
Belastningen på Fagerneslinjen som går fra Fagernes og opp til Narvik er vist i figur 5-11. På grunn av lave hastigheter på strekningen er det kun registrert lave strømmer i kontaktledningen. Belastningen ved t=10000 s utgjøres av oppadgående olivintog med 13 vogner olivin. Kontaktledningsanlegget på strekningen vil derfor ikke overbelastes.



Figur 5-11 Belastning på kontaktledningsanlegget Narvik – Fagernes.

5.4.2 Narvik - Rombak

Kontaktledningsanlegget på strekningen Narvik – Rombak er i dag sammenkoblet, dette er et avvik i forhold til vedlegg 1, men vil også i fremtiden være en aktuell driftssituasjon. Denne matesituasjonen bør derfor være dimensjonerende koblingsituasjon for strekningen.



Figur 5-12 Belastning på kontaktledningsanlegget mellom Narvik og Rombak

Figur 5-12 viser simulerte strømmuttak på strekningen Narvik – Rombak. Ved ca 11000 s har man et oppadgående olivintog på strekningen ved t=14000 s nedadstigende malmtog og ved t=18000 et oppadgående tomtog. De to andre strømtrekkene kommer av oppadgående godstog. Kontaktledningsanlegget vil ikke overbelastes dersom ruteplanen følges. Ved avvik fra ruteplanen slik at oppadgående godstog eller persontog sendes inn på strekningen sammen med oppadgående olivin/tomtog vil kontaktledningen kunne overbelastes.

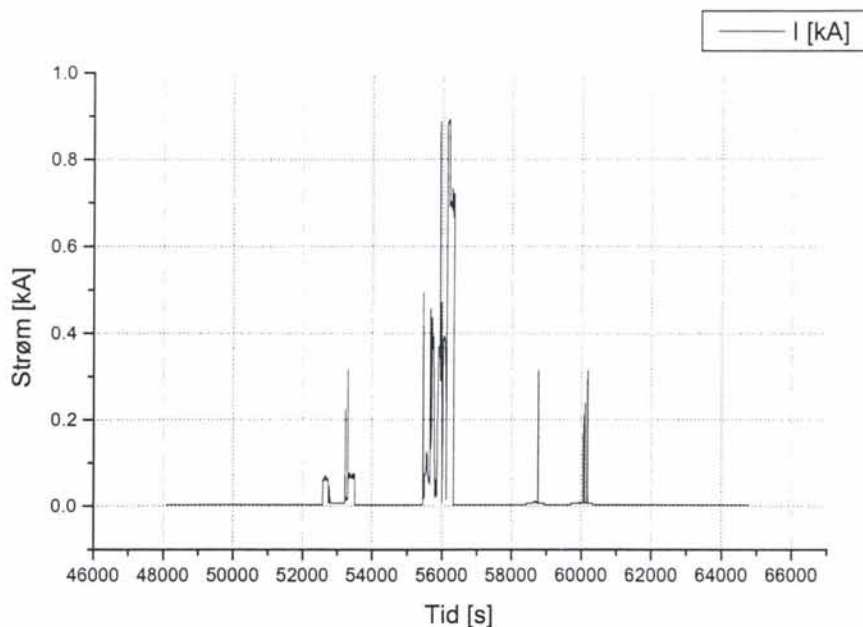
På grunn av svært små marginer anbefales det at kontaktledningsanlegget forsterkes på strekningen Narvik - Rombak.

5.4.3 Rombak - Bjørnfjell

Kontaktledningsanlegget på strekningen Rombak – Bjørnfjell er i dag delt inn i to seksjoner. Horisontalen – Fagerlia og Fagerlia – Bjørnfjell.

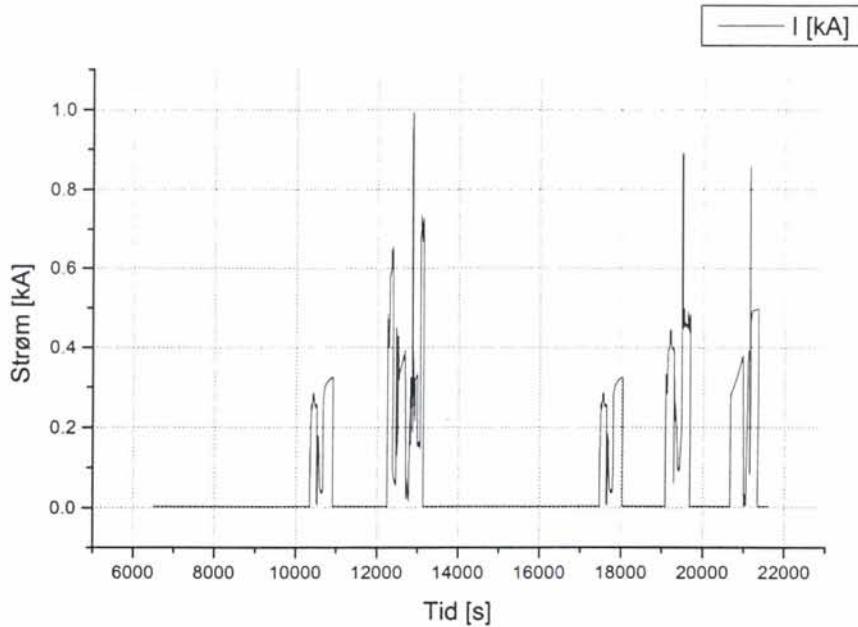
Figur 5-13 viser en utskrift av strømbelastningen på strekningen Horisontalen – Fagerlia. Det oppstår kortvarige strømtopper rundt 900 A og litt lengre rundt 700 A.

Kontaktledningsanlegget vil ikke overbelastes i denne driftssituasjonen. Det er imidlertid små marginer til overbelastning og man vil ikke tåle flere oppadgående tog på seksjonen samtidig.



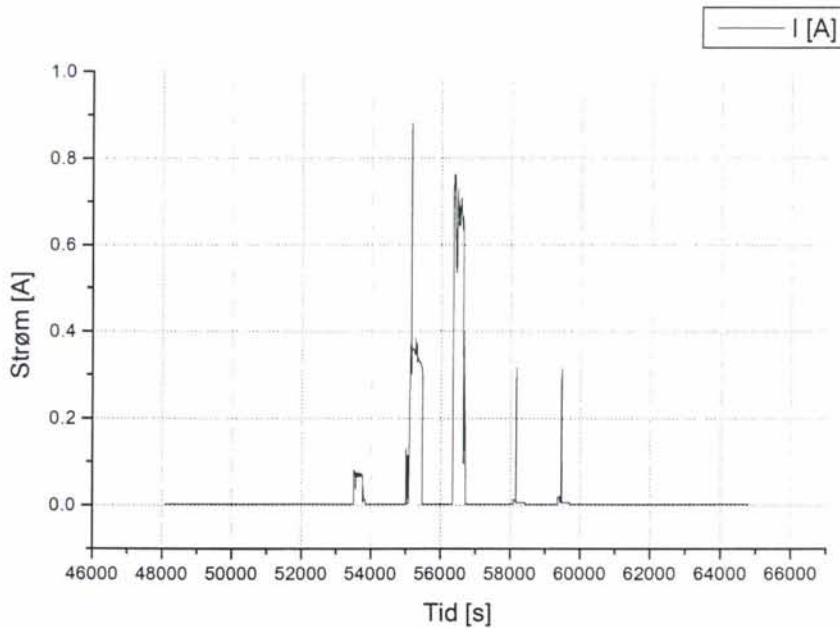
Figur 5-13 Belastning på kontaktledningen mellom Horisontalen og Fagerlia, Normal ruteplan

For fortettet ruteplan får man en belastning på kontaktledningen som vist i figur 5-14. Belastningen her er lik som for normal ruteplan men man har i tillegg en kryssing mellom de nye malmlokene på Bjørnfjell. Oppadgående tog (tomtog) ca. ved $t=19000$ s og nedadstigende tog (malmtog) ca. ved $t=21000$. Man kan også her si at kontaktledningen ikke blir overbelastet ved kjøring etter ruteplanen, men det er små marginer til å klare fortetninger i ruteplanen.



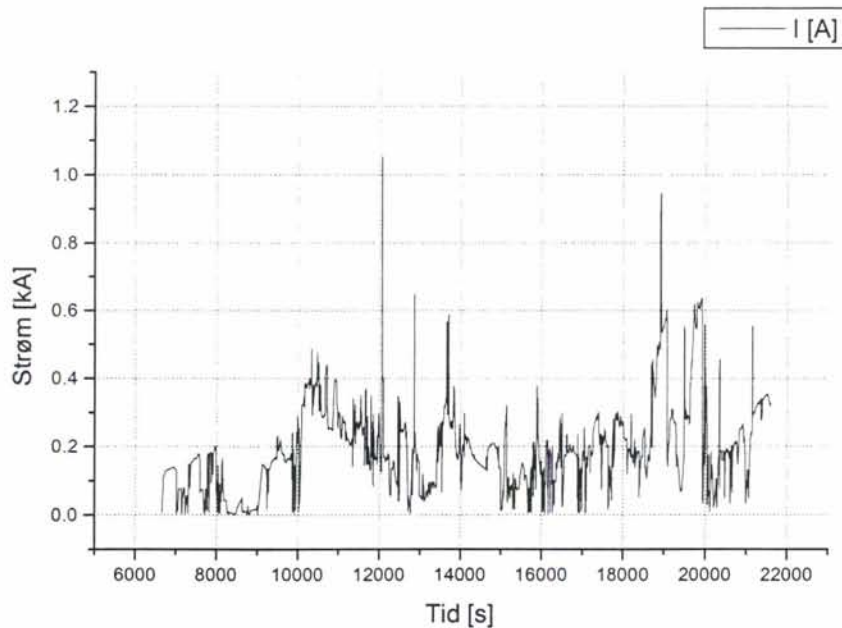
Figur 5-14 Belastning på kontaktledningen mellom Horisontalen og Fagerlia, fortettet ruteplan

Strekningen Fagerlia – Bjørnfjell er normalt forsynt fra mateledning Bjørnfjell. Figur 5-15 viser belastningen på strekningen ved kjøring etter normal ruteplan. Ved $t=56200$ s har man ett oppadgående olivintog på strekningen. Kontaktledningen vil ikke overbelastes i dette tilfellet, men man har liten sikkerhetsmargin. **Det anbefales derfor at kontaktledningsanlegget mellom Rombak og Riksgrensen utstyres med forsterkningsledningen for å klare de avvik i strømforsyningssituasjonen som kan forventes.**



Figur 5-15 Belastning av kontaktledningen mellom Fagerlia og Bjørnfjell, normal ruteplan

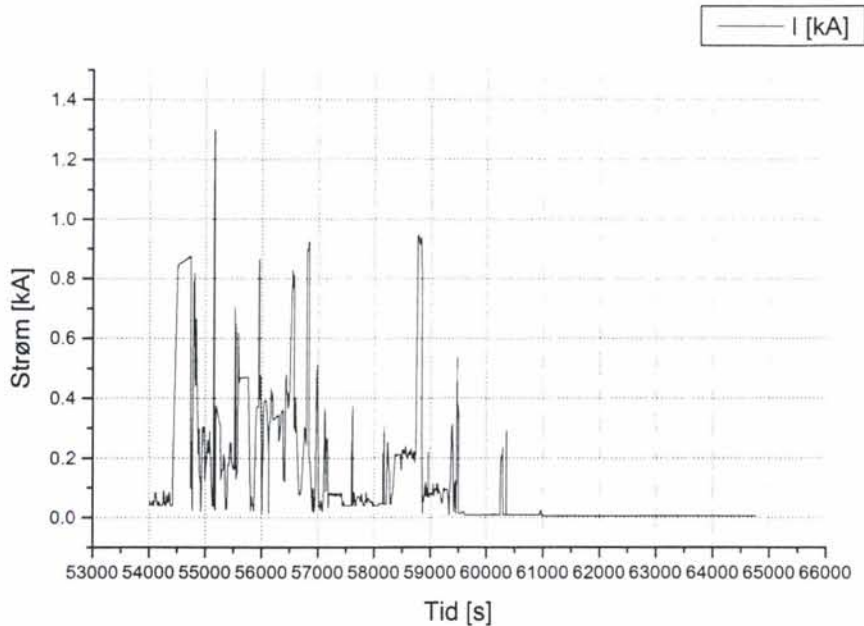
For å øke kapasiteten på kontaktledningsanlegget anbefales det at kontaktledningen kobles sammen mellom blokkpost Horisontalen og Riksgrensen (gjelder ikke fortettet ruteplan, se under). Bryterne på mateledning Bjørnfjell bør da legges ut og mateledningen kun benyttes ved brudd på kontaktledningen mellom Katterat og Bjørnfjell. Figur 5-16 viser simulerte strømverdier i det sammenkoblede kontaktledningsanlegget ved fortettet ruteplan.



Figur 5-16 Belastning av sammenkoblet kontaktledningsanlegg, fortettet ruteplan.

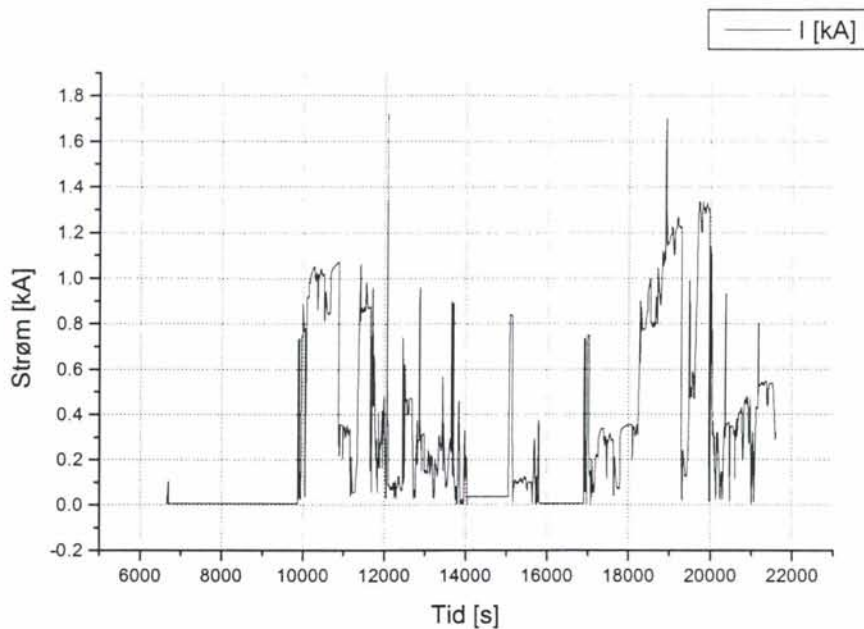
Ved å sammenkoble kontaktledningsanlegget fra Horisontalen til Riksgrensen slik at man får samkjørt kontaktledningsanlegg med Sverige vil strømbelastningene på strekningen reduseres. Ulempen er at ved et brudd på samkjøringen på svensk side vil kontaktledningen overbelastes i henhold til figur 5-17 som viser normal ruteplan. **Det er derfor i alle tilfeller nødvendig med en forsterkning av kontaktledningsanlegget.**

Simuleringene viser også at man kan få kortvarige strømmer over 1200 A, man må sikre seg at effektbrytere og vern er dimensjonert for dette.



Figur 5-17 Belastning på kontaktledningen mellom Rombak og Tornehamn ved brudd på samkjøringen på svensk side, normal ruteplan

For kjøring etter fortettet ruteplan vil et sammenkoblet kontaktledningsanlegg med forsterkningsledning også kunne overbelastes i henhold til figur 5-18. For å redusere belastningen på kontaktledningen mellom Horisontalen og Bjørnfjell kan man seksjonere kontaktledningen slik som i dagens anlegg, vedlegg [1]. Dette vil fordele belastningen på mateledning Bjørnfjell og kontaktledningsanlegget. Dersom man velger å oppgradere kontaktledningsanlegget og kjøre etter fortettet ruteplan vil et oppdelt kontaktledningsanlegg på norsk side være en sikkerhet mot overbelastning. Det anbefales derfor at denne løsningen velges som normal strømforsyningssituasjon ved fortettet ruteplan. I tillegg bør de termiske vernene i Rombak gjeninnføres for å beskytte anlegget mot overbelastning. Vurderingene over må sees i sammenheng med mateledning Bjørnfjell som er omtalt i kapittel 5.3.4.



Figur 5-18 Belastning på kontaktledningen Rombak – Bjørnfjell ved brudd på samkjøringen med Sverige, fortettet ruteplan.

6. KORTSLUTNINGSSANALYSER

I forbindelse med at Banverket tok opp spørsmålet om distansevernfunksjonen kunne bli forstyrret av tilbakematende tog, er det utført noen simuleringer i Simpow.

Bekymringen gikk på om et tilbakematende tog mellom et feilsted og en omformerstasjon kunne holde spenningen ved toget oppe slik at distansevernet i stasjonen ikke løste ut.

6.1 BESKRIVELSE AV KORTSLUTNINGSSANALYSER

Det er i første omgang sett på strekningen mellom Rombak omformer i Norge og Tornehamn omformerstasjon i Sverige.

Avstanden mellom stasjonene er 42.6 km. Hele strekningen er lagt inn med forsterkningsledning. Z_{kl} på svensk side = $0.14 + j 0.16$ ohm, på norsk side = $0.11 + j 0.15$ ohm.

Det er lagt en kortslutning uten overgangsmotstand på kontaktledningen to kilometer fra Tornehamn.

Effektbryter i Tornehamn løser ut etter 200 ms.

Det tilbakematende toget er lagt inn på tre ulike steder:

Ved Rombak omformerstasjon.

Ved Katterat stasjon 9 km fra Rombak.

Ved Riksgrensen 21.5 km fra Rombak.

Ved en spenning på toget ved tilbakemating på over 14.5 kV er toget modellert med konstant effekt 9.18 MW og ulik verdi for reaktiv effekt.

Ved spenninger under 14.5 kV er toget modellert med konstant strøm og ulik effektfaktor.

Konstant strøm ved spenninger under 14.5 kV er det maksimale som toget kan levere, og er over de grenser som er foreslått for spenningsavhengighet. Det er imidlertid benyttet som et verste tilfelle.

Det er også analysert et tilfelle med kjørende tog som produserer reaktiv effekt for å støtte opp spenningen. Det er da lagt inn en last på 1129 A og effektfaktor 0.8 (kap).

I analysene er det ikke tatt hensyn til at seksjoneringsstasjonen ved Riksgrensen er utstyrt med distansevern. Dersom man tar disse vernene med i analysen blir soneområdet for vernene i Rombak og Tornehamn redusert. De blir da stilt inn frem til seksjoneringsstasjonen. Dette vil bedre kortslutningsbeskyttelsen i anlegget ved tilbakemating og kjøring med reaktiv effektproduksjon fra tog på strekningen.

6.2 RESULTATER

Analysene viser at ved rent aktiv effektgenerering fra lokomotivet vil distansevernene fungere. Med en reaktiv effektgenerering fra loket øker faren for at vernene ikke løser ut. Dette gjelder både ved kjøring og bremsing.

Generelt kan man av analysene konkludere med at reaktiv effektgenerering fra lokomotiv av en slik størrelse som de nye malmlokene, bør begrenses for å sikre at distansevernene fungerer. Siden reaktiv effektgenerering er gunstig for å holde spenningen oppe i en høylastsituasjon, bør det utredes nærmere hvor mye reaktiv effektgenerering man kan tillate.

7. DISKUSJON

For tilleggsuttak fra kontaktledningen er det lagt inn 50 % av transformatorytelsen på fri strekning og 100 % av transformatorytelsen på stasjonsområder. Over døgnet har man et varierende effektuttak i som igjen normalt utgjør en svært liten andel av maksimaleffekten. Derimot kan tilleggsuttak utgjøre en ikke ubetydelig del av det totale energiforbruket. Totalt anses dette å gi marginale innvirkninger på hovedresultatene i rapporten.

Begrensningen på 12.7 MW traksjonseffektuttak sees på som en konservativ effektgrense. Maksimaleffekten kan i virkeligheten bli noe høyere, anslagsvis 13.3 MW.

Adhesjonskoeffisienten på strekningen setter i utgangspunktet begrensning i maksimal hjulkraft og begrenser dermed maksimaleffekten. Curtius og Knifflers formel som er benyttet i simuleringen anses ofte å gi lave verdier i forhold til moderne lokmateriells utnyttelse av adhesjonen. Effektuttaket på strekningen ansees av den grunn også å gi et konservativt bilde av virkeligheten.

Alle vurderingene over medfører at man bør behandle resultatene fra simuleringen som høyst reelle. I valg av tiltak bør man legge inn en margin i forhold til simuleringsalternativene på 5 % for høyere maksimalt effektuttak på lokomotivet og 10 % for variasjoner i adhesjonen. Totalt bør man legge på en margin på 15 % for å ta høyde for avvik i forhold til maksimalbelastningen.

Det betyr at 5,8 MVA aggregatet i Rombak ikke anbefales fjernet før man ser hvor godt simuleringene stemmer med virkeligheten.

8. KONKLUSJON

Alle simuleringresultatene viser at det ved normal drift kun er marginal forskjell på de to ruteplansalternativene. Forskjellene i belastning som man kan se i simuleringene utgjør ikke så mye at de betinger ulike tiltak for de to ruteplanene

Ved avvik i strømforsynings situasjonen som medfører brudd på samkjøringen med Sverige kan man ikke kjøre med fortettet ruteplan.

Spenningsforhold

Simuleringene gir tilfredsstillende spenningsforhold på strekningen ved kjøring med de nye malmlokene og de studerte ruteplaner. Det er ikke registrert spenninger under 13,4 kV i feilfritt anlegg.

I avvikssituasjoner som ensidig mating fra Rombak til Tornehamn kan spenningen meget kortvarig falle under 12 kV ved Tornehamn. Siden dette er et ekstremt tilfelle ansees også dette å være tilfredsstillende.

Belastning av Rombak omformerstasjon

Rombak omformer er bestykket med to 10 MVA aggregater og ett 5.8 MVA aggregat i simuleringen. Analysene tyder på at to 10 MVA aggregater er tilstrekkelig installert ytelse i Rombak. Man bør imidlertid vente med flytting av 5,8 MVA aggregatet til man ser hvor godt simuleringen stemmer med virkeligheten. Det kan også være andre grunner til at man ønsker å ha et ekstra reserve aggregat i stasjonen.

Det vil kunne forekomme strømmer opp mot 1800 A på utgående linje mot Riksgrensen ved utfall av samkjøringen med Sverige på svensk side. Effekt- og lastbrytere bør dimensjoneres for disse driftsstrømmene.

Belastning av mateledninger

Ingen av mateledningene belastes utover nominell belastning ved de simulerte ruteplansalternativene. For å kunne tåle avvik i forhold til ruteplaner og koblinger i kontaktledningsanlegget anbefales det likevel at mateledningene Narvik og Bjørnfjell forsterkes til Feral 2x95 mm².

Ved utfall av samkjøringen med Tornehamn på svensk side må det ikke tillates kjøring med malmtog etter fortettet ruteplan på strekningen Tornehamn - Riksgrensen dersom mateledning Bjørnfjell ikke oppgraderes til minimum Feral 2x120 mm².

Mateledningene Straumsnes og Katterat bør forsterkes eller fjernes sammen med en forsterkning av kontaktledningsanlegget mellom Narvik og Bjørnfjell.

Belastning av kontaktledningen

Ved kjøring etter normal ruteplan og fortettet ruteplan vil ingen kontaktlednings seksjoner overbelastes termisk. Det er imidlertid svært små marginer for å tåle avvik i ruteplanen og strømforsyningen. Det anbefales derfor at kontaktledningsanlegget forsterkes mellom Narvik og Riksgrensen. Dersom dette ikke gjøres må man på andre måter sikre seg mot avvik i ruteplanen.

Det anbefales at kontaktledningen mellom Rombak og Riksgrensen sammenkobles for å redusere strømbelastningen på strekningen.

Ved utfall av samkjøringen med Tornehamn på svensk side må det ikke tillates kjøring med malmtog på strekningen Tornehamn - Riksgrensen dersom kontaktledningen på norsk side ikke oppgraderes.

Ved fortettet ruteplan anbefales det at man bruker dagens koblingsbilde med oppdelt kontaktledningsanlegg mellom Rombak og Bjørnfjell. Dette for å begrense belastningen på kontaktledningen på strekningen ved utfall av samkjøringen med Tornehamn.

Alle kabler og serieforbindelser i kontaktledningsanlegget bør vurderes slik at de ikke utgjør svake punkter i anlegget.

På grunn av distansevernenes funksjon må det settes begrensning i reaktiv effektproduksjon fra lokomotivene, hvor mye bør utredes nærmere.

9. REFERANSELISTE

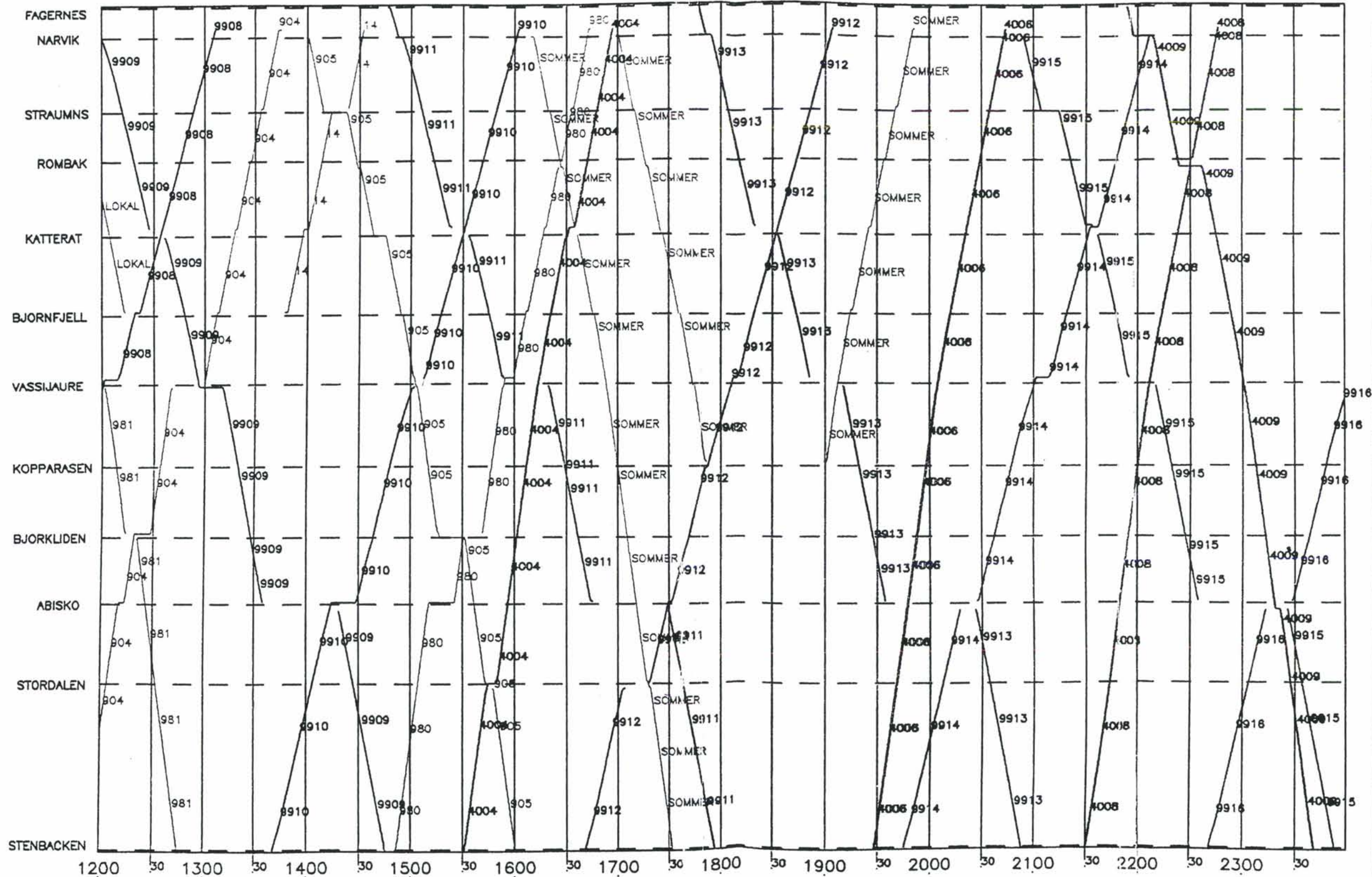
- [1] Simulering av banestrømsforsyningen på Ofotbanen, Ingeniørtjenesten November 1996.
- [2] Termisk grenselast for samkjøringslinjer, NVE Energidirektoratet, kontornotat EEP 28/84.
- [3] Fahrleitungen elektrischer Bahnen, B.G. Teubner Stuttgart 1997. ISBN 3-519-06177-5.
- [4] Landsdekkende kraftsystemplan, delrapport nr. 1, JBV Bane Energi våren 1999

Vedlegg 4

Ruteplan 1, normal 30 tonns ruteplan

Forklaring til tognr:
99XX MTAS/MTAB tog
4XXX Godstog
9XX Persontog

VEDL H.1



Train graph for layout OFTBAN8 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

RUTEPLAN 1, 30 TONN AKSELLAST

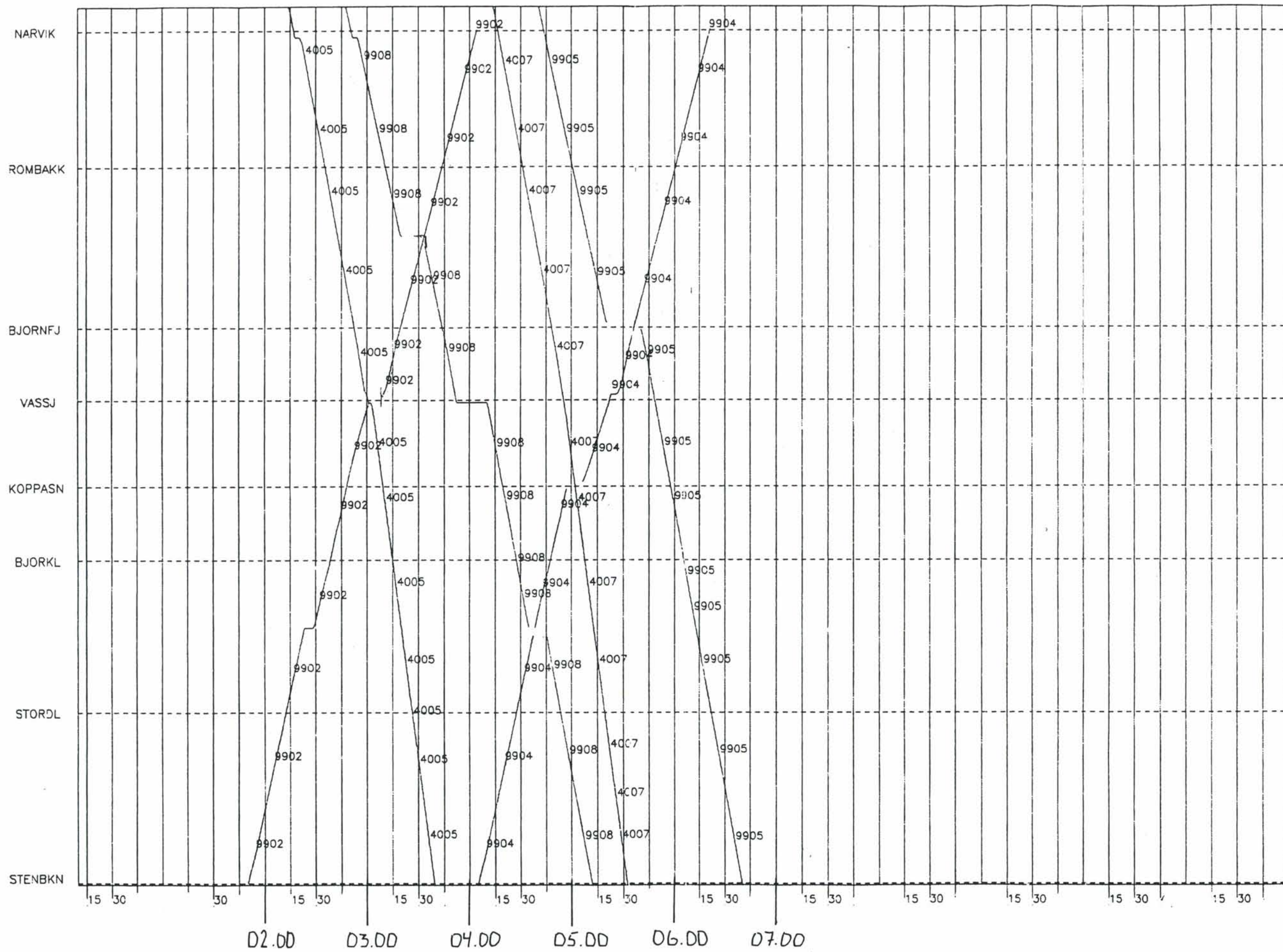
Drawn by VISION 3.1.8 on 20 January 1996 at 13:47 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 5

Ruteplan 2, fortettet 30 tonns ruteplan

Forklaring til togr:
99XX MTAS/MTAB tog
4XXX Godstog
9XX Persontog



Vedlegg 6

Kostnadsoverslag arbeider i Rombak omformerstasjon

Kostnadsoverslag på tiltak i Rombak omformerstasjon

Tabell V6-1 Kostnadsoverslag på vedlikeholdsarbeider i Rombak omformerstasjon

Arbeidsoperasjon	kr/stk	Alternativ 1		Alternativ 2		Alternativ 3		Alternativ 4		Alternativ 5	
		Mengde	Sum	Mengde	Sum	Mengde	Sum	Mengde	Sum	Mengde	Sum
Omlegging av ett utgående linjefelt (for eksempel fra Kl Rombak til Reserve), inkludert kontrolltavle, blindskjema, endring av kontrollanlegg, endring av verneinnstillinger og endring av dok.	25.000	0	0	2	50.000	2	50.000	3	75.000	3	75.000
Legging av utgående linjekabler, inkludert materiell, arbeid og dokumentasjon 2 x 240 mm ² Al (vest for Rombak)	800 kr/m	0	0	0	0	0	0	200 m	160.000	200 m	160.000
Tillegg for legging av returkabel sammen med utgående linjekabler, inkludert materiell, arbeid og dokumentasjon 2 x 240 mm ² Al	360 kr/m	0	0	1600 m	576.000	1600 m	576.000	1800 m	648.000	1800 m	648.000
Skifting av effektbryter, prøvebryter og overstrømsvern i ett utgående linjefelt (oppgradert til 2000 A) samt endring av dokumentasjon	300.000	5	1.750.000	5	1.750.000	5	1.750.000	5	1.750.000	5	1.750.000
Sum totalt			1.750.000		2.376.000		2.376.000		2.608.000		2.608.000

Tabell V6-2 Kostnadsoverslag på investeringstiltak (dels som følge av 30 tonn) i Rombak omformerstasjon

Arbeidsoperasjon	kr/stk	Alternativ 1		Alternativ 2		Alternativ 3		Alternativ 4		Alternativ 5	
		Mengde	Sum	Mengde	Sum	Mengde	Sum	Mengde	Sum	Mengde	Sum
Legging av utgående linjekabler, inkludert materiell, arbeid og dokumentasjon 2 x 400 mm ² Al (øst for Rombak)	900 kr/m	0	0	1600 m	1.440.000	1600 m	1.440.000	1600 m	1.440.000	1600 m	1.440.000
Sum totalt			0		1.440.000		1.440.000		1.440.000		1.440.000

Vedlegg 7

Kostnadsoverslag mateledning

Kostnadsoverslag mateledning

Kostnadsoverslaget er basert på rapport fra linjebefaring (24.06.98) av strekningen Narvik – Rombak. Med antagelse om at strekningen Rombak – Bjørnfjell er i samme forfatning har man fått Betonmast Entreprenør A/S til å utarbeide et budsjettprisoverslag (20.04.99 samt suppleringer 28.06.99). Det gjøres oppmerksom på at tilgjengelig dokumentasjon for mateledningene har vært meget beskjeden, kun oversiktskart fra 1899 samt tegninger av traséen sett fra siden. Følgelig har ingen mastetegninger vært tilgjengelig. Dette medfører igjen at de kostnadsoverslag som er gitt er heftet med stor usikkerhet.

Tabell V7-1 Kostnadsoverslag mateledning

Arbeidskostnader		
	Strekking/skifting av line, fra Cu til Feral 95/120 mm ² , 32,8 km	820.000
	Skifte av isolatorer og fester	94.500
	Avspenninger, 20 stk.	40.000
	Rehabilitering av fundamenter, 25 stk.	125.000
	Rehabilitering av master og traverser, totalt 6 stk.	30.000
Sum arbeidskostnader		1.109.500
Materiellkostnader		
	65.600 m Feral 95 mm ² á 10,50	688.800
	(33.800 m Feral 120 mm ² á 12,00 – kun ml Rombak–Bjørnfjell)	(405.600)
	32.800 m toppline stål 50 mm ² á 5,50	180.400
	Hengeklemmer for Feral 95 mm ² , 338 stk. á 322,-	108.836
	Avspenningsklemmer for Feral 95 mm ² , 40 stk. á 490,- (for Feral 120 mm ² , 20 stk. á 565,-)	19.600 (11.300)
	Isolatorer, ca 1000 skåler	100.000
	Topplineklemmer til 50 mm ² , 189 á 172,-	35.508
	16 mm kulebolter (119,-) + sjakkell (38,-) til oppheng isolatorer (338 stk.)	53.066
Sum materiellkostnader		1.186.210
Sum totalt		2.295.710

Ombygningsperioden vil være om lag 4,5 til 5 måneder.

Med utgangspunkt i forholdet mellom materiellkostnader relatert til alle linene og materiellkostnader kun relatert til topplinen er det beregnet en total kostnad for topplinen på kr. 389.500. Denne kostnaden addert med kostnader ved rehabilitering av fundamenter, master og traverser gir en total kostnad for vedlikeholdstiltak som må komme uansett på kr. 544.500.

Det er videre skilt ut kostnader som er relatert til oppgradering av mateledningene til Feral 95 mm². Det er tatt utgangspunkt i trasélengde og antall master på strekningen Narvik – Rombak i forhold til strekningen Rombak – Bjørnfjell for å finne en fordeling mellom de 2 delstrekningene.

Det er funnet tillegget for oppgradering av ml Rombak–Bjørnfjell til Feral 120 mm² i stedet for 95 mm².

På grunnlag av disse forutsetningene antas det følgende fordeling av kostnadene:

Vedlikehold av ml Narvik – Rombak og ml Rombak – Bjørnfjell som kommer uansett	kr.	544.500
Oppgradering av ml Narvik – Rombak til Feral 95 mm²	kr.	848.900
Oppgradering av ml Rombak – Bjørnfjell til Feral 95 mm²	kr.	902.300
Tillegg for oppgradering av ml Rombak – Bjørnfjell til Feral 120 mm² i stedet for Feral 95 mm²	kr.	52.200

Vedlegg 8

Kostnadsoverslag kontaktledning

Kostnadsoverslag kontaktledning

Kostnadsoverslaget er basert på mengder som fremkommer av mastetabeller.

Forutsetninger:

- at det er B2- og H2-master på strekningen hvor forsterkningsledningen skal monteres på master.
- at forbigangsledningen på Straumsnes benyttes og at kl-bryterne på Straumsnes st. blir byttet ut med nye brytere i henhold til anbudsplan.

Tabell V8-1 Kostnadsoverslag kontaktledning Narvik - Rombak

Type	Enhet	Mengde	Sum
Kabelkanal 200x250	m	560	308.000
Kabelbro	m	1100	303.600
Feste for kabelbro	stk	366	73.200
Bardunanker, tegning E-2689	stk	77	154.000
Spir for mast, tegning E-3331 for B-mast	stk	60	240.000
Kurvebarduner	stk	60	240.000
Avspenningsbarduner	stk	14	56.000
Forsterkningsledning type AHF nr.150	m	14520	2.178.000
Avspenning for forsterkningsledning	stk	11	22.000
Toppisolator med fast toppklemme for aluminiumstråd	stk	314	314.000
Travers for toppisolator, tegning E-4304	stk	314	314.000
Beskyttelse for høyspenningskabel	m	1100	550.000
Høyspenningskabel type Al TXSI 1 x 400 mm ²	m	1750	333.000
Høyspenningskabel type Al TXSE 1 x 400 mm ²	m	400	68.000
Overspenningsvern	stk	14	35.000
Cu-tilkoblinger	stk	24	2.400
Cupalkoblinger	stk	10	1.000
Blank Cu-ledning for tilkobling mellom forsterkningsledning og kl	m	60	10.800
Kl-bryter med motor	stk	3	195.000
Bæreline Bz 3 50mm ²	m	15620	1.874.400
Demontering av håndbetjente Kl-brytere	stk	6	30.000
Sum totalt			7.302.400

Tabell V8-2 Kostnadsoverslag kontaktledning Rombak - Bjørnfjell

Type	Enhet	Mengde	Sum
Kabelkanal 200x250	m	1900	1.045.000
Kabelbro	m	4700	1.297.200
Feste for kabelbro	stk	1570	157.000
Bardunanker, tegning E-2689	stk	92	184.000
Spir for mast, tegning E-3331 for B-mast	stk	60	240.000
Kurvebarduner	stk	60	240.000
Avspenningsbarduner	stk	32	128.000
Forsterkningsledning type AHF nr.150	m	15390	2.308.500
Avspenning for forsterkningsledning	stk	9	22.000
Toppisolator med fast toppklemme for aluminiumstråd	stk	304	304.000
Travers for toppisolator, tegning E-4304	stk	304	304.000
Beskyttelse for høyspenningskabel	m	4700	2.350.000
Høyspenningskabel type Al TXSI 1 x 400 mm ²	m	5700	1.083.000
Overspenningsvern	stk	24	60.000
Cu-tilkoblinger	stk	24	2.400
Cupalkoblinger	stk	10	1.000
Blank Cu-ledning for tilkobling mellom forsterkningsledning og kl	m	60	10.800
Kl-bryter med motor	stk	6	390.000
Bæreline Bz 3 50mm ²	m	20090	2.410.800
Demontering av håndbetjente Kl-brytere	stk	3	15.000
Sum totalt			12.552.700

De enkelte kostnadene inkluderer både materiell og arbeidskostnader.

Med utgangspunkt i tabell V8-1 og V8-2 ovenfor antas det følgende fordeling av kostnadene:

Forsterkningsledning Narvik – Rombak	kr.	5.398.000
Forsterkningsledning Rombak – Riksgrensen	kr.	10.126.900
Utskifting av bæreline Narvik – Rombak	kr.	1.874.400
Utskifting av bæreline Rombak – Riksgrensen	kr.	2.410.800
Fjerning av håndbetjente kl-brytere Narvik – Rombak	kr.	30.000
Fjerning av håndbetjente kl-brytere Rombak – Riksgrensen	kr.	15.000

Vedlegg 9

Terminologiliste

Uttrykk	Forklaring
Bæreline	Line av kobber, kobber-stål eller bronse som kontakttråden henger i ved hjelp av hengertråder eller hengere.
Distansevern	Vern som bruker strøm- og spenningsmåling for å måle impedansen på strekningen det skal beskytte, og kobler ut når impedansen blir mindre enn innstilt verdi.
Effektfaktor (PF)	Uttrykk for aktiv effekt delt på tilsynelatende effekt, altså $PF=P/S$
Elkraftsentral	Fjernstyring av koblinger i kontaktledningsanlegget og matestasjonene.
Forbigangsledning	Ledning som fører banestrøm forbi en stasjon eller en seksjon.
Forsterkningsledning	Ledning parallellkoblet kontaktledningen for å øke ledningstverrsnittet.
Forsterkningstiltak	(I denne sammenheng)Tiltak for å bedre strømforsyningssituasjonen til togfremføring.
Hengertråd	Tråd som kontaktledningen er hengt opp i.
KI-bryter	Skillekniv i kontaktledningsanlegget.
Koblingshus	Inneholder bryterarrangement med vern for koblinger i mateledning, matekabel eller kontaktledningsanlegget.
Kontaktledningsanlegg	Komplett ledningsanlegg med fundamenter, ledninger, kabler, master, utliggere, åk, fester, brytere, sugetransformatorer, impedansspoler, skinneforbindere og jordinger m.m.
Kontakttråd	Tråd som er opphengt over sporet, og som strømvaktakerens kontaktstykker glir mot.
Mateledning	En ledning eller kabel som fører strøm fra matestasjon til kontaktledning.
Nødfrakoblingsløyfe	Strømsløyfe som styrer effektbrytere i matestasjoner slik at en strekning mellom to matestasjoner kan gjøres spenningsløs dersom en ukontrollert situasjon oppstår.
Omformerstasjon	En installasjon som omformer frekvensen på spenningen fra 50 Hz til 16 2/3 Hz.
Overstrømsvern	Komponent for å beskytte anlegget mot kortslutning.
Radialnett	Nettstruktur som bare gjør det mulig å mate fra en side, i motsetning til ringnett som muliggjør mating fra to eller flere sider.
RC- materiell	Svensk tyristor-styrt trekkmateriell (lokomotiv).
Regenerativ bremsing	Måte å bremse toget på slik at motoren i toget går som generator og leverer effekt ut på kontaktledningsanlegget.

Uttrykk	Forklaring
Returledning	Ledning som er parallellkoblet skinne for å redusere banestrømmen i skinnen.
Samkjøring	Her: To eller flere matestasjoner som er tilkoblet over kontaktledning eller mateledninger.
Seksjoneringsstasjon	Se koblingshus.
Sonegrensebryter	Automatisk virkende 3-polet effektbryter for død seksjon midt mellom to matestasjoner.
Strømføringsevne	En elektrisk leders evne til å fremføre strøm uten å ta skade.
Tabell 54	Eldre kontaktledningssystem.
Termisk overbelastningsvern	Vern for å beskytte mot at installasjoner blir utsatt for høyere temperatur, som følge av strømgjennomgang, enn de tåler.
Transformatorvogner	Jernbanevogner med transformator, slik at disse kan transporteres til andre steder i anlegget.
Roterende aggregat	Konvensjonell frekvensomformerstasjon, som i de fleste tilfeller er transportable. Omformer frekvensen fra 50 Hz til 16 2/3 Hz vha. en motor tilkoblet en generator via en felles aksel. Generatoren har 1/3 av poltallet i forhold til motoren.
Underspenningsvern	Vern for beskyttelse mot for lave spenninger.
Utliggere	Konstruksjon som bærer kontaktledningen og som er isolert fra festepunktene.
Virkningsgrad	Forholdet mellom nyttiggjort effekt og tilført effekt.

Jernbanelibet
Biblioteket

JBV



10TU01056

102924