

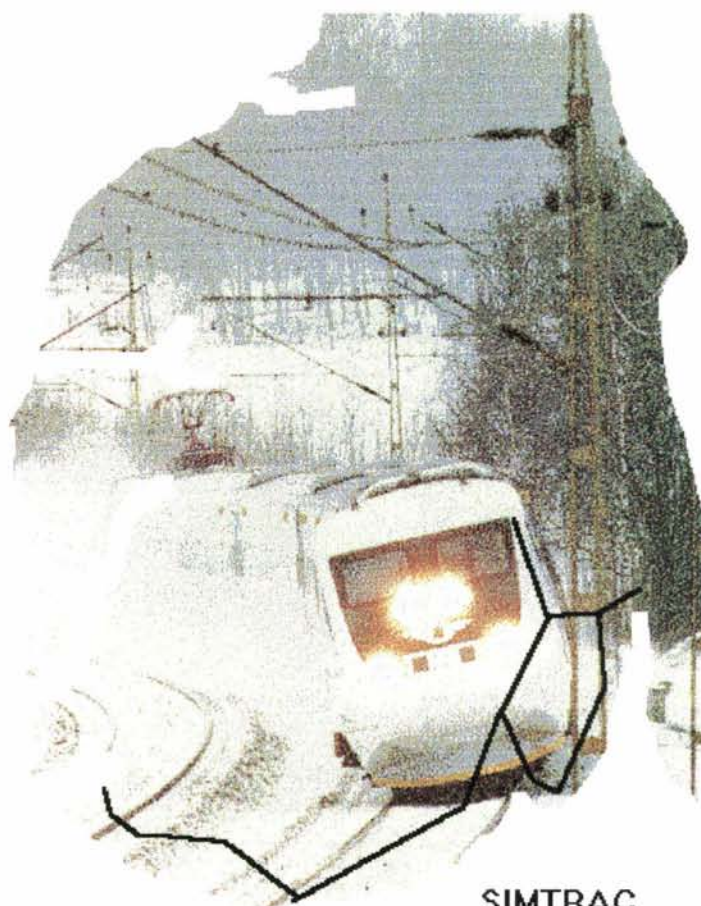
Sørlandsbanen
621.33



SIMULERING AV SØRLANDSBANEN

for
Jernbaneverket Region Sør

Desember 1997



Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Sør, Teknisk kontor,
strømforsyning.

Prosjektansvarlig: Martin Inge Algrøy

Prosjekt: Simulering av elektriske forhold på Sørlandsbanen

Rapport nr.: 01

Dato: 12.01.1998

Rapporten omhandler (stikkord):

Simulering av elektriske forhold på Sørlandsbanen.

Ingeniørtjenestens prosjektnr. 197135

For Jernbaneverket Ingeniørtjenesten

Prosjektansvarlig: Trond J. M. Føllesdal

Prosjektleder: Frode Johannessen

Rapport utarbeidet av: Frode Johannessen og Sven Martin Tønnessen

Dato for siste revisjon: Revisjon nr.: 0.0 Antall sider: 19

Dokumentkontrollside

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Sør, Teknisk kontor, strømforsyning.							
Prosjektbeskr.: Simulering av elektriske forhold på Sørlandsbanen.							
Prosjektnr.: 197135							
Dokumenttittel: Simulering av Sørlandsbanen R99.2						Dokument nr.:	
Utarbeidet av : Frode Johannessen og Sven M. Tønnessen						Sign	
Skal kontrolleres av:	Kontrolltype	Rev. 0		Rev. 1		Rev. 2	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
TMF	Helhetsvurdering	8/1-98	TMF				
TMF	Språk	"	TMF				
TMF	Logisk oppbygging /disposisjon	"	TMF				
TMF	Teknisk: - faglig - tverrfaglig	"	TMF				
FRJ	Presentasjonsform	"	FRJ				
FRJ	Kopieringen er kontrollert(sign original)	"	FRJ				
Generelle kommentarer:							
Dokument godkjent for utsendelse		Dato		Sign. <i>Frode Johannessen</i>			

SAMMENDRAG

«Planutredning for banestrømforsyningen, Asker - Kristiansand» fra Februar 1997 viste at det kunne forventes høye belastninger av matestasjonsanleggene på Sørlandsbanen, samt lave spenninger på enkelte strekninger for fremtidige ruteplaner. Konklusjonen i «planutredningen» var behov for betydelige investeringer i strømforsyningen langs hele Sørlandsbanen før fremtidige ruteplaner med betydelig økning i trafikken kunne iverksettes.

Fra høsten 1999 planlegges det kjøring av krengetog over Sørlandsbanen og Bergensbanen. Dette alene gir en betydelig økning av togfrekvensen sammenlignet med tidligere ruteplaner.

I denne studien har man tatt sikte på å synliggjøre hvilke områder av banenettet og strømforsyningen som blir kritiske ved en fremtidig togfremføring med økt effektbehov, og dessuten forsøkt å anslå sannsynligheten for at utfall av aggregater eller andre hendelser i strømforsyningen forårsaker problemer for togframføringen.

Resultater:

Drammen - Nordagutu:

For denne strekningen er det gjennomgående gode spenningsforhold med spenninger stort sett over 13,5 kV på kontaktledningen for hele den aktuelle ruteplanen.

Spenningen på kontaktledningen kan forventes å bli noe lavere dersom forsyningen til fjernledningen fra enten Asker, Hakavik eller Nordagutu faller ut.

Skollenborg transformatorstasjon blir relativt hardt belastet i forhold til andre matestasjoner på strekningen Drammen - Kristiansand. Spesielt 5 sekunds verdier ligger høyt i tidsrommet 14:00 - 22:00. Det har ikke vært mulig å fremskaffe pålitelige data for den kortvarige belastningsevnen til disse transformatorene slik at man må ta forbehold om de prosentvise verdiene mht. maksimalbelastning. Det er imidlertid liten/ingen fare for utfall av transformatorene som følge av overbelastning i normal drift.

Hokksund - Hønefoss:

Det antas at kun spenningsforholdene på kontaktledningen fra Hokksund og ca. midtveis til Hønefoss er nøyaktige nok til å brukes i denne studien. Området rundt Åmot er i et tilfelle registrert med spenninger på 12,2 - 12,5 kV for perioden 18:00 - 22:00. Dette er kortvarige perioder med lave spenninger, og man kan anta at dette ikke får innvirkning på togfremføringen. For de øvrige periodene registreres ingen spenninger under 13,0 kV.

Skulle man derimot få brudd i strømforsyningen fra enten Hønefoss, Drammen eller Skollenborg kan man forvente noe lavere spenninger.

Nordagutu - Kristiansand:

På strekningen Nordagutu - Kristiansand registreres det gjentatte ganger spenninger i området 11,5 - 13,5 kV for området rundt Neslandsvatn og på strekningen Kristiansand - Nelaug. Dette gjelder for alle simulerte perioder. Perioden fra kl. 00:30 til kl. 02:30 er mest problematisk med spenninger helt ned mot 11,4 kV ved Nakksjø (øst for Neslandsvatn). Det er her en forutsetning at all installert ytelse i matestasjonene er tilgjengelig.

For perioden 14:00 til 18:00 finner man at Nelaug og Nordagutu omformerstasjoner kun kortvarig blir belastet med noe over 50 % av antatt maksimal ytelse.

For perioden 22:00 - 03:00 finner man derimot at selv timesverdier for belastningen i Nordagutu er opptil 60 % av merkelast. Tilsvarende finner man kortvarige belastninger av Nordagutu med opptil 72 % av antatt maksimal ytelse. For Nelaug finner man at også denne har kortvarig belastning over 50 % av maksimal ytelse. Dersom ett av aggregatene i enten Nelaug eller Nordagutu er ute av drift vil det være fare for utfall av det gjenværende aggregatet i den stasjonen pga. kortvarige belastninger. For Nordagutu omformerstasjon er dette utpreget og gjelder også for timesverdier. Nordagutu har med andre ord ingen redundans i denne perioden.

Ved brudd på forsyning til fjernledningen fra enten Hakavik kraftstasjon eller Asker omformerstasjon antas at Nordagutu blir ytterligere belastet.

Totalt kan man oppsummere med at det må/bør innføres tiltak dersom ett aggregat er ute av drift i enten Nelaug eller Nordagutu. Tiltaket kan være varsel om forsiktig kjøring eller òg reduksjon i ruteplanen. Tiltaket som må/bør iverksettes avveies av antatt utetid for aggregatet samt tid på døgnet.

Strøm i kontaktledningsanlegget:

Fra simuleringsresultatene finner man at ingen maksimale timesverdier for strømmen ut fra matestasjonene overstiger 430 A. Denne maksimalverdien gjelder for Nordagutu omformerstasjon som mater fjernledningen i tillegg til kontaktledningsanlegget. På bakgrunn av dette kan man anta at strømmene i kontaktledningsanlegget aldri overstiger termisk dimensjonerende strøm.

Videre ser man at 5 sekundersverdier for strømmen fra matestasjonene er høyest med hhv 1041 A i Nordagutu og 726 A i Nelaug. For Nordagutu omformerstasjon gjelder som før at denne i tillegg til kontaktledningen mater fjernledningen. For Nelaug gjelder at strømmen fordeles på to linjeavganger. Totalt antas derfor at heller ingen kortvarige strømtopper overstiger dimensjonerende strømmen i kontaktledningsanlegget

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. PROBLEMSTILLINGER OG MÅL	1
1.1 PROBLEMSTILLINGER.....	1
1.2 MÅL	1
2. TEKNISK KVALITET	2
2.1 KRAV TIL SPENNINGEN	2
2.2 DAGENS INSTALLERTE YTELSE	2
3. INNDATA	3
3.1 KONTAKTLEDNINGSSYSTEM.....	4
3.2 OMFORMERSTASJONER.....	4
3.3 HAKAVIK KRAFTSTASJON	4
3.4 FJERNLEDNINGEN.....	4
3.5 TRANSFORMATORSTASJONER I FORBINDELSE MED FJERNLEDNINGEN	5
3.6 OVERLIGGENDE TREFASENETT	5
3.7 BAKGRUNNSLAST.....	6
3.8 LOK OG TOGMATERIELL.....	6
3.9 BANEDATA.....	7
3.9.1 Gradienter og kurver (vertikal og horisontalkurvatur)	7
3.9.2 Hastighetsprofil.....	7
3.10 RUTEPLAN.....	7
4. RESULTATER	8
4.1 PERIODE 1, KLOKKEN 14:00 - 18:00.....	8
4.1.1 Spenningsforhold langs kontaktledningen.....	8
4.1.2 Maksimale belastninger av matestasjonene	10
4.2 PERIODE 2, KLOKKEN 18:00 - 22:00.....	11
4.2.1 Spenningsforhold langs kontaktledningen.....	11
4.2.2 Maksimale belastninger av matestasjonen	12
4.3 PERIODE 3, KLOKKEN 22:00 - 03:00.....	13
4.3.1 Spenningsforhold langs kontaktledningen.....	13
4.3.2 Maksimale belastninger av matestasjonen	14
5. DISKUSJON	16
5.1 NØYAKTIGHET MHP. INNDATA	16
5.2 NØYAKTIGHET MHP. SIMULERINGSPROGRAM	16
5.3 OPPSUMMERING	17
6. KONKLUSJON	18

VEDLEGG:

VEDLEGG 1: GRAFISK RUTEPLAN

1. PROBLEMSTILLINGER OG MÅL.

1.1 PROBLEMSTILLINGER.

«Planutredning for banestrømforsyningen, Asker - Kristiansand» fra Februar 1997 viste at det kunne forventes høye belastninger av matestasjonsanleggene på Sørlandsbanen, samt lave spenninger på enkelte strekninger for fremtidige ruteplaner. Konklusjonen i «planutredningen» var behov for betydelige investeringer i strømforsyningen langs hele Sørlandsbanen før fremtidige ruteplaner med betydelig økning i trafikken kunne iverksettes.

Fra høsten 1999 planlegges det kjøring av krengetog over Sørlandsbanen og Bergensbanen. Dette alene gir en betydelig økning av togfrekvensen sammenlignet med tidligere ruteplaner.

For fremtidige perioder forventes også utskiftninger av elektrisk drevne tog og lokomotiver med "eldre teknikk" og lave effektuttak til nye tog/lok med betydelig høyere effektuttak.

I tillegg kommer også i denne perioden (1997- 1999) en forventet økning i godstrafikken.

Totalt har dette skapt et ønske om en utredning av strømforsyningen på Sørlandsbanen for høsten 1999.

1.2 MÅL.

Rapportens mål er ved hjelp av simuleringer i SIMTRAC, å redegjøre for spennings- og belastningsforhold på Sørlandsbanen ved kjøring ihht. ruteplan R99.2.

Man tar sikte på å synliggjøre hvilke områder av banenettet og strømforsyningen som er kritiske ved en fremtidig togfremføring med økt effektbehov, 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 strekningene Drammen - Kristiansand over Sørlandsbanen, og Hokksund - Hønefoss. For strekningen Hokksund - Hønefoss simuleres hele strekningen, men kun halve strekningen fra Hokksund mot Hønefoss vil ha tilstrekkelig nøyaktighet for drøftinger.

De konkrete matestasjonsanlegg som er valgt for nøyere betraktninger er Krossen, Nelaug, Neslandsvatn, Nordagutu, Skollenborg og 16,5/55 kV transformator i Asker.

Rapporten tar i tillegg sikte på å påpeke de viktigste forutsetningene for simuleringene.

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. 850, satt til 12 kV. Jernbaneverkets nedre grense er satt til 13,5 kV ved prosjektering.

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

2.2 DAGENS INSTALLERTE YTELSE

I vurderingen av belastningene av matestasjoner og transformatorstasjoner er det tatt utgangspunkt i de spesifiserte merkeeffekter:

Matestasjoner og transformatorer					
Sted	Bestykning	Merkeeffekt [MVA]		Maksimal utmatet strøm [A]	
		1 time	6 min.	1 time	2 sek.
Krossen	Roterende omf. 2 x 5.8 MVA Asea	11,6	16	726	1250
Nelaug	Roterende omf. 2 x 5.8 MVA Asea	11,6	16	726	1250
Neslandsvatn	1 x 8,0 MVA trintrafo	8	11	500	860
Nordagutu	Roterende omf. 5.8 MVA Asea + 7 MVA NEBB	12,8	17,8	800	1450
Nordagutu	1 x 8,0 MVA transformator	8	11	500	860
Skollenborg	2 x 2,5 MVA transformatorer	5	6,85	312	540
Asker	1 x 8,0 MVA transformator	8	11	500	860
Hønefoss	Roterende omf. 2 x 5.8 MVA Asea	11,6	16	726	1250

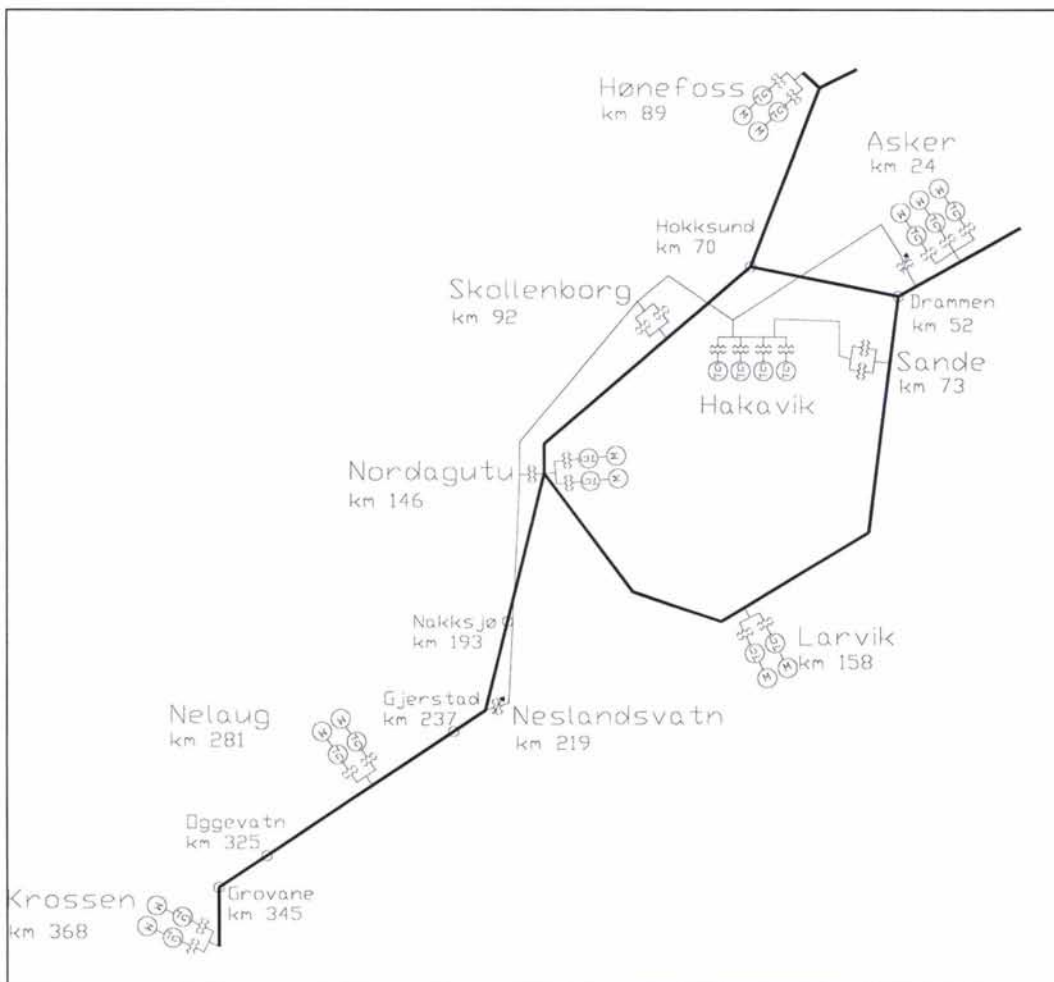
Tabell 2.1 Maksimale belastninger av matestasjoner og transformatorstasjoner.

På grunn av mangel på pålitelige data er det for transformatorstasjoner tatt utgangspunkt i at disse har prosentvis tilsvarende overbelastningsforhold som for roterende omformerstasjoner.

3. INNDATA

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

Kartet under viser en oversikt over kontaktledning, matestasjoner og fjernledning i området. De viktigste områdene med hensyn til spenningsproblemer fra simuleringresultatene er også tegnet inn. Dette gjelder områdene rundt Nakksjø, Gjerstad, Oggevatn og Grovane.



Figur 3.1 Oversiktstegning over området.

3.1 KONTAKTLEDNINGSSYSTEM

Kontaktledningen modelleres som en resistans i serie med en reaktans med impedansen/km. og lengden i km. angitt i programmet. Impedansen er satt lik $0.21+j0.21 \Omega/\text{km}$ for hele strekningen.

3.2 OMFORMERSTASJONER.

På banestrekningene Drammen - Kristiansand og Hokksund - Hønefoss, er det i dag følgende omformerstasjoner:

Nordagutu omformerstasjon	7 + 5,8 MVA	Roterende aggregater
Nelaug omformerstasjon	2 x 5,8 MVA	Roterende aggregater
Krossen omformerstasjon	2 x 5,8 MVA	Roterende aggregater
Hønefoss omformerstasjon	2 x 5,8 MVA	Roterende aggregater

Lastflyten er i tillegg påvirket av Asker omformerstasjon i østre del av banestrekningen, Larvik omformer i området rundt Nordagutu, Lunner omformer på strekningen Hokksund - Hønefoss og Sira omformerstasjon i vestre del.

Asker og Larvik omformerstasjon er tatt med i modellen for nøyaktighetens skyld, men er ikke vurdert i resultatbehandlingen.

Lunner og Sira omformerstasjoner er ikke tatt med i modellen.

3.3 HAKAVIK KRAFTSTASJON

Hakavik kraftstasjon er en av flere kraftleverandøren til fjernledningen, og produserer energi med frekvensen $16^{2/3}$ Hz utelukkende for Jernbaneanverket. Hakavik kraftstasjon har totalt installert 4 aggregater med en elektrisk effekt på 2,7 MVA hver, der kun to av aggregatene pr. idag er installert med transformatorer og tilhørende bryterarrangement. Dette er gjort slik fordi det ikke er tilstrekkelig vannmengde til å benytte mer enn to aggregater samtidig.

3.4 FJERNLEDNINGEN.

Fjernledningen er bygget som et 55 kV anlegg. Den overfører fortrinnsvis kraft fra Hakavik kraftstasjon, Nordagutu omformerstasjon og Asker omformerstasjon til matepunkter både på Vestfold- og Sørlandsbanen.

Overføringsnettet består i tillegg av Sundet koblingsstasjon, som knytter sammen linjene fra Asker, Skollenborg og Hakavik. Statkraft og stedvis Buskerud Energinett eier 55 kV linjen fra Hakavik til Asker, mens Statnett står for drift og vedlikehold av den samme strekningen.

Fjernledningen er delt inn i flere parseller:

Hakavik	-	Sande	ca. 17 km	2 x FeAl nr. 70
Hakavik	-	Sundet	ca. 10 km	2 x 2 x 70 mm ² Cu
Asker	-	Sundet	ca. 14 km	2 x 2 x 35 mm ² Cu + 26 km 2 x FeAl nr. 95
Sundet	-	Skollenborg	ca. 11 km	2 x 2 x 35 mm ² Cu
Skollenborg	-	Nordagutu	ca. 42 km	2 x 50 mm ² Cu
Nordagutu	-	Neslandsvatn	ca. 63 km	2 x 50 mm ² Cu

3.5 TRANSFORMATORSTASJONER I FORBINDELSE MED FJERNLEDNINGEN.

Det er på den aktuelle banestrekningen følgende transformatorstasjoner mellom 55 kV fjernledningen og 16,5 kV kontaktledningen:

Skollenborg transformatorstasjon	2 x 2,5 MVA
Nordagutu transformatorstasjon	1 x 8,0 MVA
Neslandsvatn transformatorstasjon	1 x 8,0 MVA trinnbar.

Neslandsvatn 55/16,5 kV transformator er av spesiell utførelse. Den har en elektronisk styrt trinnkobler som trinner opp sekundærspenningen i trinn på 500 V ved en spenning lavere enn 16,2 kV ut på kontaktledningen. Det er i alt tre trinn på transformatoren slik at den kan justere spenningen totalt 1500 V.

I tillegg er Sande transformatorstasjon på 2x2,5 MVA tatt med siden den vil påvirke belastningen på fjernledningen.

3.6 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 Jernbaneanverket og for alle andre kraftforbrukere.

Til hver omformerstasjon har man normalt trefase tilførsel med spenninger i størrelsesorden 11 - 66 kV, 50 Hz.

Trefasenettet fra Kristiansand (Krossen) til Asker er modellert som et sammenhengende ekvivalent system sett fra omformerstasjonene med unntak av forsyningen til Hønefoss omformer. Denne er modellert som et isolert system med en ekvivalent generator og forsyningsledning sett fra omformerstasjonen. Generatoren i Hønefoss styres slik at forsyningen til stasjonen har korrekt spenning og vinkel i tomgang. Forsyningsledningens impedans er så valgt slik at omformerstasjonens effektuttak påvirker spenning og vinkel på en riktig måte sammenlignet med virkeligheten.

Kortslutningsytelser i tilknytningspunktet mellom omformerstasjonene og det bakenforliggende nettet:

Krossen omformerstasjon	Normalt ca. 1100 MVA
Nelaug omformerstasjon	Normalt ca. 750 MVA
Nordagutu omformerstasjon	Normalt ca. 600 MVA
Larvik omformerstasjon	Normalt ca. 400 MVA
Asker omformerstasjon	Normalt ca. 500 MVA

Data for forsyning til Hønefoss omformer:

$U = 46 \text{ kV}$, $\text{Vinkel} = -16,9^\circ$, $\text{Resistans} = 0 \ \Omega$, $\text{Reaktans} = 2 \ \Omega$.

Vinkelen på spenningen er oppgitt i forhold til svingmaskinen i det ekvivalente nettet, benevnt G2.

3.7 BAKGRUNNSLAST

Det lagt inn en fast bakgrunnslast ved Asker omformerstasjon. Denne bakgrunnslasten representerer belastningen av Asker omformerstasjon i retning Oslo.

Det er lagt inn bakgrunnslast som representerer belastningen over hele Vestfoldbanen (fra Drammen til Nordagutu).

Det er videre ikke lagt inn bakgrunnslast for Arendalsbanen. Grunnen til det er at dette ville øket simuleringstiden betraktelig, samtidig som det er tog/lok med svært begrenset effektuttak som går på denne linjen. Dette vil derfor kun ha marginale betydninger for resultatene.

Det er heller ikke lagt inn bakgrunnslast ved Krossen omformerstasjon. Dette gjør at man ikke kan bruke simuleringen til å dimensjonere Krossen omformerstasjon.

I denne versjonen av SIMTRAC blir toget ikke tatt ut av simuleringene når det har nådd sin endestasjon. Dermed står toget på endestasjonen og trekker togvarme og eventuelle hjelpekrefter. Dette er det kompensert for i simuleringene ved å legge inn negative belastninger tilsvarende togvarme for det enkelte toget og ved beregnede ankomster.

3.8 LOK OG TOGMATERIELL

De loktyper som er benyttet i simuleringen er:

-BM 73, krenge-motorvognsett med muligheter for tilbakemating av effekt . Det er benyttet doble sett i simuleringene. Dette avviker fra planlagt ruteplan og resultatene diskuteres deretter. Maksimalt effektuttak 7.4 MW.

-BM 69, motorvognsett, i rushtiden er det beregnet kjøring med doble sett. Maksimalt effektuttak 2.88 MW for enkle sett og 5.76 MW for doble sett.

-BM 68, motorvognsett som trafikkerer strekningen Drammen - Hokksund - Hønefoss. Maksimalt effektuttak 0.9 MW.

-EL14, er benyttet som trekkmateriell for godstog. Det er i simuleringen benyttet en vekt på 900 t pr. godstog som regnes som et gjennomsnitt. Maksimalt effektuttak 5.7 MW.

-EL 18, er benyttet som lok for fjerntogene på Sørlands,- og Bergensbanen. Fjerntogene er simulert kjørt med 7 stk. B7 vogner. Maksimalt effektuttak 7.6 MW.

Maksimaleffektene som er oppgitt over er ved en bestemt hastighet og ved maksimal akelerasjonsutnyttelse.

Modellene for materiellet er utviklet ved Adtranz BT i Sverige, tildels for tidligere simulering av Oslo-området utført av Adtranz, og tildels spesielt for denne studien.

Det er i simuleringene brukt konstant togvarme for det enkelte toget tilsvarende en normal vinterdag.

3.9 BANEDATA

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

3.9.1 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 simuleringsprogrammet.

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.

3.9.2 Hastighetsprofil

Det er i simuleringen benyttet tre ulike hastighetsprofiler for strekningen hhv. normal,- pluss,- og krenge,- hastighetsprofil. Normal hastighetsprofil er dagens normale hastighetsprofil, pluss-hastighetsprofilen er dagens hastighetsprofil øket med en pluss-hastighet som er angitt i banedatabanken. Krenge-hastighetsprofilen er lik pluss-hastighetsprofilen ved hastigheter under 70 km/t. Ved pluss-hastighetsgrenser over 70 km/t er krenge-hastigheten lik pluss-hastigheten øket med 15 km/t opp til maksimal hastighet 130 km/t

For BM 73 er naturlig nok hastighetsprofilen "krenge" benyttet. For BM 69 og EI18 med B7 vogner er pluss-hastighetsprofilen benyttet mens for godstog og BM 68 er normalhastighetsprofilen benyttet. For godstog er det i tillegg lagt inn en maksimalhastighet på 90 km/t.

3.10 RUTEPLAN

Den ruteplanen som er simulert er en forventet ruteplan for høsten 1999 for strekningene Drammen - Kristiansand over Sørlandbanen, og Hokksund - Hønefoss. Ruteplanen er utarbeidet av Sven Narum ved Planavdelingen, Jernbaneverket Region Sør, og ligger som vedlegg til rapporten.

4. RESULTATER

Simuleringen er delt inn i 3 perioder på hhv. 4, 4 og 5 timer hver. Første periode starter kl. 14:00 og går frem til kl. 18:00, andre periode fra kl. 18:00 til kl. 22:00 og tredje periode fra kl. 22:00 til kl. 03:00.

For hver periode er det sett på maksimalbelastningen i matestasjonene samt på registrerte spenninger under 13,5 kV på strømvtageren til de enkelte lok. Det er kun listet opp laveste spenning under 13,5 kV innenfor de inndelte seksjonene for hvert lok.

4.1 PERIODE 1, KLOKKEN 14:00 - 18:00

4.1.1 Spenningsforhold langs kontaktledningen

I tabellen under er det listet opp strekningsvis de spenninger som er registrert under 13,5 kV på strømvtager på togene. Tognr. i tabellen refererer til variabelnavnet togene er gitt i simuleringprogrammet. De to første bokstavene står for krengetog (KR), fjerntog (FJ) og godstog (GO). Tallet er togets plassering i rutetabellen, og siste bokstav definerer om det er østgående (O) eller vestgående (V).

Laveste registrerte spenninger under 13.5 kV på strømvtager.				
Periode 1 klokken 14:00 - 18:00:	Tognr.	Spenning [kV]	Klokkeslett	Nøyaktig plassering (Nærmeste stasjon)
Hokksund - Hønefoss:	GO8V	13,05	17:58	km 86,1 (Åmot)
	GO8V	13,14	17:59	km. 88,0 (Åmot)
Drammen - Skollenborg:	KR4V	13,288	17:58	km 68,8 (Steinberg)
Skollenborg - Nordagutu:	GO6V	13,499	14:25	km. 100,9 (Kongsberg)
	KR3V	13,416	14:25	km. 111,8 (Meheia)
Nordagutu - Neslandsvatn:	GO2O	11,507	17:35	km. 192,2 (Nakksjø)
	FJ1V	11,528	17:35	km. 194,0 (Nakksjø)
Neslandsvatn - Nelaug:	GO2O	12,898	16:32	km. 248,1 (Skorstøl)
	GO6V	13,201	16:32	km. 258,5 (Vegårdshei)
	KR4O	13,385	15:54	km. 236,9 (Gjerstad)
	KR3V	13,168	15:54	km. 247,5 (Skorstøl)
Nelaug - Kristiansand:	GO6V	12,207	17:55	km. 326,0 (Oggevatn)
	FJ1O	12,335	17:55	km. 318,8 (Fidjetun)
	KR3V	13,151	16:44	km. 325,3 (Oggevatn)
	GO1O	13,166	16:44	km. 311,2 (Fidjetun)
	GO2O	13,311	15:06	km. 340,7 (Grovane)
	KR3V	13,442	16:42	km. 320,7 (Oggevatn)

Tabell 4.1.1: Laveste registrerte spenninger under 13,5 kV i periode 1.

Hokksund - Hønefoss:

Flere registreringer av spenninger rundt 13,1 kV på vestgående godstog i området rundt Åmot. Godstoget går mellom Drammen og Hønefoss og har avgang Drammen kl 17:17.

Drammen - Skollenborg:

Laveste registrerte spenning er nede i 13,2879 kV ved km. 68,8. Spenningen er registrert på vestgående krengetog som går fra Drammen kl. 15:47.

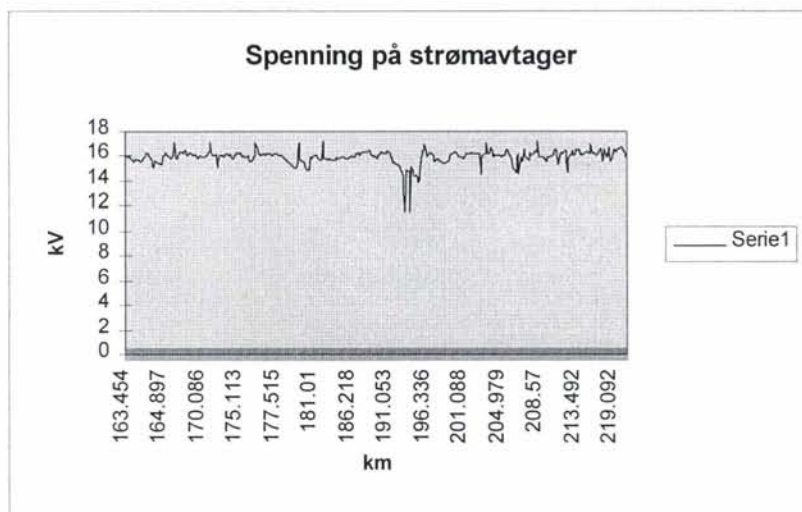
Det er ikke registrert flere spenninger under 13,5 kV på strekningen.

Skollenborg - Nordagutu:

Laveste registrerte spenning er simulert til 13,416 kV ved Meheia. Spenningen er registrert på vestgående krengetog som går fra Drammen kl. 13:48. Det er en samtidig registrering på 13,499 kV i Kongsberg-området på vestgående godstog som går fra fra Drammen kl. 13:50.

Nordagutu - Neslandsvatn:

Det er en samtidig registrering på ca. 11,5 kV i Nakksjø-området kl 17:35 på vestgående fjerntog fra Drammen kl. 15:47 og østgående godstog fra Kristiansand kl. 13:44. Den lave spenningen er imidlertid et "engangstilfelle". Figur 4.1 viser et utsnitt av spenningen på strømvaktakeren til fjerntoget på strekningen Bø - Neslandsvatn. Som figuren viser er spenningen relativt bra med spenninger over 14,4 kV, med unntak av to "dip'er" ned til 11,5 kV ved Nakksjø. Man har da samtidig pådrag på fjerntoget og godstoget.



Figur 4.1.1

Neslandsvatn - Nelaug:

Laveste registrerte spenning er 12,9 kV registrert ved Skorstøl på østgående godstog fra Kristiansand kl.13:44. Det er flere registreringer rundt 13,2 - 13,3 kV i samme område.

Nelaug - Kristiansand:

Laveste registrerte spenning er på 12,2 kV i Oggevatn-området kl. 17:55 på vestgående godstog fra Drammen kl. 13:50. Det er en samtidig registrering på 12,3 kV på østgående fjerntog som går fra fra Kristiansand kl.17:20 og befinner seg i det samme området.

Det er flere registreringer på rundt 13,2 kV i Fidjetun - Oggevatn området.

Avvikssituasjoner:

På strekningen Nordagutu - Kristiansand finner man gjentatte ganger spenninger ned mot 12,2 kV. I tillegg finner man en spennings"dip" på 11,5 kV på strekningen Nordagutu - Neslandsvatn.

Ved ett aggregat ute av drift i Nelaug eller Nordagutu kan spenningen langs kontaktledningen på strekningen Nordagutu - Kristiansand forventes å synke ytterligere noe under 12,2 kV, og samtidig for noe lengre perioder. Dette kan gi noen mindre forsinkelser i togfremføringen.

Ved ett aggregat ute av drift i Nordagutu og utfall av det gjenværende aggregatet, må det forventes svært lave spenninger på strekningen Nelaug - Skollenborg med tilhørende konsekvenser.

Ved ett aggregat ute av drift i Nelaug og utfall av det gjenværende aggregatet, må det tilsvarende forventes svært lave spenninger på strekningen Kristiansand - Neslandsvatn.

4.1.2 Maksimale belastninger av matestasjonene

MAKSIMALE BELASTNINGER								
Periode 1 KI 14:00 - 18:00	Krossen omf	Nelaug omf	Nesl.vatn trafo	Nordagutu omf	Nordagutu trafo	Skollenbg trafo	Asker trafo	Hønefoss omf
S [MVA] Time	2,54	3,98	3,2	4,59	2,97	1,88	2,98	3,17
S / Sn time	0,22	0,34	0,4	0,36	0,37	0,38	0,37	0,27
S [MVA] 6 min	4,18	6,6	4,63	6,11	3,97	3,98	3,19	4,79
S / Sn` 6 min	0,26	0,41	0,42	0,34	0,36	0,58	0,29	0,3
I [A] Time	157	246	199	284	186	122	186	196
I / In Time	0,22	0,34	0,4	0,36	0,37	0,39	0,37	0,27
I [A] 5 sek	430	726	464	833	402	356	318	605
I / In`` 5 sek	0,34	0,58	0,54	0,57	0,47	0,66	0,37	0,48

Tabell 4.1.2: Maksimale belastninger av matestasjonene i første periode.

Tabellen viser absolutte verdier for belastningene samt den prosentvise belastningen av hver av komponentene (1,0 = 100 %).

Sn` er her maksimal 6 minutters synytelse for komponenten.

In`` er her maksimal kortvarig (2 sek) strøm gjennom komponenten.

Av tabellen ser man at den prosentvise belastningen av omformerstasjoner og transformatorstasjoner er langt under en verdi på 1,0 (100 %) for alle forhold.

Videre ser man at ingen matestasjoner eller transformatorstasjoner blir belastet over 50 % for noen timeverdier. Det betyr videre at dersom man har dublerde anlegg, så vil hver av disse tåle utfall av ett vilkårlig aggregat mhp. timesverdier. Dette gjelder også for Nordagutu omformerstasjon som har installert 5,8 + 7,0 MVA roterende aggregater. Det er her en forutsetning at man ikke har utfall av aggregater samtidig i nærliggende stasjoner.

For 6 minuttersverdier har man tilsvarende resultater som for timesverdier, med avvik for transformatorstasjonene i Skollenborg. Ved utfall av en av transformatorene vil den gjenværende transformatoren bli belastet opp mot antatt maksimale 6 minutters verdier.

Skulle den gjenværende transformatoren også få utfall vil dette få alvorlige konsekvenser for togtrafikken på Sørlandsbanen.

For 5 sekundsverdier av strømmen finner man at både Nelaug og Nordagutu omformerstasjoner blir belastet over 50 % av antatte maksimale kortvarige belastninger. Ved ett aggregat tilsiktet ute av drift kan man igjen her risikere overbelastning/utfall av det gjenværende aggregatet. I tillegg har man igjen at Skollenborg transformatorstasjon er relativt hardt belastet med opptil 66 % av antatte maksimale kortvarige strømverdier. Ved en av transformatorene ute av drift vil det her være stor fare for utfall av også den gjenværende transformatoren.

4.2 PERIODE 2, KLOKKEN 18:00 - 22:00

4.2.1 Spenningsforhold langs kontaktledningen

Laveste registrerte spenninger under 13.5 kV på strømvtagere				
Periode 2 klokken 18:00 - 22:00:	Tognr.	Spenning [kV]	Klokkeslett	Nøyaktig plassering (Nærmeste stasjon)
Hokksund - Hønefoss:	GO8V	13,44	18:02	km. 90,8 (Geithus)
	LO30V	12,566	20:15	km. 91,7 (Geithus)
	GO9V	12,289	20:15	km. 87,9 (Åmot)
	GO9O	12,515	20:15	km. 79,6 (Skotselv)
Drammen - Skollenborg:				
Skollenborg - Nordagutu:				
Nordagutu - Neslandsvatn:				
Neslandsvatn - Nelaug:				
Nelaug - Kristiansand:	KR5O	13,385	18:59	km. 313,2 (Fidjetun)

Tabell 4.2.1: Laveste registrerte spenninger under 13,5 kV i periode 2.

Hokksund - Hønefoss:

Det er registrert tre samtidige spenninger på 12,2 - 12,7 kV kl: 20:15 i området rundt Åmot. Det er da to godstog og et lokaltog inne på strekningen.

Drammen - Nelaug:

Det er ingen registreringer under 13,5 kV på hele strekningen mellom Drammen og Nelaug i det aktuelle tidsrommet i ruteplanen.

Nelaug - Kristiansand:

Det er en registrering på 13,385 kV kl. 18:59 ved Fidjetun på østgående krengetog fra Kristiansand kl.18:29.

Avvikssituasjoner:

På strekningen Hokksund - Hønefoss finner man spenninger ned mot 12,2 kV. Dette er et engangstilfelle og er ikke representativt for strekningen og perioden. Ellers i perioden finner man jevnt over spenninger høyere enn 13,4 kV for hele strekningen

Drammen - Kristiansand. For denne perioden er det derfor ikke kritisk for spenningen på kontaktledningen selv med ett aggregat ute i en av matestasjonene. Det er først når hele matestasjoner er ute av drift at dette blir kritisk.

4.2.2 Maksimale belastninger av matestasjonen

MAKSIMALE BELASTNINGER								
Periode 2 KI 18:00 - 22:00	Krossen omf	Nelaug omf	Nesl.vatn trafo	Nordagutu omf	Nordagutu trafo	Skollenbg trafo	Asker trafo	Hønefoss omf
S [MVA] Time	2,27	3,09	2,65	5,03	2,32	1,97	1,69	3,22
S / Sn time	0,2	0,27	0,33	0,39	0,29	0,39	0,21	0,28
S [MVA] 6 min	2,95	3,36	3,68	6,94	3,05	3,2	2,5	4,23
S / Sn` 6 min	0,18	0,21	0,33	0,39	0,28	0,47	0,23	0,26
I [A] Time	141	191	164	310	150	127	106	200
I / In Time	0,19	0,26	0,33	0,39	0,3	0,41	0,21	0,27
I [A] 5 sek	459	492	437	770	353	510	289	390
I / In`` 5 sek	0,37	0,39	0,51	0,53	0,41	0,94	0,34	0,31

Tabell 4.2.2: Maksimale belastninger av matestasjonene i andre periode.

Tabellen viser absolutte verdier for belastningene samt den prosentvise belastningen av hver av komponentene (1,0 = 100 %).

Sn` er her maksimal 6 minutters synytelse for komponenten.

In`` er her maksimal kortvarig (2 sek) strøm gjennom komponenten.

For timesverdier ser man at ingen matestasjoner eller transformatorstasjoner blir belastet over eller nær 50 %. Dette betyr videre at dersom man har dublerne anlegg, så vil hvert av anleggene tåle utfall av ett vilkårlig aggregat mhp. timesverdier. Dette gjelder også for Nordagutu omformerstasjon som har installert 5,8 + 7,0 MVA roterende aggregater. Det er her en forutsetning at man ikke har utfall av aggregater samtidig i nærliggende stasjoner.

For 6 minuttersverdier har man tilsvarende resultater som for timesverdier.

For 5 sekundsvardier av strømmen finner man at Nordagutu omformerstasjon blir belastet med inntil 53 %. Ved ett aggregat ute av drift kan man igjen her risikere utfall av det gjenværende aggregatet. Dette avhenger av hvilket aggregat som er ute av drift. I tillegg har man igjen at Skollenborg transformatorstasjon er relativt hardt belastet med 94 %. Ved et utilsiktet utfall av den ene transformatoren vil det her være meget stor fare for utfall av også den gjenværende transformatoren.

4.3 PERIODE 3, KLOKKEN 22:00 - 03:00

4.3.1 Spenningsforhold langs kontaktledningen

Laveste registrerte spenninger under 13.5 kV på strømvogter				
Periode 3: klokken 22:00 - 03:00.	Tognr.	Spenning [kV]	Klokkeslett	Nøyaktig plassering (Nærmeste stasjon)
Hokksund - Hønefoss:				
Drammen - Skollenborg:				
Skollenborg - Nordagutu:				
Nordagutu - Neslandsvatn:	FJ2V	12,481	01:39	194,1 (Nakksjø)
	GO40	12,392	01:39	187,7 (Nakksjø)
	GO30	11,528	02:20:04	188,4 (Nakksjø)
	GO5V	11,763	02:20:00	186,7 (Nakksjø)
	GO50	12,408	02:48	195,6 (Nakksjø)
Neslandsvatn - Nelaug:	FJ2V	13,477	02:20:00	237,1 (Gjerstad)
	GO50	12,269	02:20:04	234,1 (Gjerstad)
Nelaug - Kristiansand:	GO3V	11,808	00:39	331,9 (Oggevatn)
	GO30	11,656	00:39	325,0 (Oggevatn)
	GO50	12,951	00:49	347,0 (Grovane)

Tabell 4.3.1: Laveste registrerte spenninger under 13,5 kV i periode 3.

Drammen - Hønefoss:

Ingen registrerte spenninger under 13,5 kV.

Drammen - Nordagutu:

Ingen registrerte spenninger under 13,5 kV.

Nordagutu - Neslandsvatn:

Det er i denne perioden veldig mange registrerte spenninger under 13,5 kV i området. Hvis man sammenligner tidene for laveste registrerte spenninger på seksjonene Nordagutu - Neslandsvatn og Neslandsvatn - Nelaug er det interessant å merke seg er at det er sammenfall mellom laveste spenninger på to tog som befinner seg på hver sin side av Neslandsvatn trafostasjon. Laveste spenning for tog nr. GO30 på strekningen Nordagutu - Neslandsvatn faller sammen i tid med laveste spenning for tog nr. GO50 på strekningen Neslandsvatn - Nelaug. Det samme gjelder for togene GO5V og FJ2V.

Neslandsvatn - Nelaug:

Det er registrert spenninger under 13,5 kV på to tog.

Nelaug - Kristiansand:

Flere lave spenninger registrert på strekningen i denne perioden. Sammenfall mellom laveste spenninger for vestgående godstog fra Drammen kl. 20:37 og østgående godstog fra Kristiansand kl. 23:41 som begge befinner seg i Oggevatn-området.

Avvikssituasjoner:

På strekningen Nordagutu - Kristiansand finner man gjentatte ganger spenninger ned mot 11,5 kV. Det er her særlig området rundt Neslandsvatn som har dårlige spenninger, men også strekningen Kristiansand - Nelaug registreres med svært lave spenninger på kontaktledningen. Det er her gjennomgående for korte perioder at man registrer så lave spenninger og det antas derfor ikke å gi større konsekvenser for togfremføringen. Totalt for strekningen finner man ofte spenninger under 13,5 kV.

Ved ett aggregat ute av drift i Nelaug eller Nordagutu kan spenningen langs kontaktledningen på strekningen Nordagutu - Kristiansand forventes å synke ytterlige noe under 11,5 kV, og samtidig for noe lengre perioder. Dette antas å gi forsinkelser i togfremføringen.

Ved ett aggregat ute av drift i Nordagutu og utfall av det gjenværende aggregatet, må det forventes svært lave spenninger på strekningen Nelaug - Skollenborg med tilhørende konsekvenser.

Ved ett aggregat ute av drift i Nelaug og utfall av det gjenværende aggregatet, må det tilsvarende forventes svært lave spenninger på strekningen Kristiansand - Neslandsvatn.

4.3.2 Maksimale belastninger av matestasjonen

MAKSIMALE BELASTNINGER								
Periode 3 KI 22:00 - 03:00	Krossen omf	Nelaug omf	Nesl.vatn trafo	Nordagutu omf	Nordagutu trafo	Skollenbg trafo	Asker trafo	Hønefoss omf
S [MVA] Time	3,64	4,89	3,66	6,97	2,99	1,6	2,74	3,11
S / Sn time	0,31	0,42	0,46	0,6	0,37	0,32	0,34	0,28
S [MVA] 6 min	6,27	7,82	4,80	10,73	4,33	2,65	3,02	4,1
S / Sn` 6 min	0,39	0,49	0,44	0,6	0,39	0,39	0,27	0,26
I [A] Time	225	303	230	430	189	102	171	193
I / In Time	0,31	0,42	0,46	0,59	0,39	0,33	0,34	0,27
I [A] 5 sek	626	673	449	1041	429	257	278	437
I / In`` 5 sek	0,5	0,54	0,52	0,72	0,5	0,48	0,32	0,35

Tabell 4.3.2: Maksimale belastninger av matestasjonene i tredje periode.

Tabellen viser absolutte verdier for belastningene samt den prosentvise belastningen av hver av komponentene (1,0 = 100 %).

Sn` er her maksimal 6 minutters synytelse for komponenten.

In`` er her maksimal kortvarig (2 sek) strøm gjennom komponenten.

For timesverdier ser man at Nordagutu omformerstasjon blir hardt belastet med opptil 60 % av merkeverdien. Med et av stasjonens aggregater ute av drift har man stor fare for overbelastning/utfall av også det gjenværende aggregatet.

Denne timen er for perioden 01:55 - 02:55. For denne perioden har man tre godstog fra Kristiansand mot Drammen som passerer Neslandsvatn hhv. kl. 01:16, 02:03 og 02:33. Samtidig har man et fjerntog og et godstog fra Drammen med retning Kristiansand som passerer Neslandsvatn hhv. kl. 02:00 og 02:59. Årsaken til at Nordagutu omformerstasjon blir særlig hardt belastet er at denne i all hovedsak er energileverandøren til Neslandsvatn transformatorstasjon. På denne måten kan man forenklet si at Nordagutu omformerstasjon forsyner halve strekningen Nelaug - Neslandsvatn, hele strekningen Neslandsvatn - Nordagutu samt halve strekningen Nordagutu - Skollenborg. I tillegg kommer eventuell belastninger på strekningen Nordagutu - Larvik(Skien).

For 6 minutters verdier finner man tilsvarende som for timesverdiene. Høyeste 6 minuttersverdi for Nordagutu omformerstasjon finner sted for perioden 02:16 - 02:22.

For 5 sekundsverdier av strømmen finner man at Nordagutu omformerstasjoner blir belastet med 1041 Amp tilsvarende 72 % av hva den kan levere svært kortvarig dersom begge aggregatene er i drift. Dersom ett av aggregatene er ute av drift i Nordagutu omformerstasjon er det her nærliggende å tro at også det gjenværende aggregatet blir overbelastet/får utfall. De høye 5 sekundersverdiene går igjen flere ganger i perioden fra kl. 02:10 - 02:30.

5. DISKUSJON

5.1 NØYAKTIGHET MHP. INNDATA

For togvarme er det lagt inn konstante verdier for hvert tog lik ca 30 % av maksimal togvarme. Over et normalt vinterdøgn har man et varierende effektuttak til togvarme som igjen normalt utgjør en svært liten andel av det maksimale effektforbruket. Derimot kan togvarme utgjøre en ikke ubetydelig del av det totale energiforbruket. Totalt anses dette å gi marginale innvirkninger på hovedresultatene i rapporten.

I simuleringene er det ikke lagt inn noen form for sporvekselvarme. Sporvekselvarmen antas inntil videre å kun gi ubetydelig innvirkningen på resultatene og videre ingen innvirkning på hovedresultatene i rapporten.

Bakgrunnslasten er også simulert som konstante verdier. Dette gjør at hverken Asker, Hønefoss eller Krossen omformerstasjoner kan dimensjoneres ut fra disse simuleringene. Man får derimot en god pekepinn på belastningsnivået på disse omformerstasjonene. Derimot kan man regne at alle simulerte spenningsforhold på kontaktledningen vil gi et relativt nøyaktig resultat helt frem til hhv. Asker, Hønefoss og Krossen. Dette fordi man har belastet de aktuelle omformerstasjonene tilstrekkelig til å gi gyldige spenningsforhold ut på kontaktledningen.

I simuleringene er det ikke lagt inn noen form for horisontalkurvatur. Dette vil føre til en lavere gangmotstand i simuleringene enn i virkeligheten, men all erfaring tilsier at dette kun er marginaler i forhold til vertikalkurvaturen + luftmotstanden.

Det er heller ikke tatt med tunneler i simuleringene. Disse er det (alt for) mange av på Sørlandsbanen, men på strekningen Drammen - Kristiansand er det kun snakk om kortere tunneler. Det antas derfor at dette har ubetydelige innvirkninger på resultatene.

I simuleringene er det brukt 2xBM73 (krengetog) i stedet for antatt bruk 1xBM73. Dette vil gi en høyere belastning av omformerstasjoner og matestasjoner i simuleringene i forhold til hva man kan påregne for den planlagte ruteplanen. I ruteplanen er det skissert 4 vestgående og 4 østgående krengetog i perioden kl. 14:00 til kl. 03:00. Det er derimot ikke krengetogene som er årsak til de maksimale belastningene av matestasjoner og transformatorstasjoner på de gjeldende strekningene. Dette utgjøres i all hovedsak av fjerntog og godstog og sammenfallende belastninger av disse for hver av de aktuelle matestasjonene. Av den grunn regnes simuleringene og dermed resultatene som gjeldende for ruteplanen. Tilsvarende vil man også få lavere spenninger på kontaktledningen for disse togene. Dette rokker derimot ikke med resultatene for laveste spenninger langs kontaktledningen. Det man ser fra simuleringene er at det særlig er fjerntog og godstog og sammenfallende maksimale belastninger av disse som bestemmer de laveste spenningene langs kontaktledningen.

5.2 NØYAKTIGHET MHP. SIMULERINGSPROGRAM

I samarbeidsprosjektet "Simuleringstest" mellom Jernbaneverket Bane Energi og Jernbaneverket Ingeniørtjenesten ble SIMTRAC undersøkt mht avvik og begrensninger. Resultatene fra prosjektet er bekrevet i rapporten "Simuleringstest" av 10.12.97.

Hovedresultatene fra dette prosjektet oppsummerer med to hovedbegrensninger:

- Simuleringens "lokfører"
- Simuleringens vertikalkurvatur

Disse to faktorene menes å være hovedårsakene til at man får store avvik mellom målinger og simuleringer mhp. energiforbruket for det enkelte toget. Det synes allikevel å være meget god samsvar mellom målinger og simuleringer mht maksimale belastninger for de forskjellige togene.

I prosjektet "Simuleringstest" antas simuleringens "lokfører" å være hovedårsaken til at det er avvik mellom målinger og simuleringer. Det karakteristiske med den ruteplanen som ble simulert for det konkrete prosjektet var relativt lite stramme ruter. Dette gav stor frihetsgrad for den enkelte lokføreren, og det antas at lokføreren har stor innvirkning på energiforbruket. Hadde tilsvarende simuleringer blitt gjort for strammere ruter, antas det langt mindre avvik mellom målinger og simuleringer.

Bakgrunnen for dette prosjektet er planlagt ruteplan for høsten 1999 med nettopp tettere og strammere ruter enn tidligere ruteplaner på samme strekninger. Av den grunn antas at en stor del av de avvik som er detektert ved dette simuleringprogrammet bortfaller.

I prosjektet "Simuleringstest" var det brukt en forenklet innleggelse av vertikalkurvaturen. Måten dette var gjort på kan gi hvert av de aktuelle togene en lengre kjørevei enn det som faktisk er tilfellet. I tillegg får man langt flere endringer i vertikalkurvaturen. Dette igjen gjør at simuleringprogrammet til stadighet må korrigere effektuttaket for å holde hastigheten oppe. Måten toget gjør dette på er å gi maksimal pådrag eller elektrisk brems inntil oppgitt hastighet er nådd.

I denne studien er vertikalkurvaturen gjort langt mer forenklet, men samtidig slik at man får riktigere kurvatur og kjørevei. Av dette kan man anta at man har oppnådd en økt nøyaktighet i simuleringene av energiforbruket for det enkelte toget.

5.3 OPPSUMMERING

På bakgrunn av diskusjon omkring nøyaktighet i resultatene mhp inndata og simuleringprogrammet SIMTRAC kan det forventes langt høyere nøyaktighet enn i prosjektet "Simuleringstest". I det prosjektet kan man av resultatene antyde en nøyaktighetsgrad tilsvarende +/- 20 %. I denne studien kan man derfor antyde at enkeltresultatene har en nøyaktighetsgrad på ca. +/- 10%. Hovedresultatene kan derimot betraktes å gjelde med en nøyaktighet på +/- 5 %, siden hovedresultatene allerede er diskutert mht avvikssituasjoner.

6. KONKLUSJON

Drammen - Nordagutu:

For denne strekningen er det gjennomgående gode spenningsforhold med spenninger stort sett over 13,5 kV på kontaktledningen for hele den aktuelle ruteplanen.

Spenningen på kontaktledningen kan forventes å bli noe lavere dersom forsyningen til fjernledningen fra enten Asker, Hakavik eller Nordagutu faller ut.

Skollenborg transformatorstasjon blir relativt hardt belastet sammenlignet med andre matestasjoner på strekningen Drammen - Kristiansand. Spesielt 5 sekunds verdiene ligger høyt i tidsrommet 14:00 - 22:00. Det har ikke vært mulig å fremskaffe pålitelige data for den kortvarige belastningsevnen til disse transformatorene slik at man må ta forbehold om de prosentvise verdiene mht. maksimalbelastning. Det er imidlertid liten/ingen fare for utfall av transformatorene som følge av overbelastning i normal drift.

Hokksund - Hønefoss:

Det antas at kun spenningsforholdene på kontaktledningen fra Hokksund og ca. midtveis til Hønefoss er nøyaktige nok til å brukes i denne studien. Området rundt Åmot er i et tilfelle registrert med spenninger på 12,2 - 12,5 kV for perioden 18:00 - 22:00. Dette er kortvarige perioder med lave spenninger, og man kan anta at dette ikke får innvirkning på togfremføringen. For de øvrige periodene registreres ingen spenninger under 13,0 kV.

Skulle man derimot få brudd i strømforsyningen fra enten Hønefoss, Drammen eller Skollenborg kan man forvente noe lavere spenninger.

Nordagutu - Kristiansand:

På strekningen Nordagutu - Kristiansand registreres det gjentatte ganger spenninger i området 11,5 - 13,5 kV for området rundt Neslandsvatn og på strekningen Kristiansand - Nelaug. Dette gjelder for alle simulerte perioder. Perioden fra kl. 00:30 til kl. 02:30 er mest problematisk med spenninger helt ned mot 11,4 kV ved Nakksjø (øst for Neslandsvatn). Det er her en forutsetning at all installert ytelse i matestasjonene er tilgjengelig.

For perioden 14:00 til 18:00 finner man at Nelaug og Nordagutu omformerstasjoner kun kortvarig blir belastet med noe over 50 % av antatt maksimal ytelse.

For perioden 22:00 - 03:00 finner man derimot at selv timesverdier for belastningen i Nordagutu er opptil 60 % av merkelast. Tilsvarende finner man kortvarige belastninger av Nordagutu med opptil 72 % av antatt maksimal ytelse. For Nelaug finner man at også denne har kortvarig belastning over 50 % av maksimal ytelse. Dersom ett av aggregatene i enten Nelaug eller Nordagutu er ute av drift vil det være fare for utfall av det gjenværende aggregatet i den stasjonen pga. kortvarige belastninger. For Nordagutu omformerstasjon er dette utpreget og gjelder også for timesverdier.

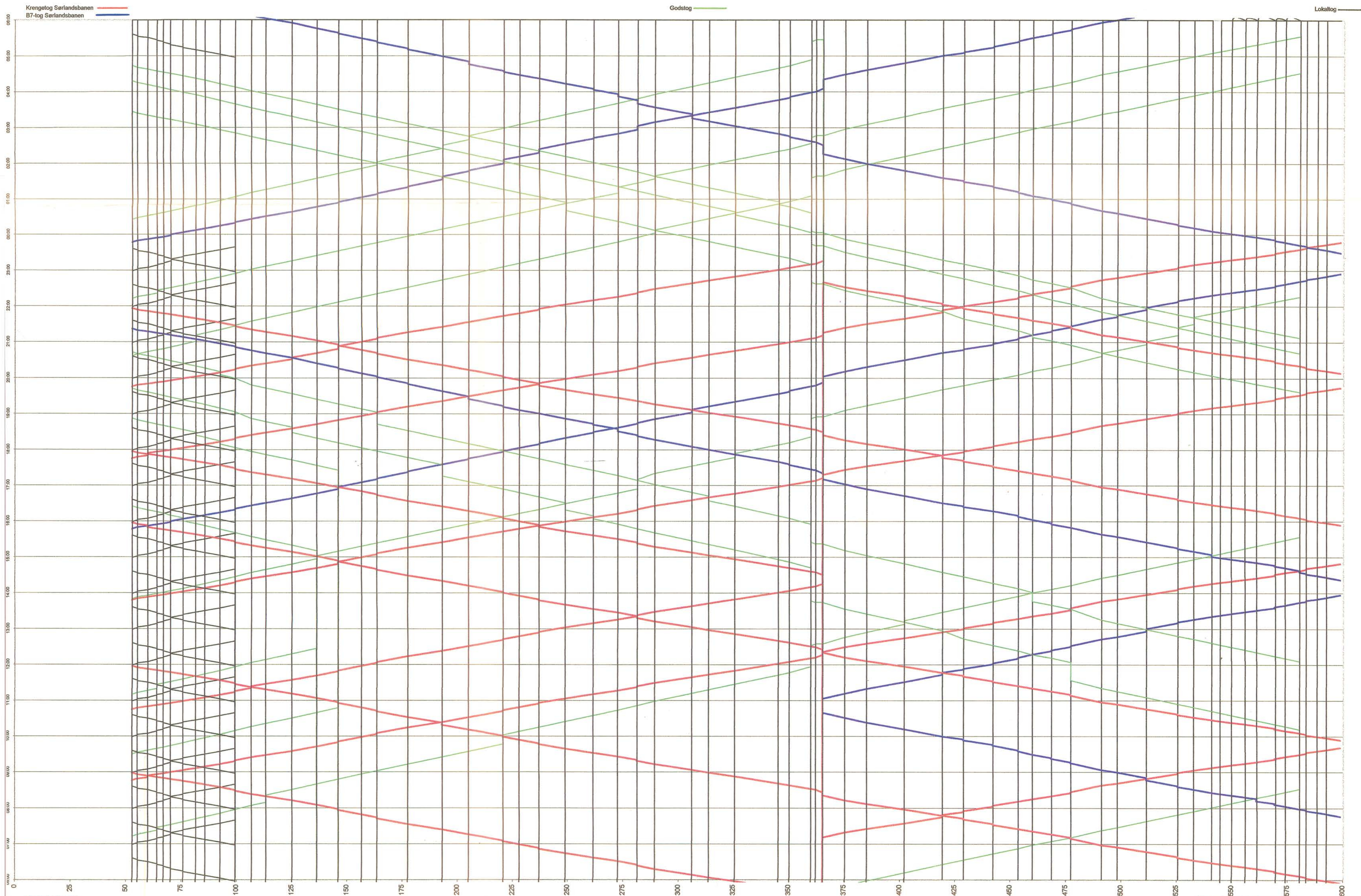
Ved brudd på forsyning til fjernledningen fra enten Hakavik kraftstasjon eller Asker omformerstasjon antas at Nordagutu blir ytterligere belastet.

Totalt kan man oppsummere med at det må/bør innføres tiltak dersom ett aggregat er ute av drift i enten Nelaug eller Nordagutu. Tiltaket kan være varsel om forsiktig kjøring eller øg reduksjon i ruteplanen. Tiltaket som må/bør iverksettes avveies av antatt utetid for aggregatet samt tid på døgnet.

Strøm i kontaktledningsanlegget:

Fra tabellene 4.1.2, 4.2.2 og 4.3.2 finner man at ingen maksimale timesverdier for strømmen ut fra matestasjonene overstiger 430 A. Denne maksimalverdien gjelder for Nordagutu omformerstasjon som mater fjernledningen i tillegg til kontaktledningsanlegget. På bakgrunn av dette kan man anta at strømmene i kontaktledningsanlegget aldri overstiger termisk dimensjonerende strøm.

Videre ser man at 5 sekundersverdier for strømmen fra matestasjonene er høyest med hhv 1041 A i Nordagutu og 726 A i Nelaug. For Nordagutu omformerstasjon gjelder som før at denne i tillegg til kontaktledningen mater fjernledningen. For Nelaug gjelder at strømmen fordeles på to linjeavganger. Totalt antas derfor at heller ingen kortvarige strømtopper overstiger dimensjonerende strømmer i kontaktledningsanlegget.



Kringetog Sørlandsbanen
B7-tog Sørlandsbanen

Godstog

Lokaltog

Fjertog Bergensbanen

Godstog

Lokaltog

