

PLANUTREDNING FOR BANESTRØMFORSYNING ASKER - KRISTIANSAND



FORORD

Utredningen er utarbeidet med hensyn på en forsterkning av banestrømforsyningen på strekningen Asker - Kristiansand for å møte en fremtidig planlagt trafikkøkning. I utredningen er det en teknisk og økonomisk vurdering av flere ulike forsterkningstiltak både på Vestfold- og Sørlandsbanen.

Ansvarlig for Planutredningen er Jernbaneverket Region Sør. Prosjektansvarlig har vært Helge Tunheim med Bjørn Ståle Varnes som prosjektleder.

Planutredningen er utarbeidet av Jernbaneverket Ingeniørtjenesten hvor Kolbjørn Lofthus har vært oppdragsansvarlig. Per Chr. Bærø vært prosjektleder og Sven Tønnessen har vært delprosjektleder.

Spørsmål til planen kan rettes til: Jernbaneverket Region Sør
3006 DRAMMEN

Kontaktpersoner Plansjef Helge Tunheim
Tlf: 32 27 57 80

Seksjonsleder Martin Inge Algrøy
Tlf: 32 27 58 56

Avd. ing. Bjørn Ståle Varnes
Tlf: 32 27 58 55

SAMMENDRAG

Dagens matepunkter på Vestfoldbanen med Larvik omformerstasjon og Sande transformatorstasjon er ikke tilstrekkelig til å forsyne den planlagte fremtidige trafikkøkningen. Dette medfører at dersom det ikke gjennomføres tiltak i banestrømforsyningen, vil denne bli begrensende for togtrafikken.

Figur 1, side 4 viser banestrømforsyningen på både Vestfold- og Sørlandsbanen, etter anbefalt forsterkning av banestrømforsyningen.

Nytt dobbeltspor fra Drammen til Larvik gir mulighet for en betydelig trafikkøkning i forhold til dagens trafikk. Lastflytberegninger med dagens banestrømforsyning, nytt dobbeltspor på Vestfoldbanen og tilhørende trafikkøkning, viser at dette vil gi både lave spenninger og effektunderskudd.

Det er utført lastflytberegninger med flere forskjellige forsterkningstiltak på Vestfoldbanen. Resultatene viser at det teknisk/økonomisk er mest hensiktsmessig å bygge en ny omformerstasjon ved Skoppum med installert ytelse på 2x14 MVA. Med nytt dobbeltspor på Vestfoldbanen anbefales det også å fjerne Sande transformatorstasjon. Larvik omformerstasjon bør på sikt bestykkes med 2x7 MVA roterende aggregater eller tilsvarende (tiltak B).

En ny statisk omformerstasjon ved Skoppum gir en **N/K-verdi = 1,2**.

På Sørlandsbanen mellom Asker og Kristiansand er det allerede i dag for langt mellom matestasjonene. For å møte den planlagte trafikkøkningen med nytt og kraftigere materiell, er det behov for forsterkning av banestrømforsyningen på denne strekningen

Tilsvarende som for Vestfoldbanen er det for Sørlandsbanen utført lastflytberegninger med flere forskjellige forsterkningstiltak. Resultatene viser at det er behov for effekttilskudd fra nye omformerstasjoner. I utgangspunktet anbefales det å bygge nye statiske omformerstasjoner ved Neslandsvatn og Vatnestraum med en installert ytelse på henholdsvis 2x14 og 2x6 MVA. I tillegg er det forutsatt å bygge ny transformatorstasjon ved Tyri og fornye Skollenborg transformatorstasjon. For å gi en større sikkerhet i banestrømforsyningen er det også anbefalt å iverksette spenningshevede tiltak på strekningen mellom Nelaug og Neslandsvatn (tiltak J).

Nordagutu og Nelaug omformerstasjoner må på sikt minimum bestykkes med 2x7 MVA roterende omformeraggregater eller tilsvarende.

Anbefalt løsning gir en **N/K-verdi lik 1,2**.

Planutredning for banestrømforsyningen, Asker - Kristiansand

Ut fra en total løsning for både Vestfold - og Sørlandsbanen anbefales en trinnvis utbygging, med følgende prioriteringer:

- 1 Ny omformerstasjon ved Skoppum innen år 2000
- 2 Ny omformerstasjon i området Neslandsvatn. innen år 2002
- 3 Ny transformatorstasjon ved Tyri. innen år 2006
- 4 Ny omformerstasjon ved Vatnestraum tidligst mulig etter 2007
- 5 Spenningshevende tiltak mellom Neslandsvatn og Nelaug. innen år 2008

En løsning med ny statisk omformerstasjon på 2x14 MVA ved Skoppum er kostnadsberegnet til ca 107 MNOK. Anbefalt løsning for strekningen fra Asker til Kristiansand over Kongsberg er kostnadsberegnet til ca. 236 MNOK inkludert vedlikeholdsutgifter.

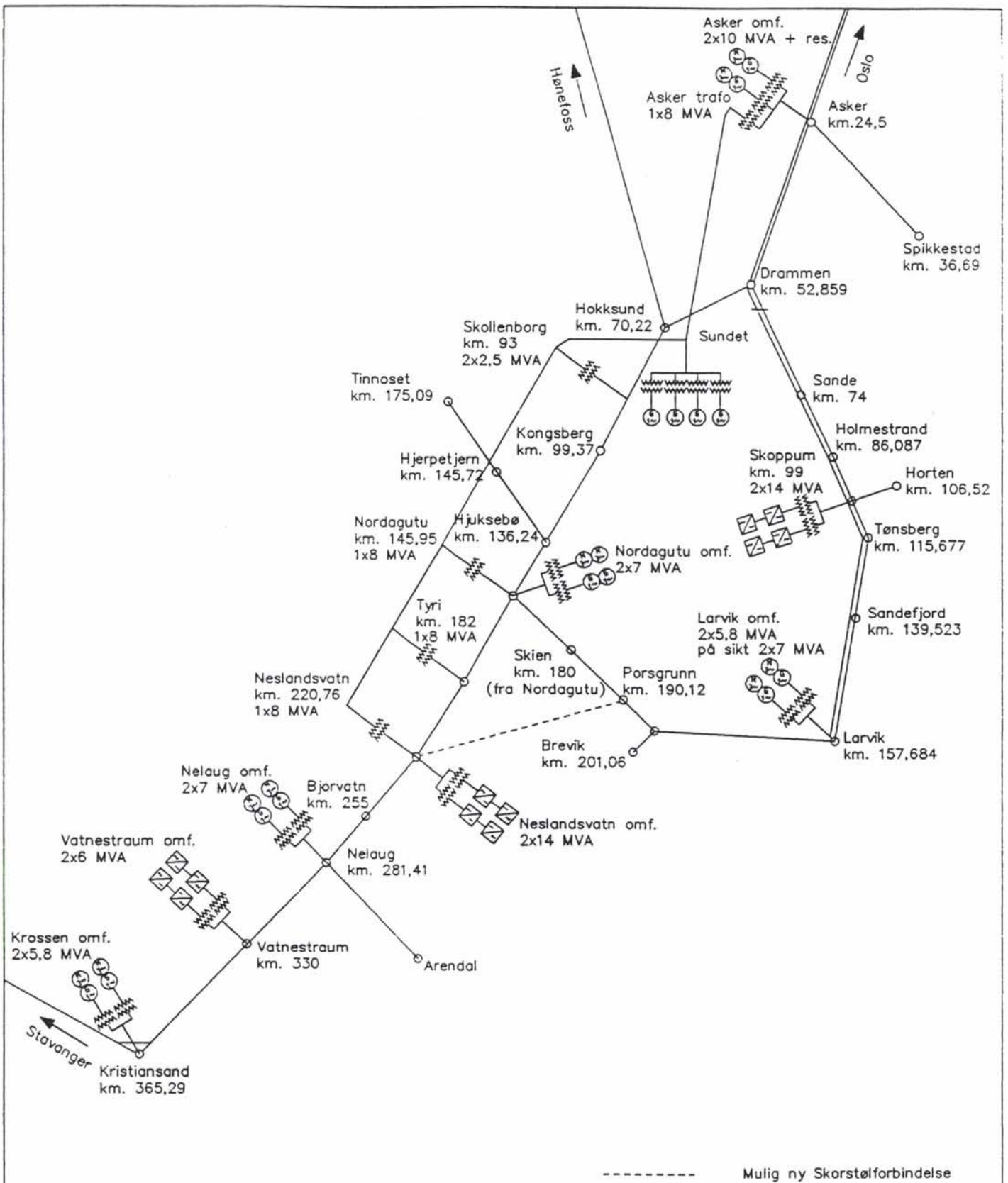
Når Skoppum omformerstasjon er satt i drift kan Sande transformatorstasjon fjernes.

Eksisterende transformatorstasjon ved Skollenborg må fornyes.

For å møte foreliggende planer for krengetogskjøring, økt godstrafikk og bruk av nytt materiell, er det viktig at tiltak i området rundt Neslandsvatn blir vurdert og iverksatt raskt. Dette området er allerede i dag et svakt punkt mhp. banestrømforsyning, og plasseringen av et nytt matepunkt i dette området må vurderes i sammenheng med hvor Skorstølparsellen tilknyttes Sørlandsbanen. Neslandsvatn vil ikke være optimal plassering for et nytt matepunkt, dersom Skorstølparsellen tilknyttes et annet sted enn Neslandsvatn. Det kan derfor være aktuelt med midlertidige løsninger, inntil parsellen ferdigstilles i perioden 2007 til 2010.

I påvente av en ny omformerstasjon ved Vatnestraum er det også mulig å installere 1-2 stk. kondensatorbatterier mellom Krossen og Nelaug omformerstasjoner. Dette gir en spenningsøkning på gjeldende strekning. Det forutsettes at disse kondensatorbatteriene fjernes ved installasjon av ny omformerstasjon i Vatnestraum. Kostnadene for å installere 1-2 stk. midlertidige kondensatorbatterier mellom Krossen og Nelaug omformerstasjoner, er ikke tatt med i kostnadene for den anbefalte løsningen på Sørlandsbanen.

Det må her påpekes usikkerheten ved bruk av kondensatorbatterier, i sammenheng med et nett som forsynes av roterende omformerstasjoner. Det bør i et videre arbeid undersøkes mest hensiktsmessig størrelse og antall kondensatorbatterier på de aktuelle strekningene. Et alternativt tiltak for spenningsheving mellom hhv Krossen - Nelaug og Nelaug - Neslandsvatn, kan være bruk av forsterkningsledning.



Figur 1: Fremtidig banestrømforsyning, Asker - Kristiansand

Innhold

FORORD	1
SAMMENDRAG	2
1 PROBLEMSTILLINGER OG MÅL	7
1.1 PROBLEMSTILLINGER	7
1.2 MÅL	7
FUNKSJONSKRAV	8
2.1 TEKNISK KVALITET.....	8
3 DAGENS STRØMFORSYNINGSANLEGG	9
3.1 OMFORMERSTASJONER	9
3.2 HAKAVIK KRAFTSTASJON	11
3.3 FJERNLEDNING	11
3.4 TRANSFORMATORSTASJONER I FORBINDELSE MED FJERNLEDNING.....	12
3.5 KONTAKTLEDNINGSANLEGG	12
3.6 FJERNKONTROLLANLEGG	13
3.7 OVERLIGGENDE TREFASENETT	14
4 FORSTERKNINGSTILTAK	16
4.1 AKTUELLE NYE OMFORMERSTASJONER.....	16
4.2 MULIGE TILTAK.....	17
4.2.1 Konsekvenser ved endring av forutsetningene.....	17
4.2.2 De forskjellige tiltakene som er vurdert og behandlet	18
4.3 LASTSITUASJONER.....	28
4.3.1 Lastsituasjoner for Vestfoldbanen.....	28
4.3.2 Lastsituasjoner for Sørlandsbanen	28
4.4 RESULTATER FRA LASTFLYTBREGNINGENE.....	28
4.4.1. Vestfoldbanen.....	28
4.4.2. Sørlandsbanen	29
4.5 FORSKJELLIGE FORSYNINGSMÅTER.....	30
4.5.1 Beskrivelse/forutsetninger.....	30
4.6 FJERNKONTROLL.....	32
4.7 ENERGIKOSTNADER.....	33

4.7.1 Vestfoldbanen.....	33
4.7.2 Sørlandsbanen	35
4.8 OPPSUMMERING INVESTERINGS- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER	37
4.9 OPPSUMMERING AV DRIFTSKOSTNADER.....	39
5 LØNNSOMHETSVURDERING	41
5.1 GENERELT	41
5.2 VESTFOLDBANEN	43
5.3 SØRLANDSBANEN	43
5.4 RESULTAT.....	43
6 ANBEFALING	45
7 KONSEKVENSANALYSE.....	47
8 VIDERE ARBEID.....	48
LITTERATURLISTE.....	49
VEDLEGG	50

1 PROBLEMSTILLINGER OG MÅL

1.1 PROBLEMSTILLINGER

I forbindelse med utbygging av infrastrukturen på Vestfoldbanen er det forventet en betydelig trafikkøkning. En fremtidig ruteplan bygger på høyere hastighet og nytt, kraftigere materiell. Med dagens banestrømforsyning vil det ikke være mulig å realisere den planlagte trafikkøkningen. I denne utredningen er det sett på flere forskjellige tiltak for å forsterke banestrømforsyningen på Vestfoldbanen slik at krav til punktlighet og sikkerhet overholdes.

Også på Sørlandsbanen er det planlagt en fremtidig trafikkøkning med blant annet krengetogsmateriell. Allerede i dag er det for stor avstand mellom enkelte matepunkter langs Sørlandsbanen. Lastflytanalyser skal avdekke et eventuelt behov for forsterkning av banestrømforsyningen.

Dagens strømforsyningsanlegg er såpass gamle at det kreves reinvesteringer på flere områder, bl.a. transformatorstasjoner og høyspentlinjer. Omformerstasjoner og andre strømforsyningsanlegg har heller ikke en standard som gir den leveringssikkerheten og regulariteten som driften av både Vestfoldbanen og Sørlandsbanen krever.

1.2 MÅL

Målet med utredningen er å vurdere ulike forsterkningstiltak i banestrømforsyningen som følge av en fremtidig trafikkøkning. De forskjellige tiltakene skal kostnadsberegnes og det skal gjennomføres en teknisk/økonomisk vurdering for å avdekke både fordeler og ulemper med tiltakene. Ut ifra en teknisk/økonomisk vurdering skal det anbefales et forsterknings-tiltak for både Vestfoldbanen og strekningen Asker - Kristiansand over Kongsberg. Analyseperioden for denne planutredningen er frem til ca. år 2015.

I tillegg tar planutredningen sikte på å belyse aktuelle problemstillinger, som bør vurderes ved en senere anledning.

FUNKSJONSKRAV

2.1 TEKNISK KVALITET

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

- Spenningen på strømvtagere må ikke underskride en gitt verdi. I henhold til IEC publikasjon nr. 850 er nedre grense på 12.0 kV. Ved prosjektering av nye anlegg bør en legge seg på en høyere grense. Denne grensen er av Jernbaneverket satt til 13.5 kV.
- Valget av 13.5 kV som dimensjonerende spenning i prosjektering begrunnes med at en bør ha en viss reserve ved prosjektering av anlegg for fremtidens trafikkøkning.
- Jernbaneverket Direktorat Myndighet Teknisk kontor, har anbefalt 75% overkapasitet i hver enkelt omformerstasjon (m.h.p. den høyeste gjennomsnittlige belastningen i omformerstasjonen i løpet av en time). Dette rådet er det tatt høyde for i planen.
- Redundansen i systemet sikres ved at omformerstasjonene bestykses med minst to omformerenheter. Ved utfall av flere enheter skal tilleggende omformerstasjoner ta over lasten til feilende enhet. Dette fører til en maksimumsavstand mellom matestasjoner på ca. 60 km.

3 DAGENS STRØMFORSYNINGSANLEGG

Dagens banestrømforsyning består av omformerstasjoner og en høyspent fjernledning fra Hakavik kraftstasjon til ulike trafostasjoner. Etterfølgende kapitler beskriver hvert delanlegg. Figur 3.1, side 10 viser eksisterende banestrømforsyning på Vestfold- og Sørlandsbanen.

3.1 OMFORMERSTASJONER

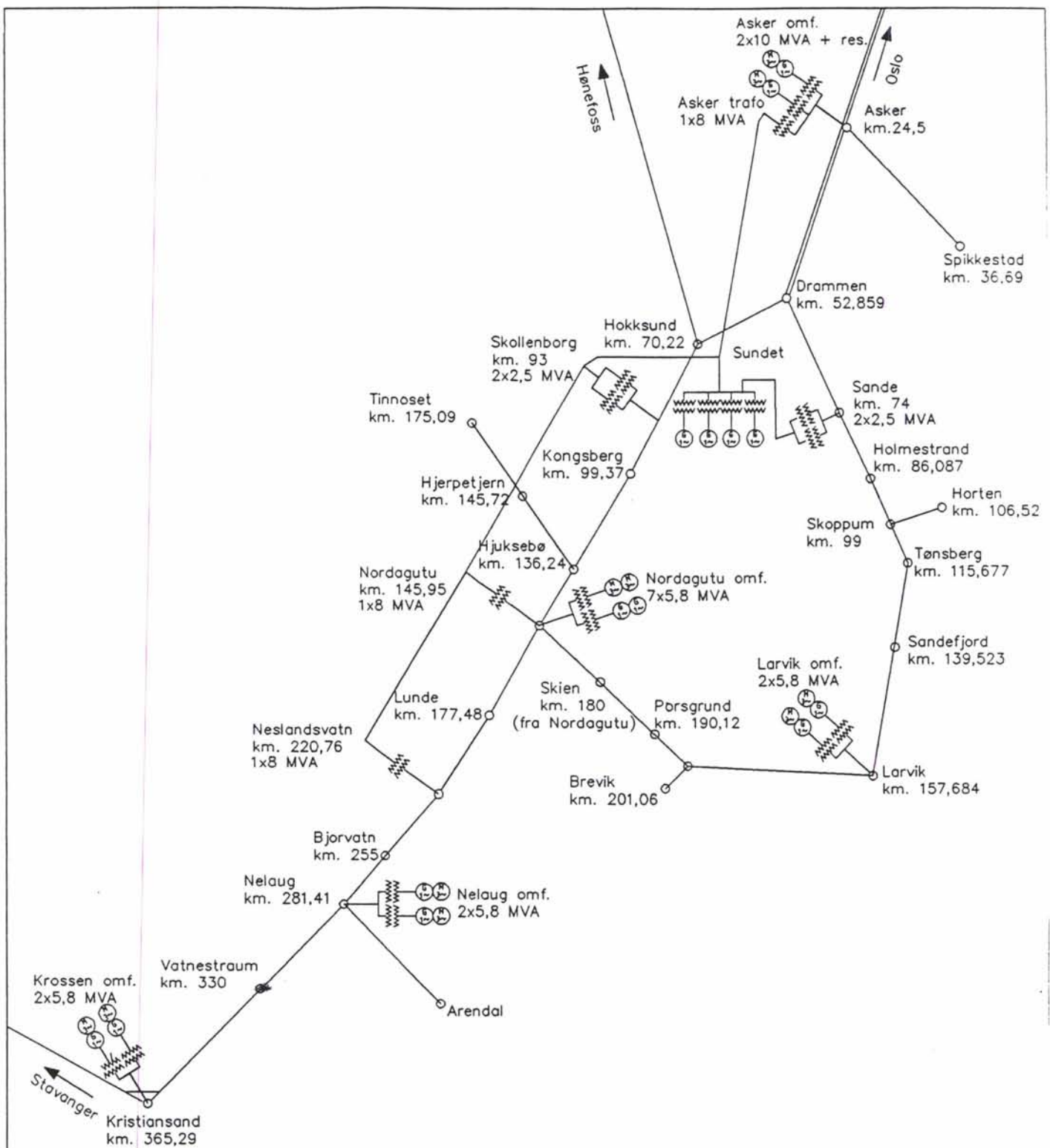
På den gjeldende banestrekningen mellom Asker og Kristiansand er det følgende omformerstasjoner i dag:

	Byggeår	Installert ytelse pr. i dag.
Asker omformerstasjon	1965	2x10MVA + reserveaggregat
Nordagutu omformerstasjon	1954	7MVA + 5,8MVA
Larvik omformerstasjon	1957	2x5,8MVA
Nelaug omformerstasjon	1951	2x5,8MVA
Krossen omformerstasjon	1950	2x5,8MVA

I tillegg er lastflyten i området til en viss grad påvirket av Sira omformerstasjon, Hønefoss omformerstasjon og Alnabru omformerstasjon.

De mest vesentlige feilkilder er prøvebrytere, prøvemotstander og distansevern. Dette er imidlertid ikke kritisk så lenge anleggene har reservebryter.

I forbindelse med ny trasé gjennom Larvik er et aktuelt utbyggingstiltak å bygge sporet tvers igjennom Larvik omformerstasjon. Dette innebærer at Larvik omformerstasjon vil måtte flyttes. Trefasetransformatoren i Larvik omformerstasjon er i dårlig forfatning. Her har imidlertid Vestfold Kraft forpliktet seg til å stille med reservetrafo.



Figur 3.1: Dagens banestrømforsyning, Asker - Kristiansand

3.2 HAKAVIK KRAFTSTASJON

Hakavik kraftverk er den vesentligste kraftleverandøren til fjernledningen. Hakavik kraftverk har installert 4 aggregater hver med en elektrisk effekt på 2,7 MVA, og produserer 16 2/3 Hz utelukkende for Jernbaneverket. Etter modernisering av 55 kV anlegget blir det i praksis bare kjørt med enten ett eller to aggregater samtidig. Årsaken til omleggingen er delvis pga. at det ikke er tilstrekkelig rørgate/vannmengde for å benytte flere.

Jernbaneverket's avtale med Statkraft om drift av Hakavik kraftverk går fram til og med år 2005.

Ifølge utkastet til denne avtalen synes denne å være meget gunstig og bør absolutt forlenges.

Dersom videre kostnader utover år 2005 ikke er høyere enn de stipulerte

11 MNOK for utskifting av rørgate bør dette tiltaket iverksettes. Dette resulterer i en kWh-pris (ca. 20 øre/kWh) som er langt lavere enn frekvensomformet effekt (ca. 35 øre/kWh, se vedlegg 4.3.2)

3.3 FJERNLEDNING

Fjernledningen overfører kraft fra fortrinnsvis Hakavik kraftstasjon, Nordagutu og Asker omformerstasjoner til matepunkter både på Vestfold- og Sørlandsbanen. Fjernledningen er bygget som et 55kV anlegg for en frekvens lik 16 2/3 Hz.

Fjernledningen er delt inn i flere parseller:

Hakavik - Sande	Betongmaster
Asker - Sundet	Stålmaster
Sundet - Skollenborg	Tre- og Stålmaster
Skollenborg - Nordagutu	Betongmaster langs traseen
Nordagutu - Neslandsvatn	Betongmaster langs traseen

Overføringsnettets består i tillegg av Sundet koblingsstasjon og parsellen Hakavik - Sundet. Sundet koblingsstasjon knytter sammen linjene fra Asker, Skollenborg og Hakavik. Statkraft eier 55 kV linjene fra Hakavik til Asker, mens Statnett står for drift og vedlikehold av denne linjen.

Under en befaring av fjernledningen fra Nordagutu til Neslandsvatn ble det registrert til dels store betongskader på en del av mastene. Karakteristisk for betongskadene var rustsprengt overdekning hvor denne var for liten og med blottlagt armering som resultat. Mastene med størst skader (ca. 40 stk.) ble i 1991-92 utbedret.

Ut ifra en tilstandsvurdering utført av Berdal Strømme anslås både betong- og stålkonstruksjoner å ha en restlevetid på 30 - 40 år. Det gjøres oppmerksom på at befaringen

var av stikkprøvekarakter og vil således ikke være god nok for entydig bedømmelse av kraftlinjens totale tekniske tilstand. [1]

3.4 TRANSFORMATORSTASJONER I FORBINDELSE MED FJERNLEDNING.

På den gjeldende banestrekningen er det følgende transformatorstasjoner mellom 55 kV fjernledning og 16.5 kV kontaktledning:

Asker trafo	(1x8MVA)	Byggeår for trafoen	1965
Skollenborg trafo	(2x2,5MVA)	Byggeår for trafoen	1957
Sande trafo	(2x2,5MVA)	Byggeår for trafoen	1957
Nordagutu trafo	(1x8MVA)	Byggeår for trafoen	1985
Neslandsvatn trafo	(1x8MVA)	Byggeår for trafoen	1985

Tilstanden til Skollenborg trafostasjon er slik at den bør skiftes ut i sin helhet, inkludert trafo og koblingsanlegg. Spesielt 55 kV koblingsanlegget er i dårlig forfatning.

Tilstanden til Sande trafostasjon er generelt dårlig. Transformatorstasjonen må i tillegg utstyres med flere (5) linjeavganger fordi den skal mate ut mot et dobbeltspor. Dersom Sande trafostasjon skal beholdes foreslås en utskifting av transformatorstasjonen, inkludert trafo og koblingsanlegg.

Nordagutu trafo er montert i tilknytning til Nordagutu omformer og er i god teknisk stand.

Neslandsvatn trafostasjon er av spesiell utførelse med elektronisk trinnkobler. Trafostasjonen er forholdsvis ny og i god teknisk stand.

3.5 KONTAKTLEDNINGSANLEGG

Kontaktledningsanlegget på den aktuelle strekningen er av varierende kvalitet. På strekningen mellom Drammen og Lunde er det relativt nytt kontaktledningsanlegg med stålmaster. Anlegget er bygget uten returledning.

På strekningen Lunde-Kristiansand er kontaktledningsanlegget bygget i ca. 1950 og bør reinvesteres så snart økonomien tillater det.

På Vestfoldbanen er kontaktledningsanlegget bygget på slutten av 50-tallet. Med unntak av 3 km nytt anlegg ved Porsgrunn og Skoger-parsellen (ca. 5.0 km) er anlegget klar for utskifting på hele strekningen. Fullt utbygd Vestfoldbane inkluderer nytt kontaktledningsanlegg på hele strekningen.

3.6 FJERNKONTROLLANLEGG

Fjernkontrollanlegget for styring av omformerstasjoner og kontaktledningsbrytere er lokalisert i Asker for størstedelen av strekningen. Hovedplan for ny elkraftsentral i Baneregion Sør foreligger.[8]

Asker elkraftsentral styrer strekningen fra Drammen til Nelaug.

Asker elkraftsentral har en umoderne løsning, men er i god teknisk stand.

Asker elkraftsentral er utstyrt med understasjoner for matestasjoner i:

- Sande
- Skollenborg
- Nordagutu
- Neslandsvatn
- Larvik

Det er forøvrig 62 subunderstasjoner (drabanter) for kontaktledningsbrytere på strekningen som styres fra Asker. De fleste av disse styrer 2 kontaktledningsbrytere.

Kristiansand elkraftsentral styrer strekningen fra og med Nelaug omformerstasjon og videre vestover. Ny elkraftsentral bygges i perioden 1996-97.

Kristiansand elkraftsentral er utstyrt med understasjoner for matestasjoner i:

- Nelaug
- Sira
- Gaddal

Krossen styres direkte fra omformereren.

Understasjonene for styring av omformerstasjonene er av meget gammel årgang og gir en manglende oversikt over strømforsyningen.

Understasjonene på Sira og Nelaug for styring av kontaktledningsbrytere er av noe nyere årgang og er av samme standard som understasjonene tilhørende Asker elkraftsentral.

3.7 OVERLIGGENDE TREFASENETT

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

For hver omformerstasjon har man normalt innføring til omformerstasjonen på spenninger i størrelsesorden 50-60 kV og 50 Hz.

Kortslutningsytelser i tilknytningspunktet mellom omformerstasjonene og det bakenforliggende nettet:

Krossen	Min ca. 350 MVA	Normal ca. 1100 MVA
Nelaug	Min ca. 400 MVA	Normal ca. 750 MVA
Nordagutu	Min ca. 250 MVA	Normal ca. 600 MVA
Larvik	Min ca. 130 MVA	Normal ca. 400 MVA
Asker	Min ca. 160 MVA	Normal ca. 500 MVA

Det vil her bli gjenngitt spesielle forutsetninger for enkelte av omformerstasjonene som er lagt til grunn i lastflytberegningene.

Krossen omformerstasjon

For å se på muligheten for kondensatorbatterier mellom omformerstasjonene Krossen og Nelaug er det lagt inn aktuelle små kraftstasjoner med dynamisk regulering i henhold til det eksisterende nettet. En undersøkelse av mulighet for effektpendlinger mellom kondensatorbatteriene og kraftverkene er ikke gjort i denne planen. En årsak til at dette ikke er gjort er at effektpendlinger i sammenheng med bruk av kondensatorbatterier trolig har andre årsaker. En totalvurdering av sammenhengen bør gjennomføres ved en senere anledning.

Nelaug omformerstasjon

Den eksisterende forsyningen til Nelaug omformerstasjon vil bli lagt om fra 1997-1998. I henhold til de planer Aust Agder Kraft har skal forsyningslinjene være lagt om til forsyning via en transformatorstasjon (300/132) i Arendal før 1999. Denne transformatorstasjonen vil være tilkoblet Statnett's 300 kV linje og således vil nettet rundt Nelaug bli langt stivere enn med dagens drift. Utgangspunktet for planutredningen er da også i henhold til den nye forsyningssituasjonen. Antar videre at det i tillegg vil bygges en 132/66 kV transformator slik at spenningstransformatoren på 66/6.3 kV i Jernbaneverket's driftstilknytning fortsatt kan brukes.

Larvik omformerstasjon

Forsyningen til denne omformerstasjonen er litt spesiell siden man fra stamnettet har en forsyningslinje ned til Undersbo transformatorstasjon på 132 kV. Der transformeres spenningen ned til 11 kV og forsyner Jernbaneverket's omformerstasjon via en transformator på 11/66 kV transformator. Spenningen inn på omformerer er altså 66 kV mens forsyningen egentlig bare er på 11 kV. Dette er også grunnen til at kortslutningsytelsen er lav ved denne omformerstasjonen.

Asker omformerstasjon

Asker omformerstasjon forsynes fra Borgen transformatorstasjon via en 22 kV forbindelse. Denne omformerstasjonen har også normalt en lav kortslutningsytelse. Grunnen er igjen at omformerstasjonen har en forsyningslinje med forholdsvis lav spenning; 22 kV.

4 FORSTERKNINGSTILTAK

Det er utført lastflytberegninger av de forskjellige tiltakene med dataprogrammet SIMPOW. I programmet er det lagt inn dynamiske modeller for transformatorstasjoner, statiske og roterende omformerstasjoner. Det er lagt inn flere forskjellige lastsituasjoner avhengig av hvilke forhold som er av interesse i banestrømforsyningen (spenningsforhold, belastning av omformerstasjoner etc.) En forklaring av programpakken SIMPOW med forutsetninger for lastflytberegninger er gitt i vedlegg 1.

4.1 AKTUELLE NYE OMFORMERSTASJONER

Bakgrunn for valg av plassering av omformerene, er primært at de tilstrebes å stå midt mellom nærmeste omformere. I tillegg er det av stor betydning hvor nærmeste tilknytning til forsyningslinje (132 kV) kan oppnås.

Det er vurdert bygging av omformerstasjoner på følgende steder:

Vatnestraum, Bjorvatn, Neslandsvatn, Tønsberg og Skoppum.

Planlagt forsyning til disse omformerstasjonene tar utgangspunkt i dagens stamnett og baserer seg i hovedsak på å finne nærmeste og mest aktuelle tilknytningspunkt.

I lastflytberegningene er følgende lagt til grunn:

	Forsyning til omformerstasjonen	Beregnet normal kortslutningsytelse
Vatnestraum	132 kV	350 MVA
Bjorvatn	132 kV	460 MVA
Neslandsvatn	132 kv	360 MVA
Tønsberg	132 kV	1600 MVA
Skoppum	132 kV	670 MVA

Spesielle forutsetninger lagt til grunn i lastflytberegningene:

Vatnestraum

Det må bygges en ca. 10 km lang trefase forsyningslinje fra Senumstad til en eventuell omformerstasjon ved Vatnestraum.

Bjorvatn

T-avgreining fra eksisterende 132 kV linje mellom Holt og Akland transformatorstasjoner. Forsyningslinja vil ha en lengde på ca. 10 km.

Neslandsvatn

Det må bygges en ca. 10 km lang forsyningslinje fra Drangedal transformatorstasjon.

Tønsberg

Her er det tre forskjellige mulige forsyningspunkter til en omformer ved Tønsberg.

- Tveiten trafostasjon (132 eller 66 kV),
- Barkåker trafostasjon (66 kV)
- Fadumsmyra trafostasjon (66 kV).

Velger en å tilknytte seg i Tveiten, må det bygges en ca 1 km lang forsyningslinje frem til omformerstasjonen. Dette er lagt til grunn i lastflytberegningene.

Velger en å tilknytte seg i Barkåker, må det tas i betraktning at Barkåker trafostasjon vil bli flyttet ca i år 2005 med en flytteradius på 2 km.

Velger en å tilknytte seg i Fadumsmyra, får man på kontaktledningen en lang elektrisk avstand fra denne omformerstasjonen til Sande trafostasjon. Denne løsningen er derfor mindre aktuell enn de to forutnevnte mulige tilknytningspunktene.

Skoppum

En omformerstasjon i Skoppum, får ca. 50-100 m forsyningslinje frem til et 132 kV tilknytningspunkt i Trolldalen transformatorstasjon.

4.2 MULIGE TILTAK

Det er stor usikkerhet med hensyn på utbygging av både traseer og fornyelser på Sørlandsbanen. Dette gir utslag i en rekke forskjellige konfigurasjoner for banestrømforsyningen mellom Asker og Kristiansand.

Punktvis kan man sette opp de endringene som vil ha størst betydning for strømforsyningen [2], [3].

4.2.1 Konsekvenser ved endring av forutsetningene

- Full modernisering av Vestfoldbanen. Dobbeltspor til Larvik og enkeltspor fra Larvik til Eidanger er forutsatt. En endelig plassering av parsellene er ikke bestemt. Her vil det oppstå problemer dersom ny trasè fra Tønsberg til Larvik vil medføre flytting av eksisterende omformerstasjon i Larvik. Foruten dette er det stor sannsynlighet for en betydelig økning av trafikken på Vestfoldbanen med den planlagte banetekniske moderniseringen og samkjøringen med Gardemobanen fra 1998.

- En ny forbindelse mellom Sørlandsbanen og Vestfoldbanen refereres her som "Skorstølparsellen". Denne vil ha stor konsekvens for fremtidig trafikk og med hensyn på kravet til forsterkning av strømforsyningen både for Vestfoldbanen og for Sørlandsbanen.

4.2.2 De forskjellige tiltakene som er vurdert og behandlet

Tiltak A t.o.m D er ulike forsterkningstiltak på Vestfoldbanen, mens tiltak E t.o.m J er ulike forsterkningstiltak på Sørlandsbanen. I tiltak I og J er det forutsatt at Skorstølparsellen bygges. Med unntak av tiltak A er Hakavik kraftstasjon tatt med i alle tiltakene. Hakavik kraftstasjon er mest betydningsfull for Sørlandsbanen på grunn av at det er flere matepunkter fra fjernledningen enn på Vestfoldbanen. De ulike tiltakene er vist i figur 4.1 - 4.7, (side 21-27).

Vestfoldbanen

- A. Ny omformer i Tønsberg.
Fornytt trafostasjon i Sande.
Hakavik legges ned i år 2005.
(se figur 4.1, side 21)
- B. Ny omformer i Skoppum
Fjernledning fra Hakavik til Sande og Sande trafo fjernes.
(se figur 4.2, side 22)
- C. Ny omformer i Tønsberg.
Fornytt trafostasjon i Sande.
(se figur 4.3, side 23)
- D. Fjernledning (Sande - Tønsberg) forlenget fra eksisterende 55 kV fjernledning i Sande.
Fornytt trafostasjon i Sande
Ny trafostasjon i Tønsberg.
(se figur 4.4, side 24)

Sørlandsbanen

- E. Fjernledning (Neslandsvatn - Vatnestraum) forlenget fra eksisterende 55 kV fjernledningen ved Neslandsvatn, med transformator i Vatnestraum, Nelaug, Bjorvatn og Tyri. Trafostasjon ved Skollenborg fornyes.
(se figur 4.1, side 21)

- F.** Omformerstasjon ved Vatnestraum, Bjorvatn, og med transformator i Tyri.
Trafostasjon ved Skollenborg fornyes.
(se figur 4.5, side 25)
- G.** Ny omformerstasjon ved Vatnestraum.
Fjernledning (Neslandsvatn - Nelaug) forlenget fra eksisterende 55 kV fjernledning ved Neslandsvatn, med transformator i Nelaug, Bjorvatn og Tyri.
Trafostasjon ved Skollenborg fornyes.
(se figur 4.6, side 26)
- H.** Fjernledning (Neslandsvatn - Nelaug) forlenget fra eksisterende 55 kV fjernledning ved Neslandsvatn, med transformator i Nelaug, Bjorvatn og Tyri.
Kondensatorbatterier mellom Krossen og Nelaug.
Trafostasjon ved Skollenborg fornyes.
(se figur 4.2, side 22)
- I.** Ny omformerstasjon ved Neslandsvatn.
Fjernledning (Neslandsvatn - Vatnestraum) forlenget fra eksisterende 55 kV fjernledning ved Neslandsvatn, med transformator i Vastraum, Nelaug, Bjorvatn og Tyri.
Trafostasjon ved Skollenborg fornyes.
(se figur 4.4, side 21)
- J** Ny omformerstasjon ved Neslandsvatn.
Ny omformerstasjon ved Vatnestraum.
Ny trafostasjon ved Tyri og Skollenborg trafostasjon fornyes.
Spenningshevende tiltak/kondensatorbatterier mellom Nelaug og Neslandsvatn.
(se figur 4.7, side 27)

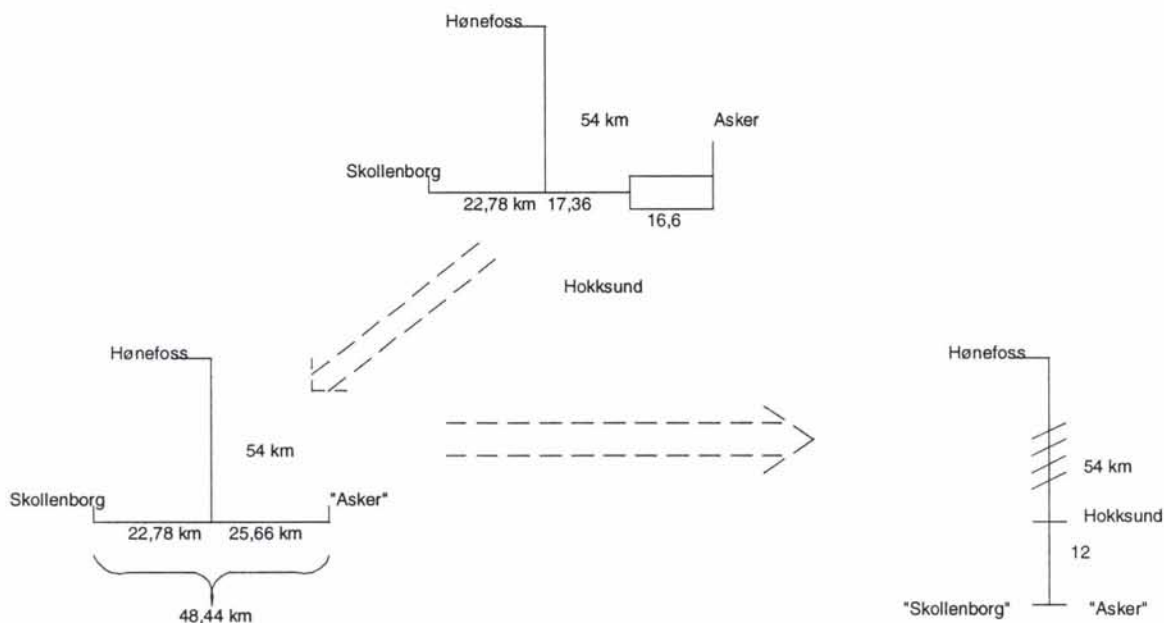
En ny parsell mellom Vestfoldbanen og Sørlandsbanen har to mulige traseer, med tilknytningspunkt ved Neslandsvatn eller Skorstøl. Avstand fra Larvik omformerstasjon til tilknytningspunkt på Sørlandsbanen blir hhv ca 5 eller 8 mil avhengig av trasèvalg.

I denne planutredningen er det tatt utgangspunkt i at Skorstølparsellen tilknyttes Sørlandsbanen ved Neslandsvatn. Dersom Skorstølparsellen tilknyttes Sørlandsbanen ved Skorstøl, vil det ikke være optimalt å plassere en ny omformerstasjon ved Neslandsvatn. En ny omformerstasjon bør da plasseres 20-30 km. inn på parsellen, sett fra Skorstøl. Med bakgrunn i usikkerheten vedrørende trasèvalg, bør det her muligens vurderes midlertidige tiltak, som f.eks flyttbare aggregat.

For Sørlandsbanen mellom Nordagutu og Asker er det ikke vurdert noen form for forsterkninger utover fornyelser av eksisterende matestasjoner. Mellom Nordagutu og Skollenborg er det idag en fysisk og elektrisk avstand på 52,95 km. Dette er normalt langt

mindre enn maksimum lengde mellom to matestasjoner. Skollenborg transformatorstasjon har ingen trinning etter hvert som spenningen på utgående linjer synker. Dette hadde vært en fordel med såpass lang avstand mellom matestasjonene Skollenborg og Nordagutu.

For strekningen Skollenborg - Asker er bildet noe mere komplisert. Figur 4.0 viser sammenhengen mellom avstandene Skollenborg - Asker og Hokksund - Hønefoss.



Figur 4.0 Fysiske og elektriske avstander for Hokksund området.

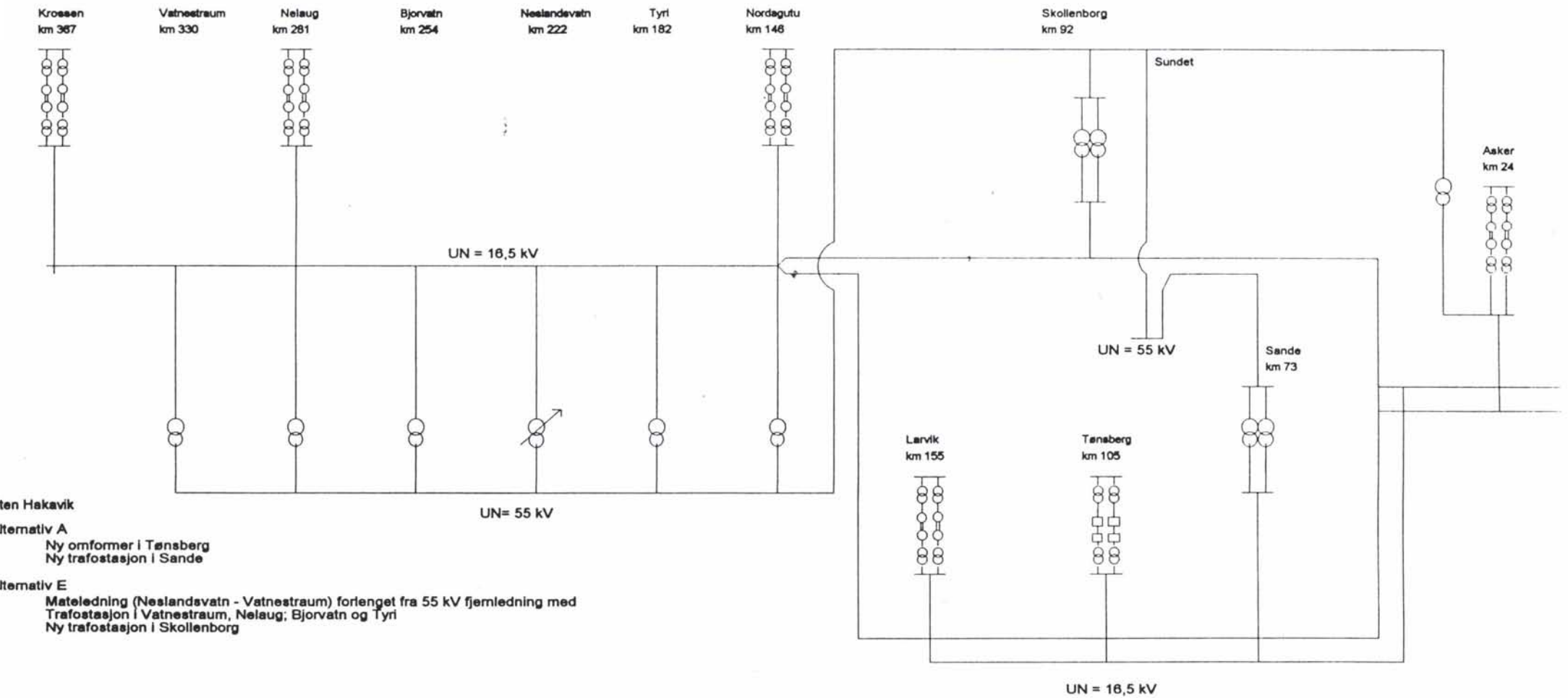
For Sørlandsbanens del rundt Hokksund ser man at total elektrisk avstand mellom Skollenborg og Asker kun er 48,44 km, mens fysisk avstand er 56,74 km.

For Bergensbanens del rundt Hokksund ser man at total avstand mellom Hønefoss og «Skollenborg-Asker» er på $(12+54)$ km = 66 km. Dette er i meste laget og særlig med tanke på at det vil trafikkere stadig kraftigere materiell på strekningen. Det skraverte området på den siste deltegningen indikerer hvor det er størst fare for lave kontaktledningspenninger.

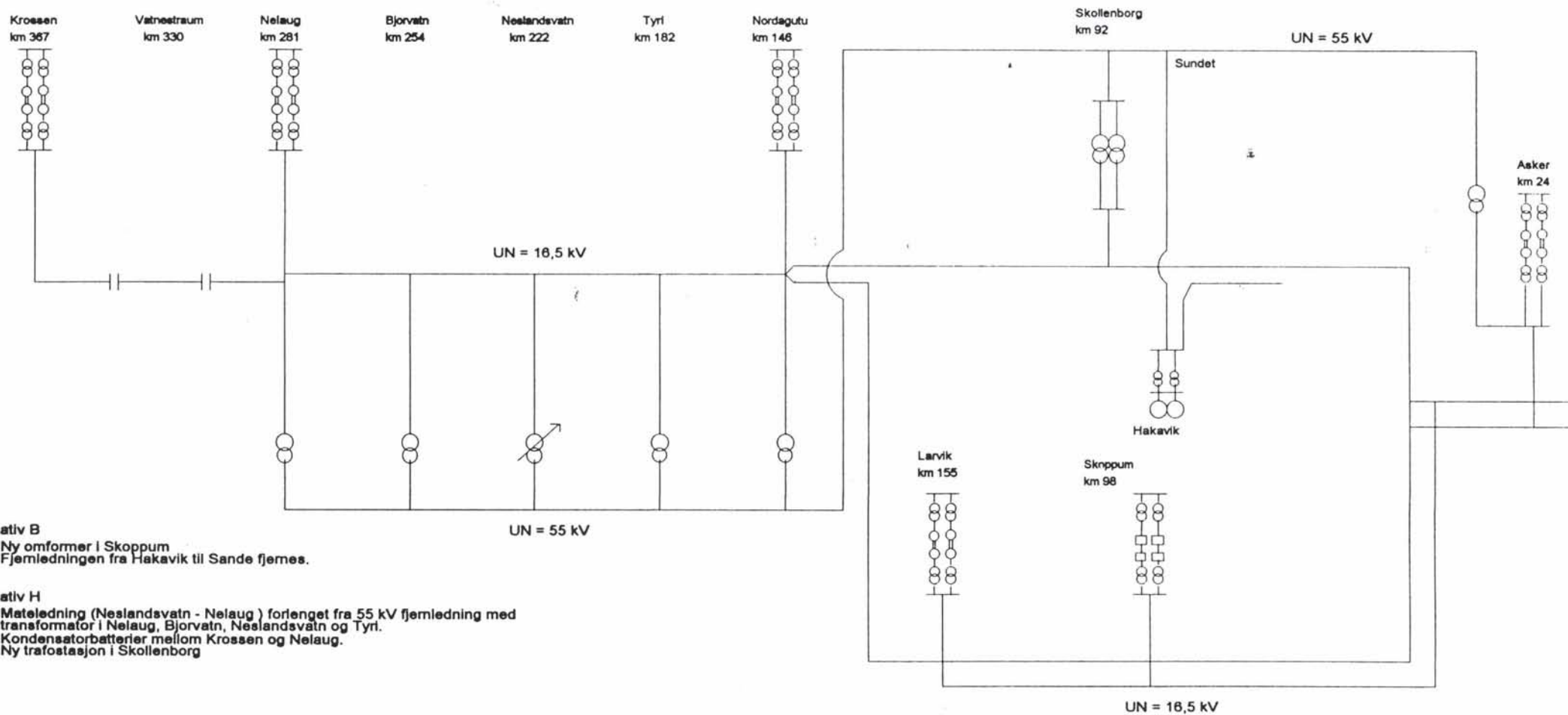
Elektrisk avstand mellom Nordagutu og Skollenborg = 52,95 km

Elektrisk avstand mellom Skollenborg og Asker = 48,44 km

For at spenningen på kontaktledningen ikke skal underskride minimumsverdien på noen av strekningen er det viktig at Skollenborg transformatorstasjon i størst mulig grad holder 16,5 kV på utgående linjer. Dette indikerer at det kan være nødvendig med en trintrafo lik den som idag står innstallert i Neslandsvatn.



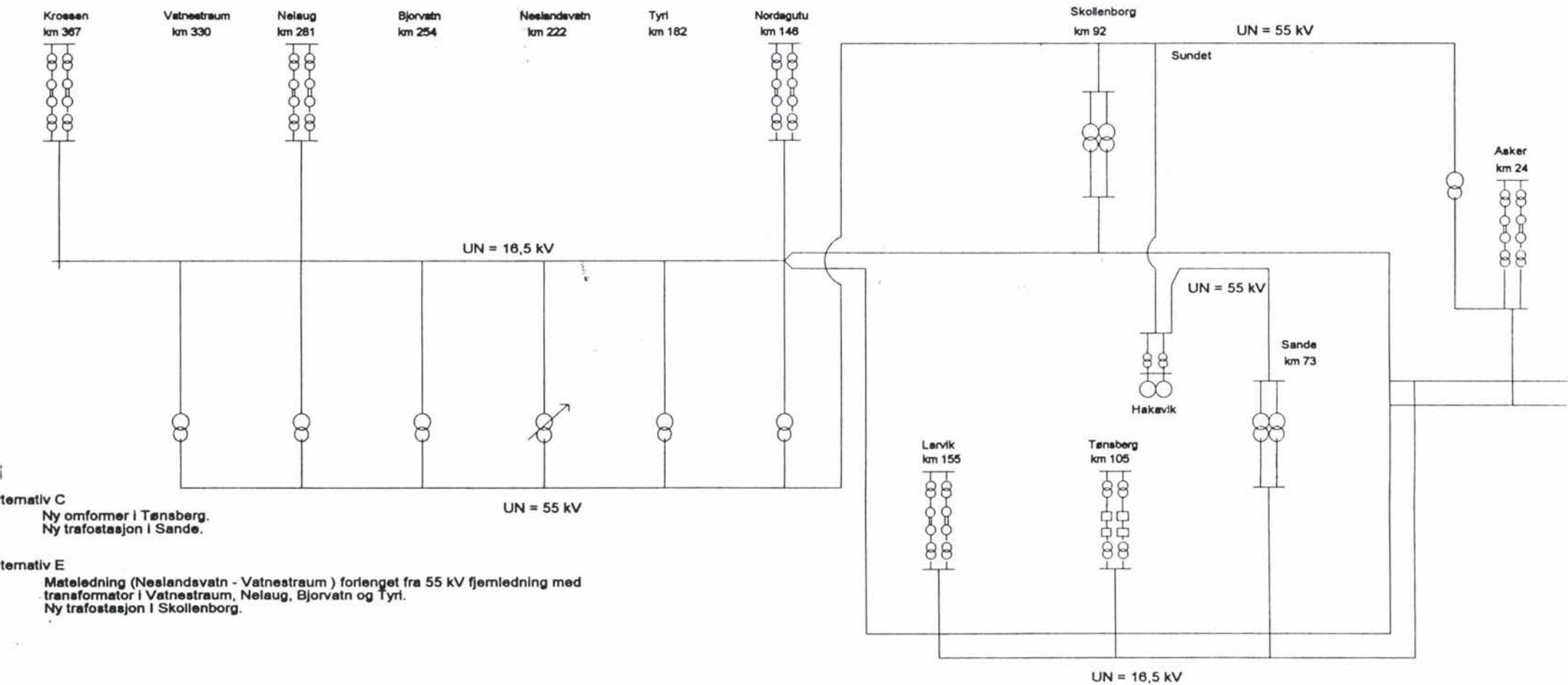
Figur 4.1



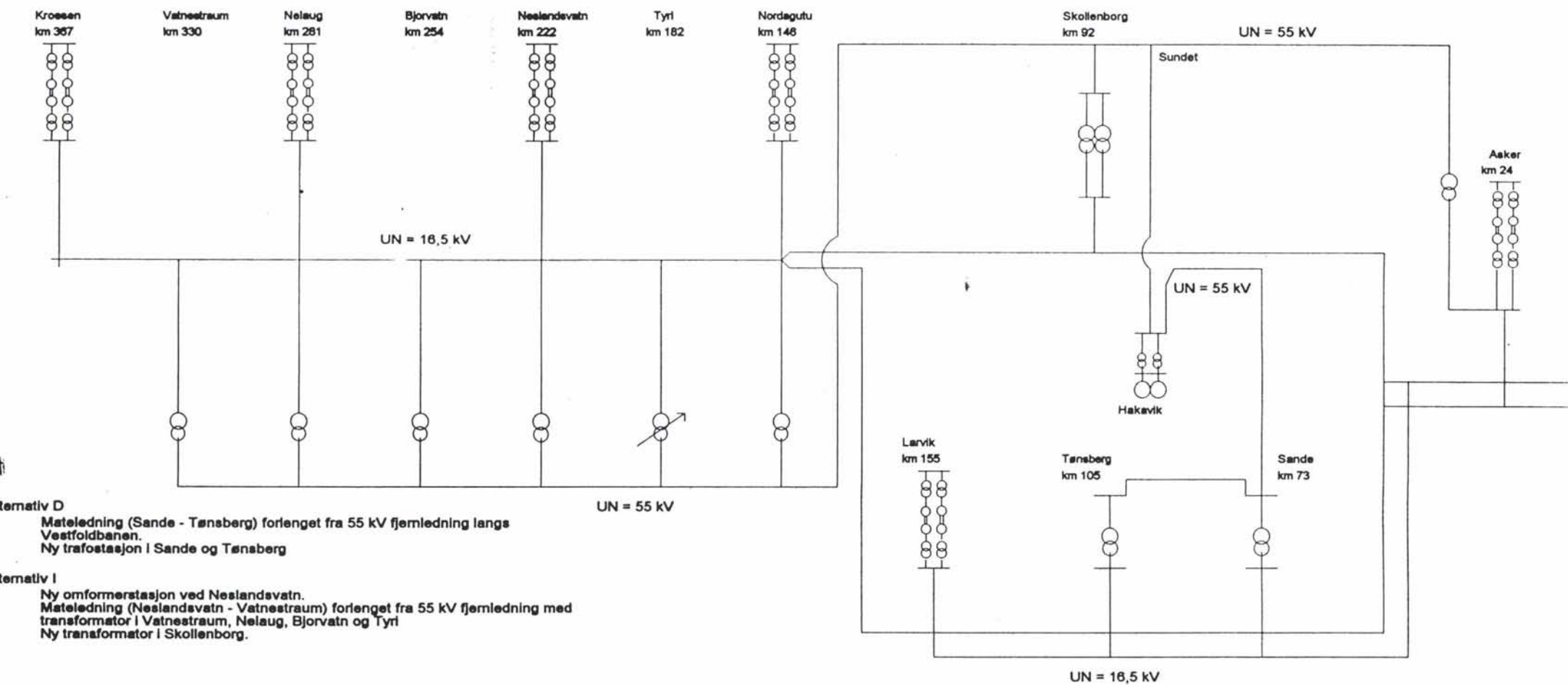
Alternativ B
 Ny omformer i Skoppum
 Fjernledningen fra Hakavik til Sande fjernes.

Alternativ H
 Mateledning (Neslandsvatn - Nelaug) forlenget fra 55 kV fjernledning med transformator i Nelaug, Bjorvatn, Neslandsvatn og Tyril.
 Kondensatorbatterier mellom Krossen og Nelaug.
 Ny trafostasjon i Skollenborg

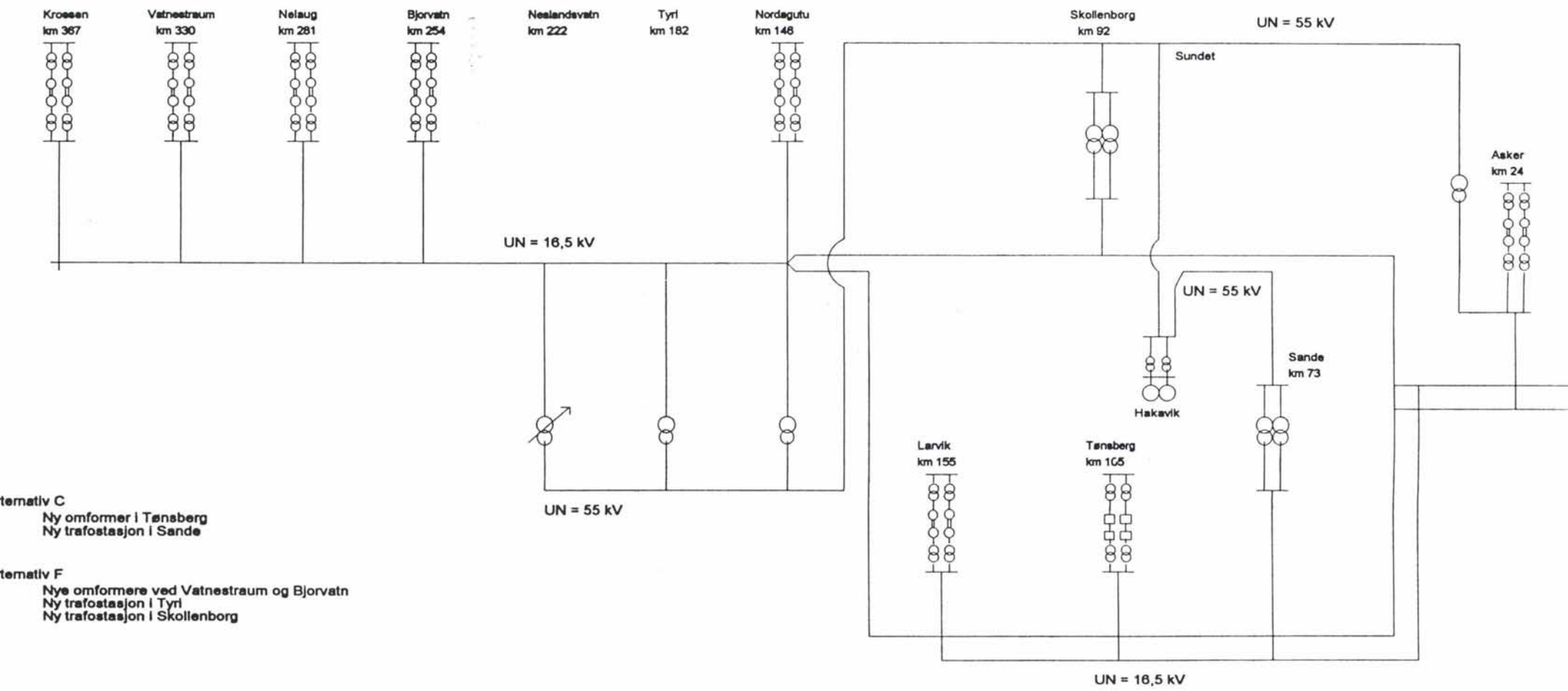
Figur 4.2



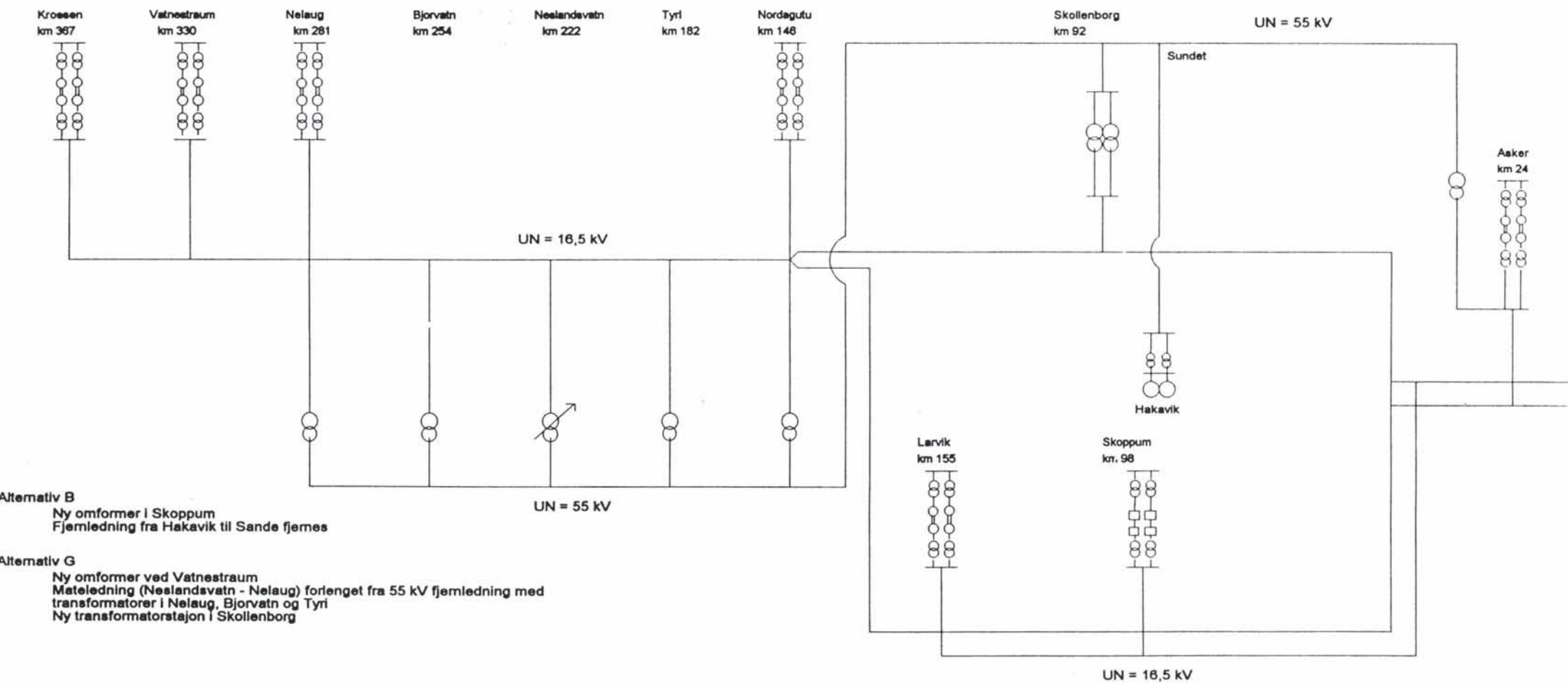
Figur 4.3



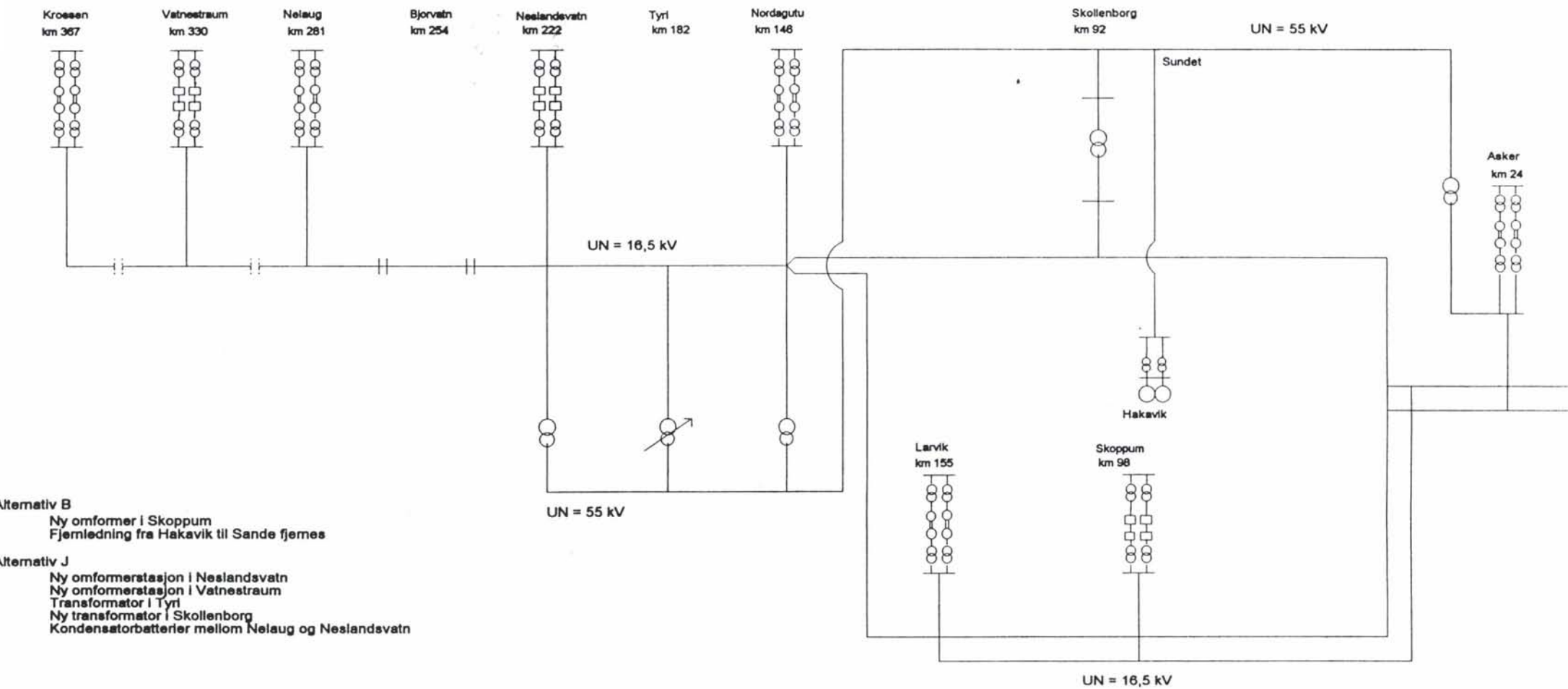
Figur 4.4



Figur 4.5



Figur 4.6



Figur 4.7

4.3 LASTSITUASJONER

Diagrammene i vedlegg 1.9 viser skjematisk de forskjellige lastsituasjonene.

For hvert tidspunkt er effektuttaket på hvert enkelt tog variert i forhold til hverandre, slik at det er mulig å se på belastning av omformerstasjonene og spenningsforhold ved ulike driftssituasjoner. Det er også utført beregninger der enkelte lokaltog er byttet ut med togtyper som krever mer effekt (eks. godstog) for å analysere hvilken innvirkning dette har på banestrømforsyningen (f. eks. ved en rute-endring eller dersom det kjøres godstog i rush-tiden).

4.3.1 Lastsituasjoner for Vestfoldbanen.

Utgangspunktet for lastsituasjonene er hentet fra "Modernisering av Vestfoldbanen" [2].

Ut fra ruteplanene vist i denne rapporten er det sett på flere forskjellige tidspunkt som alle gir en høy belastning av banestrømforsyningen på Vestfoldbanen. Ruteplanen som ligger til grunn for belastningen finnes i vedlegg 7.

4.3.2 Lastsituasjoner for Sørlandsbanen

Utgangspunktet for lastsituasjonene er hentet fra "Modernisering av Sørlandsbanen". [3]

Det er pr. idag ikke mulig å si hvor gods- og ekspressvog i fremtiden vil krysse. I beregningene er det derfor tatt utgangspunkt i at både gods- og ekspressvog skal ha mulighet til å krysse mellom alle matepunkter (inkl. nye matepunkter) uten at dette skaper spenningsproblemer på den aktuelle banestrekningen. Etter samme metode som for Vestfoldbanen er det sett på flere forskjellige kombinasjoner av effektuttaket fra hvert tog langs Sørlandsbanen.

4.4 RESULTATER FRA LASTFLYTBREGNINGENE.

Hovedkonklusjonene fra lastflytberegningene er gjengitt nedenfor. En detaljert gjennomgang av lastflytberegningene er gitt i vedlegg 3.

4.4.1. Vestfoldbanen

Lastflytberegningene viser med all tydelighet at det er behov for mer effekt på Vestfoldbanen. Årsaken er den planlagte trafikkøkningen som ligger til grunn for simuleringene. Forsterkningstiltaket med mateledning fra Sande til Tønsberg (tiltak D) er ikke så aktuelt utfra

en teknisk/økonomisk vurdering. I tillegg til å investere i ny fjernledning på kontaktledningsanlegget er det behov for å installere mer omformerkapasitet på strekningen.

Simuleringsresultatene fra tiltak B og C er så like at tiltak B med statisk omformerstasjon på Skoppum i kombinasjon med å legge ned Sande transformatorstasjon anbefales. Hovedårsaken til dette er den store kostnaden som Sande transformatorstasjon representerer. Simuleringene viser at tiltak B kun gir marginalt lavere leveringssikkerhet og spenning på Vestfoldbanen enn tiltak C. Generelt gjelder for begge disse tiltakene at leveringssikkerheten og spenningskvalitet vil være innenfor Jernbaneverket's krav til banestrømforsyningen.

Hakavik kraftstasjon har liten innvirkning på toppbelastningen i en eventuell omformerstasjon ved Tønsberg. Det anbefales allikevel å opprettholde Hakavik kraftstasjon på grunn av at kraftprisen er meget gunstig.

Anbefalt løsning er dermed forsterkningstiltak B (ny statisk omformer i Skoppum, Sande trafo legges ned). For denne løsningen forutsettes det at Larvik omformerstasjon på sikt bestykkes med 2x7 MVA eller tilsvarende.

4.4.2. Sørlandsbanen

Lastflytberegningene på Sørlandsbanen viser tilsvarende som for Vestfoldbanen. Uansett utbygging av ny fjernledning og transformatorstasjoner er det nødvendig å tilføre mer effekt på strekningen.

Med hensyn på kostnader i forhold til tilstrekkelig installert ytelse langs Sørlandsbanen, er de forskjellige tiltakene der det forsterkes med flere omformerstasjoner mest aktuelle.

Tiltak E, det vil si med ny fjernledning fra Neslandsvatn til Vatnestraum uten nye omformerstasjoner, gir ikke tilstrekkelig installert effekt. Dette fører til at eksisterende omformerstasjoner ved Nelaug og Nordagutu overbelastes kraftig. Installert ytelse i både Nelaug og Nordagutu må minimum økes til 2x10 MVA.

Tiltak G, med ny omformerstasjon ved Vatnestraum og fjernledning fra Neslandsvatn til Nelaug krever en høy installert effekt i Nordagutu omformerstasjon. Nordagutu vil mate effekt inn på Sørlandsbanen både via Skollenborg, Tyri, Neslandsvatn og Bjorvatn transformatorstasjoner. Dette krever en høy leveringssikkerhet i Nordagutu omformerstasjon. Nelaug omformerstasjon avlastes noe i forhold til tiltak E på grunn av Vatnestraum omformerstasjon, men Nelaug omformerstasjonen er fortsatt overbelastet. Med tiltak G som løsning kreves fortsatt en bestykkning i både Nordagutu og Nelaug på 2x10 MVA.

I tiltak H, med fjernledning fra Neslandsvatn til Nelaug og med kondensatorbatterier mellom Krossen og Nelaug, må både Krossen, Nelaug og Nordagutu omformerstasjoner øke installert

ytelse til minimum 2x10 MVA. De to sentrale omformerene blir her Nelaug og Nordagutu. Det stilles dermed store krav til sikkerhet for disse med denne løsningen. I tillegg til å øke installert ytelse på strekningen, viser simuleringene at spenningene generelt er for lave for deler av strekningen.

Tiltak I, med fjernledning frem til Vatnestraum og ny omformerstasjon ved Neslandsvatn overbelastes også Nelaug omformerstasjon. Denne løsningen øker ikke installert effekt på strekningen mellom Krossen og Neslandsvatn i stor nok grad. Nelaug omformerstasjon bør øke installert ytelse til 2x10 MVA. Nordagutu omformerstasjon bør minimum øke installert ytelse til 2x7 MVA eller tilsvarende.

Ut ifra et teknisk synspunkt anbefales tiltak J. Lastflytberegningene viser at det er behov for tilført effekt i Neslandsvatn. Med en ny parsell mellom Skien og Neslandsvatn (Skorstølparsellen) vil omformerstasjonen bli liggende i et sentral punkt på Sørlandsbanen med mating mot Vestfoldbanen. En ny omformerstasjon ved Neslandsvatn vil også mate inn på eksisterende fjernledning. En ny omformerstasjon ved Vatnestraum avlastet Krossen og Nelaug omformerstasjoner. Denne løsningen gir også større sikkerhet med tanke på utfall av aggregat i Nelaug eller Krossen omformerstasjoner. Installert ytelse i både Nelaug og Nordagutu må økes til 2x7 MVA eller tilsvarende.

Tiltak F er tilsvarende som for tiltak J, men den sentrale omformerstasjonen er trukket nedover fra Neslandsvatn til Bjorvatn. Dette gjør at omformereren på Bjorvatn ikke kommer i inngrep med Skorstølparsellen på en like god måte som dersom den blir plassert på Neslandsvatn.

4.5 FORSKJELLIGE FORSYNINGSMÅTER

Det er her lagt opp til 2 forskjellige forsyningsmåter. Den ene er å bygge ut nye matepunkter med omformerstasjoner. Den andre er å forlenge 55 kV fjernledningen langs henholdsvis Sørlands- og Vestfoldbanen.

I tillegg er det en mulighet med spenningsforbedrende tiltak på enkelte strekninger som forsterkningsledning eller kondensatorbatterier.

4.5.1 Beskrivelse/forutsetninger

Nye omformerstasjoner

Det er forutsatt bruk av statiske omformerstasjoner. Statisk omformerstasjon gir mindre vedlikehold, har bedre virkningsgrad og har større mulighet til å regulere effekt og spenning i forhold til roterende omformerstasjoner.

Med nye omformerstasjoner ved Vatnestraum, Bjorvatn eller Neslandsvatn er det nødvendig med en forholdsvis lang 3-fase forsyningslinje (i begge tilfeller ca. 10 km). Det bygges egen

utgående effektbryter for Jernbanelinjen fra nærmeste aktuelle transformatorstasjon eller knutepunkt. Det er ikke vurdert reservetilførsel. På grunn av dagens krav til tilgjengelighet består hver omformerstasjon av 2 separate omformerenheter. Både Vatnestraum, Bjorvatn og Neslandsvatn forutsettes bygd med 2 utgående linjefelt og ett reservefelt.

Med en ny omformerstasjon ved Tønsberg eller Skoppum er det kort avstand til 132 kV 3-fase forsyningslinjer. Det er forutsatt at nærmeste aktuelle transformatorstasjon utvides med et nytt 2-brytersystem i forbindelse med en ny linje for Jernbanelinjen. Det er ikke vurdert reservetilførsel. Tønsberg eventuelt Skoppum forutsettes bygd med 4 utgående linjefelt og ett reservefelt.

Utgående linjeutrustning er antatt av samme konsept som ved dagens omformerstasjoner. Dette medfører blant annet:

- Ett reservefelt
- Prøvemotstand og prøvebryter for hvert utgående linjefelt.

Statiske omformere gir mulighet til å fjernoverføre en stor mengde data til fjernkontrollanlegget. Dagens elkraftscentral i Asker har ikke mulighet for dette, mens en ny elkraftscentral i Kristiansand forutsettes å ha kapasitet til dette.

Transformatorstasjoner/Fjernledning

Det er forutsatt å bruke transformatorstasjoner på 1x8 MVA. Transformatorenheterene er ikke dubberte slik at konsekvensene ved feil på transformatorene vil være store.

Krafttransformatorer regnes normalt som meget driftsikre, og antall feil i transformatorene er neglisjerbare i forhold til andre feil i systemet.

Koblingsanlegg for 55 kV er antatt bygd som utendørsanlegg.

Ny dobbeltlinje på Vestfoldbanen forutsetter 4 utgående linjer pluss ett reservefelt ved en fornyelse av Sande trafostasjon og eventuelt ny trafostasjon ved Tønsberg. De resterende trafostasjonene på Sørlandsbanen forutsettes bygd med 2 utgående linjer og ett reservefelt.

Utgående linjeutrustning er antatt av samme konsept som ved dagens omformerstasjoner. Det medfører blant annet.:

- Et reservefelt
- Prøvemotstand og prøvebryter for hvert utgående linjefelt

Fjernkontrollen av fornyet trafostasjoner på Sande og Skollenborg inngår i den nye elkraftscentralen som Jernbanelinjen Region Sør har planlagt.

Utfra eksisterende fjernkontrollanlegg, kan man generelt hevde at der en ny trafostasjon ikke erstatter en eksisterende trafostasjon kreves enten:

- at trafostasjonen styres som separat enhet med egen terminal i elkraftsentralen.
- reinvestering av fjernkontrollanlegget

I kostnadsoverslaget for fjernledning fremført på kl- master er det utarbeidet eget kostnadsark med basis i høyere og kraftigere master S1 og S2. Kostnadsarket tar høyde for forsterkning av fundament, høyere mast, bardunering etc. som følge av fremføring av fjernledning på nye typer master. I tillegg til mastekostnadene kommer ekstra kostnader for liner, isolatorer, kabel m.m.

Nødvendige tiltak i KL-anlegget

Ved bygging av nye matepunkter (trafostasjoner/omformerstasjoner) er det nødvendig å gjøre en del tiltak i kontaktledningsanlegget.

- Det må bygges dødseksjoner foran hvert matepunkt, for å kunne forsyne kontaktledningen i begge retninger.
- Det må bygges dødseksjoner m/sonegrensebrytere midt mellom hvert matepunkt, for å kunne dele opp matestrekningene dersom en av omformerne faller ut eller det oppstår skjevlast i kontaktledningsanlegget.

Kondensatorbatteri

Som følge av ombygginger andre steder i Jernbaneverket er det forutsatt at det frigjøres kondensatorbatterier som kan flyttes og brukes på strekningen Asker - Kristiansand.

Kostnadene ved å flytte ett kondensatorbatteri er ca. 1 mill. kr. Dette inkluderer bygging av ny dødseksjon i kontaktledningsanlegget.

Kondensatorbatteriernes virkemåte er stor sett å betrakte som et spenningshevende tiltak. Batteriene representerer en negativ reaktans som kompenserer for den reaktive delen av spenningsfallet, og det er dermed begrensninger for hvor mye man kan/bør kompensere.

4.6 FJERNKONTROLL

Som det fremgår av hovedplanen for elkraftsentral i Jernbaneverket Region Sør [8] er det behov for ny elkraftsentral for strekningen mellom Nelaug og Asker for å få en enhetlig styring av elkraftanleggene. (Det forutsettes at fjernkontrollutrustningen i Kristiansand er byttet ut for noen av forsterkningstiltakene i denne planen realiseres).

For styring av omformer på Skoppum og Neslandsvatn er det naturlig utfra dagens inndeling at disse styres fra Asker eller den sentralen som på sikt må ta over for Asker.

Hovedplan for ny elkraftsentral i Drammen foreligger, men er forløpig ikke godkjent. I denne planutredningen (Planutredning for banestrømforsyningen, Asker og Kristiansand) er det ikke tatt med kostnader for ny elkraftsentral for strekningen mellom Nelaug og Asker.

4.7 ENERGIKOSTNADER

De forskjellige forsterkningstiltakene resulterer i forskjellige tapstall for systemet. Det er gjort studier av effektuttaket og tapskostnadene for de enkelte matestasjonene idag, og derav er det forutsatt en økning i energiuttaket på 60% i årene frem til år 2005.

Kraftprisen er som kjent varierende fra år til år og det kan dermed ikke sies noe sikkert om dette. I analysene er det benyttet en gjennomsnittlig kraftpris på 35 øre/kWh i analyseperioden og avvik i kraftprisen utfra dette vil gi tilsvarende avvik i analysene. Det er videre benyttet et gjennomsnittlig tapstall på 7% for statiske omformere og 12% for roterende omformere. Med gjennomsnittlige tapstall menes her at omformerstasjonen i snitt har en gitt belastning og tapene følger derav. Tallene er ekstrahert fra følgende tekniske data:

<i>Statisk omformer:</i>	<i>6 MVA</i>	<i>14 MVA</i>
Tomgangstap:	70 kW	140 kW
Belastningstap:	230 kW	550 kW
<i>Roterende omformer:</i>	<i>5,8 MVA</i>	<i>10 MVA</i>
Tomgangstap:	160 kW	260 kW
Belastningstap:	330 kW	680 kW

På grunnlag av dette er det regnet ut tapskostnader for de mest aktuelle forsterkningstiltakene. Beregningene har tatt utgangspunkt i tap i omformerstasjoner, på grunn av at det er disse tapene som vil utgjøre den største forskjellen mellom de forskjellige forsterkningstiltakene. Årsaken er at ved samme antall matepunkt gir ikke de forskjellige tiltakene vesentlige ulike overføringstap i kontaktledningsanlegget.

4.7.1 Vestfoldbanen

Forsterkningstiltak 0 er likt med dagens banestrømforsyning på Vestfoldbanen. I tiltak 0 er det sett på energiuttak i Larvik omformerstasjon og Sande trafostasjon. En del av energiuttaket fra Sande har sitt opphav i roterende omformerstasjoner, samt en transport av effekt over fjernledningen. Totalt for Vestfoldbanen er det derfor regnet ut et energiuttak i løpet av ett år fra roterende omformere lik 70 000 MWh. Det man i første rekke skal merke seg er forskjellen i tap for de ulike forsterkningstiltakene. Disse forskjellene er faktorer som gjør seg gjeldende i NK-verdi beregningene (se vedlegg 5).

Planutredning for banestrømforsyningen, Asker - Kristiansand

<i>Tiltak 0:</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Rot. omformere	70.000	8.400	2.940.000,-
Kontaktledning		7.808	2.733.000,-
Totalt	70.000	16.208	5.673.000,-

<i>Tiltak A:</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Sande(Trafo)	10.000	1.200	420.000,-
Tønsberg(Stat)	40.000	2.800	980.000,-
Larvik(Rot)	20.000	2.400	840.000,-
Kontaktledning		4.770	1.669.500,-
Totalt	70.000	11.170	3.909.500,-

<i>Tiltak B:</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Skoppum(Stat)	50.000	3.500	1.225.000,-
Larvik(Rot)	20.000	2.400	840.000,-
Kontaktledning		6.071	2.124.850,-
Totalt	70.000	11.971	4.189.850,-

<i>Tiltak C:</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Sande(Trafo)	10.000	1.200	420.000,-
Tønsberg(Stat)	40.000	2.800	980.000,-
Larvik(Rot)	20.000	2.400	840.000,-
Kontaktledning		4.770	1.669.500,-
Totalt	70.000	11.170	3.909.500,-

<i>Tiltak D:</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Sande(Trafo)	10.000	1.200	420.000,-
Tønsberg(Trafo)	30.000	3.600	1.260.000,-
Larvik(Rot)	30.000	3.600	1.260.000,-
Kontaktledning		4.770	1.669.500,-
Totalt	70.000	13.170	4.609.500,-

4.7.2 Sørlandsbanen

Forsterkningstiltak 0 er likt med dagens banestrømforsyning på Sørlandsbanen

I tiltak 0 er det sett på energiuttak i Nelaug, Nordagutu og Krossen omformere. Forskjellen mellom forsterkningstiltakene, ligger også på strekningene Krossen - Nelaug - Nordagutu. De tap som er oppgitt for Sørlandsbanen gjelder dermed bare en bit av Sørlandsbanen, men kan brukes direkte for NK-verdi beregninger for å skille de forskjellige forsterkningstiltakene.

<i>Tiltak 0:</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Rot. omformere	69.000	8.280	2.898.000,-
Kontaktledning		8.857	3.100.000,-
Totalt	69.000	17.137	5.998.000,-

<i>Tiltak E</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Neslandsvatn(Rot)	15.000	1.800	630.000,-
Vatnestraum(Rot)	5.000	0.600	210.000,-
Bjorvatn(Rot)	5.000	0.600	210.000,-
Tyri(Rot)	5.000	0.600	210.000,-
Nelaug(Rot)	10.000	1.200	420.000,-
Nordagutu(Rot)	15.000	1.800	630.000,-
Krossen(Rot)	14.000	1.680	588.000,-
Kontaktledning		4.818	1.686.300,-
Totalt	69.000	13.098	4.584.300,-

Tiltak F

Totalsum som for Tiltak E

Tiltak G

Totalsum som for Tiltak E

<i>Tiltak H</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Neslandsvatn(Rot)	15.000	1.800	630.000,-
Bjorvatn(Rot)	5.000	0.600	210.000,-
Tyri(Rot)	5.000	0.600	210.000,-
Nelaug(Rot)	15.000	1.800	630.000,-
Nordagutu(Rot)	15.000	1.800	630.000,-
Krossen(Rot)	19.000	2.280	798.000,-
Kontaktledning		6.538	2.288.300,-
Totalt	69.000	14.818	5.186.300,-

Planutredning for banestrømforsyningen, Asker - Kristiansand

<i>Tiltak I</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Neslandsvatn(Stat)	20.000	1.400	490.000,-
Vatnestraum(Rot)	10.000	1.200	420.000,-
Nelaug(Rot)	10.000	1.200	420.000,-
Nordagutu(Rot)	15.000	1.800	630.000,-
Krossen(Rot)	14.000	1.680	588.000,-
Kontaktledning		4.818	1.686.300,-
Totalt	69.000	7.280	4.234.300,-

<i>Tiltak J</i>	<i>Energiuttak(MWh)</i>	<i>Tap(MWh)</i>	<i>Tapskost(kr)</i>
Neslandsvatn(Stat)	20.000	1.400	490.000,-
Vatnestraum(Stat)	10.000	0.700	245.000,-
Nelaug(Rot)	10.000	1.200	420.000,-
Nordagutu(Rot)	15.000	1.800	630.000,-
Krossen(Rot)	14.000	1.680	588.000,-
Kontaktledning		5.730	2.005.500,-
Totalt	69.000	12.510	4.378.000,-

4.8 OPPSUMMERING INVESTERINGS- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER

Tabell 4.1 gir en oversikt over totale kostnader for de ulike forsterkningstiltakene på Vestfoldbanen. Forutsetning for kostnadene er gitt i vedlegg 4.4.

I tiltak A er det forutsatt at Hakavik kraftstasjon legges ned.

Tiltak	Totale vedlikeholdskostnader KNOK	Totale investeringskostnader KNOK	Sum kostnader KNOK
A Ny omformer i Tønsberg og fornyet trafo i Sande. Hakavik kraftstasjon legges ned i år 2005 Dødseksjon ved hvert matepunkt Dødseksjon m/sonegrensebryter, 2 stk	15 807	107 263	123 070
B Ny omformer i Škoppum Fjernledning fra Hakavik til Sande fjernes Dødseksjon ved hvert matepunkt Dødseksjon m/sonegrensebryter, 1 stk	0	107 337	107 337
C Ny omformer i Tønsberg og fornyet trafo i Sande. Hakavik kraftstasjon opprettholdes Dødseksjon ved hvert matepunkt Dødseksjon m/sonegrensebryter, 2 stk	15 807	107 263	123 070
D Fjernledning langs Vestfoldbanen med ny trafostasjon i Tønsberg og fornyelse av Sande trafostasjon. Dødseksjon ved hvert matepunkt Dødseksjon m/sonegrensebryter, 2 stk	20 445	35 729	56 174

Tabell 4.1: Oversikt over totale investering- og vedlikeholdskostnader på Vestfoldbanen.

Alle kostnader inkluderer 15,96 % avgift.

Tabell 4.2 gir en oversikt over totale investering- og vedlikeholdskostnader for de ulike forsterkningstiltakene på Sørlandsbanen. Forutsetninger for kostnadene er gitt i vedlegg 4.4.

Tiltak	Totale vedlikeholds-kostnader KNOK	Totale investerings-kostnader KNOK	Sum kostnader KNOK
E Fjernledning (Neslandsvatn- Vatnestraum) kombinert med trafo i Vatnestraum, Nelaug, Bjorvatn og Tyri. Fornyet trafo i Skollenborg. Dødseksjon ved hvert matepunkt	26 828	122 376	149 204
F Statisk omformer ved Vatnestraum og Bjorvatn Ny trafostasjon i Tyri, fornyet trafo i Skollenborg. Dødseksjon ved hvert matepunkt	26 828	184 956	211 784
G Ny omformerstasjon ved Vatnestraum Fjernledning (Neslandsvatn - Nelaug) og med trafo i Nelaug, Bjorvatn og Tyri. Fornyet trafo i Skollenborg Dødseksjon ved hvert matepunkt Kostnad matestasjonsanlegg.	26 828	168 949	195 777
H Fjernledning (Neslandsvatn - Nelaug) og med trafo i Nelaug, Bjorvatn og Tyri. Fornyet trafo i Skollenborg. Kondensatorbatt. mellom Krossen og Nelaug Dødseksjon ved hvert matepunkt	26 828	85 459	112 287
I Ny omformer ved Neslandsvatn Fjernledning (Neslandsvatn - Vatnestraum) kombinert med trafo i Vatnestraum, Nelaug, Bjorvatn og Tyri Fornyet trafostasjon i Skollenborg Dødseksjon ved hvert matepunkt	26 828	222 334	249 162
J Ny omformer ved Neslandsvatn og Vatnestraum Ny trafostasjon i Tyri og fornyet trafo i Skollenborg Kondensatorbatterier mellom Nelaug og Neslandsvatn Dødseksjon ved hvert matepunkt	26 828	208 728	235 556

Tabell 4.2: Oversikt over totale investering- og vedlikeholdskostnader på Sørlandsbanen.

Alle kostnader inkluderer 15,96 % avgift.

Eksisterende transformatorstasjon ved Neslandsvatn har trinnkobler. I forsterkningstiltak I og J er det forutsatt at denne flyttes til Skollenborg, og det monteres ny trafo uten trinning på Neslandsvatn.

I forsterkningstiltakene med fjernledning fremført på kontaktledningsanlegget er det forutsatt at det bygges nytt kontakledningsanlegg. Dette krever kraftigere og høyere master, samt kraftigere fundament (se vedlegg 4.2). Det er også tatt hensyn til kostnadene for liner, isolatorer, kabel etc.

Kostnadene ved å øke installert ytelse i eksisterende omformerstasjoner er ikke tatt med i denne planutredningen. En forutsetning for denne utredningen er at roterende aggregater med nødvendig ytelse for de forskjellige forsterkningstiltakene er tilgjengelige.

4.9 OPPSUMMERING AV DRIFTSKOSTNADER

I tabell 4.3 er det gitt en oppsummering av *ekstra* driftskostnader for de tilhørende forsterkningstiltakene A til D angående Vestfoldbanen. Forutsetningene for kostnadene er gitt i vedlegg 4.4.

Tiltak	Totale driftskostnader NOK
A Ny omformer i Tønsberg Fornytt trafostasjon i Sande	-1 248 500
B Ny omformer i Skoppum Fjernledning fra Hakavik til Sande fjernes	-1 173 150
C Ny omformer i Tønsberg og fornytt trafo i Sande. Hakavik kraftstasjon opprettholdes	-1 248 500
D Fjernledning langs Vestfoldbanen med ny trafostasjon i Tønsberg og fornyelse av Sande trafostasjon.	-633 500

Tabell 4.3: Oversikt over ekstra driftskostnader for nyanlegg på Vestfoldbanen.

Kostnadene som er gjennegitt i tabell 4.3 er hovedsakelig en sum av ekstra kostnader forbundet med nye matestasjonsanlegg på Vestfoldbanen, og ekstra (negativt) energikostnader forbundet med de forskjellige forsterkningstiltakene.

I tiltak A, C og D er kostnadene inkludert vedlikehold av Sande transformatorstasjon, selv om denne også eksisterer i dag. Dette er gjort for å synliggjøre gevinsten av å legge ned Sande transformatorstasjon, som er en del av løsningen i tiltak B.

Driftskostnader av fjernledningen fremført på kontaktledningsmaster er forutsatt uten at dette medfører noen spesiell økning i driftskostnadene for kontaktledningsanlegget. Det er derfor

ikke tatt hensyn til noen ekstra driftskostnader for mateledning fremført på kontaktledningsmaster.

I tabell 4.4 er det gitt en oppsummering av *ekstra* driftskostnader for de tilhørende forsterkningstiltakene A til D angående Sørlandsbanen. Forutsetningene for kostnadene er gitt i vedlegg 4.5.

Tiltak	Totale driftskostnader NOK
E Fjernledning (Neslandsvatn- Vatnestraum) kombinert med trafo i Vatnestraum, Nelaug, Bjorvatn og Tyri. Fornyet trafo i Skollenborg.	-873 700
F Statisk omformer ved Vatnestraum og Bjorvatn Ny trafostasjon i Tyri Fornyte trafo i Skollenborg.	-818 700
G Ny omformerstasjon ved Vatnestraum Fjernledning (Neslandsvatn - Nelaug) og med trafo i Nelaug, Bjorvatn og Tyri. Fornyte trafo i Skollenborg	-793 700
H Fjernledning (Neslandsvatn - Nelaug) og med trafo i Nelaug, Bjorvatn og Tyri. Fornyte trafo i Skollenborg. Kondensatorbatt. mellom Krossen og Nelaug	-256 700
I Ny omformer ved Neslandsvatn Fjernledning (Neslandsvatn - Vatnestraum) kombinert med trafo i Vatnestraum, Nelaug, Bjorvatn og Tyri Fornyte trafostasjon i Skollenborg	-1 033 700
J Ny omformer ved Neslandsvatn og Vatnestraum Ny trafostasjon i Tyri og fornyte trafo i Skollenborg Kondensatorbatterier mellom Nelaug og Neslandsvatn	-900 000

Tabell 4.4: Oversikt over ekstra driftskostnader for nyanlegg på Sørlandsbanen.

Kostnadene som er gjenngitt i tabell 4.4 er hovedsakelig en sum av ekstra kostnader forbundet med nye matestasjonsanlegg på Vestfoldbanen, og ekstra (negativt) energikostnader forbundet med de forskjellige forsterkningstiltakene.

Det er ikke tatt hensyn til driftskostnader for Skollenborg transformatorstasjon på grunn av at denne eksisterer også i dag.

5 LØNNSOMHETSVURDERING

5.1 GENERELT

Mange definerer samfunnsøkonomi som vitenskapen om hvordan våre knappe ressurser best kan fordeles mellom konkurrerende formål. Det vil selvsagt være uenighet om hvilke kriterier som skal legges til grunn og hvilke metoder som skal nyttes i fordeling av pengene mellom investeringsprosjekter.

Innen samferdselssektoren er det Statens Vegvesen som har lengst tradisjon på å gjøre samfunnsøkonomiske lønnsomhetsvurderinger, med nytte-/kostnadsanalyser som metodeverktøy. Nytte-/kostnadstallet sier hvor mye en får ut av hver investert krone under de gitte forutsetninger. Da Jernbaneverket skulle begynne å vurdere sine investeringsprosjekter samfunnsøkonomisk ga Samferdselsdepartementet beskjed om at Vegvesenets metoder og verdsetting så langt som mulig skulle nyttes. Selv om det metodemessige stadig er under utvikling i Jernbaneverket, har Samferdselsdepartementet gitt sin tilslutning til prinsippene i Jernbaneverket's måte å beregne nytte-/kostnadstall på, som også er fulgt for dette banestrømforsyningsprosjektet.

Nytte-/kostnadsanalysen består av tre ledd: Å finne frem til hvilke faktorer som endres hvor mye som følge av prosjektgjennomføring, å sette verdier på disse (i nytte-/kostnadsanalysen kroneverdier) og å regne ut forholdet mellom samlede fordeler og ulemper og investeringskostnadene.

For at nytte-/kostnadstall skal kunne sammenliknes prosjekter imellom må det være en felles definisjon av hvilke elementer som skal verdsettes samfunnsøkonomisk. For samferdselssektoren er dette faktorer som reisetid, ulykker og forurensning. Tid som de reisende pga kjøretidsinnkortinger kan benytte til andre formål prissettes ut fra hvilket formål reisen har. Reiser i arbeid har høyest kostnad mens fritidsreiser rangeres lavest. Innkortingen i reisetiden medfører ofte at trafikk overføres fra vei til bane. Tog har både lavere ulykkesfrekvens og gir mindre forurensning enn bil, og det er denne samfunnsmessige fordelene som verdsettes.

For jernbaneinvesteringer er også endringer i Jernbaneverket's/NSB's utgifter og inntekter en del av den samfunnsøkonomiske analysen.

Etter gjeldende praksis benyttes beregningsperiode på 25 år etter at hele ombyggingen står ferdig. Det beregnes for hver enkelt konsekvens (vedlikehold, tidsgevinster, personalkostnader osv) forskjeller mellom 0- og investeringstiltak over denne perioden. Investeringsobjekter som har lengre teknisk / økonomisk levetid enn dette gis en restverdi ved beregningsperiodens slutt.

I beregningene benyttes nåverdimetoden, alle fremtidige kostnader og inntekter oppgis i dagens prisnivå. Nytt, ulemper og investeringskostnader for hvert enkelt år diskonteres til sammenlikningsåret 1996 med diskonteringsrenten, fastsatt av Finansdepartementet til 7%. Dette gir krav til årlig avkastning på 7%.

Diskonteringsrente på 7% er forholdsvis høyt, noe som ikke favoriserer investeringer med lang levetid idet det blir "lite" igjen av restverdiene ved beregningsperiodens utløp etter at de er neddiskontert til sammenlikningsåret.

I nytte-/kostnadsanalysen ser en på forskjellene mellom et 0-tiltak, og et eller flere ulike tiltak for utbygging eller forbedring.

Nyttesiden ved slike investeringer deles i fire hovedkategorier: nytter for Jernbaneverket, for NSB, for kundene og for omgivelsene. Som eksempler på nytter ved forsterkning av banestrømforsyningen kan nevnes:

For Jernbaneverket Driftskostnadene blir mindre

For NSB: Forsterkningen gjør at togturneringen forbedres. Innføring av nye ruteplaner medfører sparte personalkostnader. Vedlikeholdsbehovet endres.

For kundene: Det kan gjennomføres ruteplaner med raskere kjøretider, slik at personreiser og godstransport tar kortere tid.

For omgivelsene: Den kortere kjøretiden medfører at det blir mer attraktivt å kjøre tog. I slike tilfeller regnes det med at en del av den trafikken som tidligere gikk på veg flyttes over til bane. Dermed reduseres vegslitasjen, forurensningen og trafikkulykkene som denne biltrafikken var opphav til.

For forsterkning av banestrømforsyningen på Vestfold- og Sørlandsbanen er det naturlig å definere 0-tiltaket som opprettholdelse av dagens strømforsyningsstandard for den planlagte utbyggingen på disse to banestrekningene. Dette viser seg imidlertid å ikke være tilstrekkelig for den planlagte trafikkøkningen - og forsterkning er dermed en nødvendighet. Forskjellen til 0-tiltaket blir uendelig og tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Det er tidligere utført Nytte-/kostnadsanalyser for oppgradering av Vestfold- og Sørlandsbanen. I disse beregningene er det tatt utgangspunkt i tilstrekkelig strømforsyning, og merkostnader til oppgradering er ikke med. All nytten ved tiltaket i form av kjøretidsgevinster og trafikkøkninger er imidlertid hentet ut allerede, og det oppstår en form for "dobbelttelling".

5.2 VESTFOLDBANEN

For Vestfoldbanen er det i denne analysen tatt utgangspunkt i Vestfoldbaneutredningen, og en prosentvis andel av nytten, basert på investeringskostnader, er tilgodeskrevet forsterkning av banestrømforsyningen. Dette blir som tidligere beskrevet ikke helt korrekt, men gir en tilnærmet verdi for innbyrdes sammenligning mellom forsterkningstiltakene.

Metodikken for nytte-/kostnadsanalyser har endret seg noe siden beregningen for Vestfoldbanen i 1992. Dette er det tatt hensyn til i beregningene. Beløpene er oppjustert med en årlig prisvekst på 4% fram til 1996. Tiltak D vil ikke gi tilfredsstillende framføring av materiell, og tids- og punktlighetsgevinsten er derfor redusert til 25%.

For vurdering av de enkelte parsellene må tidligere beregninger økes med en investering lik strømforsyningskostnader pr km som oppgitt under. (I beregningene er det brukt lengen på ny trase' fra Drammen til Skien)

Tiltak A	Ekstra investering	815.687 kr/km
Tiltak B	Ekstra investering	816.250 kr/km
Tiltak C	Ekstra investering	815.687 kr/km
Tiltak D	Ekstra investering	323.627 kr/km

5.3 SØRLANDSBANEN

For Sørlandsbanen og kombinasjonen Sørlands- og Vestfoldbanen er det tatt utgangspunkt i "Forstudie - Modernisering av Sørlandsbanen", og nytteeffektene er anslått forsiktig ut fra laveste prognoser for tiltaket. Andel nytte tilgodeskrevet strømforsyning er basert på andel av investeringskostnadene.

For forsterkningstiltak I og J med Skorstølsparsellen mellom Vestfold og Sørlandsbanen, er det forutsatt at Vestfoldbanen er utbygd.

5.4 RESULTAT

På grunn av sammenheng med tidligere utførte analyser er beregningene utført i forbindelse med strømforsyning ulike av oppsett. Dette har imidlertid ingen innvirkning på resultatene.

Det er vanskelig å skille mellom nytteeffekter for de enkelte forsterkningstiltakene. De forutsetninger som er gjort er følgende:

- Tiltak D, E og H har redusert punktlighet på grunn av effektunderskudd, (se vedlegg 5)

- For tiltak J gir sikkerheten i strømforsyningen bedre punktlighet og kortere reisetid i forbindelse med Skorstølparsellen. Dette på grunn av at overkapasiteten i Neslandsvatn omformerstasjon vil dekke effektbehovet på Skorstølparsellen, (se vedlegg 5).

Nytte-/kostnadstallet forteller hvor mye en får igjen for hver investert krone med krav til avkastning på 7% ut fra de gitte forutsetninger og antakelser. Resultatet av beregningene er som vist i tabell 5.1.

Forsterkningstiltak	NK-brøk
Tiltak A Vestfoldbanen	0,6
Tiltak B Vestfoldbanen	1.2
Tiltak C Vestfoldbanen	1,0
Tiltak D Vestfoldbanen	1.0
Tiltak E Sørlandsbanen	0,9
Tiltak F Sørlandsbanen	0,8
Tiltak G Sørlandsbanen	0,9
Tiltak H Sørlandsbanen	0,9
Tiltak I Sørlandsbanen	0,9
Tiltak J Sørlandsbanen	1.2

Tabell 5.1: N/K- brøk for de forskjellige forsterkningstiltakene.

Beregningsresultater for alle tiltakene fordelt på de ulike effektene er vist i vedlegg 5 side 1-7. En del faktorer endres som følge av prosjektgjennomføring uten at vi kan kvantifisere dem eller har godkjente tall for verdsettingen.

For tiltak I og J er det en forutsetning at det også bygges en parsell mellom Vestfold-og Sørlandsbanen. I nytte/kostnads - beregningene kommer denne effekten som økte inntekter for trafikkselskapene (Her: NSB).

6 ANBEFALING

På grunnlag av de tidligere kapitlenes argumentasjon anbefales følgende tiltak som forsterkningen av banestrømforsyningen på Vestfold- og Sørlandsbanen.

Vestfoldbanen

Det anbefales en løsningen hvor strømforsyningen forsterkes i henhold til **tiltak B**, med en ny omformerstasjon ved Skoppum. Sande transformatorstasjon fjernes og det vil på sikt bli behov for å øke installert effekt i Larvik omformerstasjon til 2x7 MVA eller tilsvarende. Resultater fra lastflytberegningene viser at det er nødvendig med en installert ytelse i Skoppum omformerstasjon lik 2x14 MVA.

Investerings- og vedlikeholdskostnadene for dette tiltaket blir ca. 107 MNOK.

Nytte-kostnadsbrøken for dette tiltaket er 1,2.

Sørlandsbanen

For Sørlandsbanen anbefales en forsterkning av banestrømforsyningen i henhold til **tiltak J**. Dette innebærer ny omformerstasjon ved Neslandsvatn og Vatnestraum, nye transformatorstasjoner ved Tyri, fornyet trafostasjon ved Skollenborg, samt spenningshevende tiltak mellom Nelaug og Neslandsvatn.

For å møte trafikkøkningen på Sørlandsbanen på best mulig måte, anbefales følgende trinnvise utbygging:

- Spenningshevende tiltak (f.eks. kondensatorbatterier) mellom Krossen og Nelaug, som med hensyn på spenning er det svakeste punktet idag.
- Bygge ny omformerstasjon ved Neslandsvatn på 2x14 MVA.
- Bygge ny transformatorstasjon ved Tyri.
- Bygge ny omformerstasjon ved Vatnestraum på 2x6MVA (Kondensatorbatteriet/ene fjernes).
- Forny eksisterende transformatorstasjon ved Skollenborg.
- Installere spenningshevende tiltak mellom Nelaug og Neslandsvatn.

Eksisterende transformatorstasjon ved Skollenborg fornyes.

Etter at Neslandsvatn omformerstasjon er bygget vil det i en normal driftssituasjon ikke være behov for spenningshevede tiltak mellom Nelaug og Neslandsvatn. Ett kondensatorbatteri vil derimot eksempelvis kunne gi en større sikkerhet i systemet ved utfall av ett eller flere aggregater i Nelaug eller Neslandsvatn omformerstasjoner.

Første trinn i utbyggingen med kondensatorbatteri(er) mellom Krossen og Nelaug er ikke tatt med under investeringskostnadene for forsterkningstiltak J, på grunn av at kondensatorbatteriet(ene) fjernes igjen etter at Vatnestraum omformerstasjon bygges. I forkant av dette, må det avklares om ett/to kondensatorbatterier er tilrådelig mhp. pendlingsproblematikken ved bruk av kondensatorbatterier.

Resultater fra lastflytanalysen viser at anbefalt forsterkning, er tilstrekkelig til å mate Sørlandsbanen med den stipulerte trafikkøkningen. I Krossen omformerstasjon er det ikke behov for ekstra installert ytelse utfra dagens redundansvurderinger. Nelaug og Nordagutu omformerstasjoner må minimum ha en installert ytelse lik 2x7 MVA.

Løsningen med ny omformerstasjon ved Neslandsvatn har også kapasitet til å forsyne Skorstølsparsellen. I beregningene er det forutsatt at Skorstølsparsellen knytter seg til Sørlandsbanen ved Neslandsvatn. Dersom Skorstølsparsellen derimot tilknyttes Sørlandsbanen et annet sted, må alternativ plassering av "Neslandsvatn" omformerstasjon vurderes. Optimal plassering vil være ca. 20 - 30 km ut på Skorstølsparsellen. Endelig valg av trase for Skorstølsparsellen vil sannsynligvis bli gjort i løpet av 1998, med antatt ferdigstillelse i perioden 2007 - 2010. For å møte trafikkutviklingen i årene før dette, er det nødvendig med midlertidig tiltak eller tiltak som tilfredsstiller nødvendig effektbehov i dette området også etter at ny parsell er bygget. Det er derfor svært viktig at plasseringen av denne omformereren koordineres mot utbyggingen av Skorstølsparsellen. En midlertidig løsning med flyttbart aggregat, bør derfor vurderes.

Vi mener at løsningen med forsterkningstiltak J totalt også gir bedre regularitet enn de øvrige forsterkningstiltakene.

Investerings- og vedlikeholdskostnadene for dette tiltaket blir ca. 236 MNOK.

Nytte kostnadsbrøken for dette tiltaket er 1,2.

7 KONSEKVENSANALYSE

Dersom en benytter eksisterende banestrømforsyning på fremtidens planlagte trafikk, vil det komme til å være strømforsyningen som begrenser togtrafikken. Simuleringene viser at det både på Sørlandsbanen og Vestfoldbanen må tilføres mere effekt inn i anlegget. I tillegg til effektunderskudd, viser simuleringene at det også på mange steder vil være for lave spenninger på kontaktleddingsanlegget.

Dersom utbyggingstakten utsettes utover det som er beskrevet i denne planen, kan dette resultere i følgende:

- driftsforstyrrelser med tilhørende forsinkelser i togtrafikken
- effektbegrensninger på materiell
- redusert punktlighet
- problemer for krengetogskjøring
- planlagt trafikkøkning ikke kan realiseres

Det er også krav om en viss overkapasitet i banestrømforsyningsanlegget (se kap. 2.1).

Dersom en ikke tilfredsstillende dette, kan ovenfornevnte punkter bli en konsekvens av for dårlig banestrømforsyning.

8 VIDERE ARBEID

En stadig økende trafikk gir også ett større effektbehov fra omformerstasjonene. Med nye statiske omformerstasjoner vil ett viktig arbeid fremover være å finne en optimal regulering av omformerstasjonene. Med en optimal regulering menes en best mulig deling av lasten mellom omformerstasjonene. Et best mulig lastdeling bør være ut ifra kriterier som å minimalisere tap, hindre reaktiv effektflyt mellom omformerstasjonene, men samtidig utnytte installert ytelse i de forskjellige omformerene. Spesielt vil det å redusere tap i systemet gi en bedre energiøkonomi i banestrømforsyningen. Generelt anbefales en videre studie for å vurdere tapskostnader i hele systemet for de forskjellige forsterkningstiltakene.

For å øke leveringssikkerheten i banestrømforsyningen bør roterende omformerstasjoner ha mulighet til å redusere utmatet spenning ved overbelastning for å hindre at omformeraggregatene "faller ut". Dette er spesielt viktig ved utfall av ett aggregat i en omformerstasjon for å hindre at gjenværende aggregat også "faller ut".

Med nye forsterkningstiltak i strømforsyningen og nytt materiell er det behov for analyser med hensyn på effektpendlinger i systemet. Det er for eksempel effektpendlinger på enkelte strekninger med kondensatorbatteri. Det bør også sees nærmere på eventuelle muligheter for å kunne benytte kondensatorbatterier i parallell med kontaktledningen, i stedet for i serie slik det blir benyttet i dag. Dette kan muligens være et godt forsterkningstiltak, men er ikke vurdert i denne planen.

Simuleringene i denne rapporten har forutsatt at en ny forbindelse mellom Vestfold- og Sørlandsbanen (Skorstølsparsellen) tilknyttes ved Neslandsvatn. Dersom denne parsellen får tilknytningspunkt ved Skorstøl, må det vurderes en mer optimal plassering av denne omformerstasjonen. For å få til en god løsning både på kort og lang sikt, bør det muligens vurderes å montere et midlertidig aggregat på Neslandsvatn som senere kan flyttes til den nye parsellen.

LITTERATURLISTE

- [1] Tilstandsrapport fra befarings av fjernledning
Utført av Berdal Strømme
Mars 1996.
Rapport foreligger hos Jernbaneverket Ingeniørtjenesten.

- [2] Modernisering av Vestfoldbanen, Drammen - Skien
Jernbanetekniske forutsetninger for Vestfoldbanen
Desember 1994
Rapport foreligger hos Jernbaneverket Region Sør, Plankontoret.

- [3] Modernisering av Sørlandsbanen
Forstudie
Mars 1995
Rapport foreligger hos Jernbaneverket Region Sør, Plankontoret.

- [4] NVE's Retningslinjer for sikring av kraftforsyningsanlegg (RSK)
Januar 1995.
RSK foreligger hos Jernbaneverket Ingeniørtjenesten.

- [5] Innkomne tilbud fra ABB og SIEMENS i forbindelse med Kjellad og Smørbekk
omformerstasjoner
Eksemplarer finnes hos Jernbaneverket Ingeniørtjenesten

- [6] Kostnader for hovedkomponenter i kraftsystemet
Berdal Strømme
August 1995.
Rapport foreligger hos Jernbaneverket Ingeniørtjenesten.

- [7] Kostnadsoverslag elektrifisering Trondheim - Steinkjer og Meråkerbanen.
Jernbaneverket Ingeniørtjenesten
April 1995
Rapport foreligger hos Jernbaneverket Ingeniørtjenesten.

- [8] Hovedplan elkraftscentral i Jernbaneverket Region Sør.
September 1995
Plan foreligger hos Jernbaneverket Region Sør - Teknisk kontor.

VEDLEGG

- Vedlegg 1: Forutsetninger for simuleringene/lastflytberegningene.
- Vedlegg 2: Lastflytanalyser.
- Vedlegg 3: Vurderinger av forsterkningstiltakene/lastflytberegningene.
- Vedlegg 4: Kostnadsoverslag.
- Vedlegg 5: Resultater, Nytte-/kostnadsanalyse.
- Vedlegg 6: Krav i forb. med fjernledning.
- Vedlegg 7: Grafisk ruteplan for fremtidig trafikk på Vestfoldbanen.
- Vedlegg 8: Oversiktskjema - banestrømforsyningen og overliggende 3-fasentt.
- Vedlegg 9: Kommentarer fra høringsrunde.

Jernbaneverket
Biblioteket

JBV



10TU00791

102948