

Simulering av banestrømforsyningen i Oslo-området November 2000



Rapport

BanePartner

Prosjektnr.: **199208**
Saksref.: **99/5506 JI 760**
Prosjektnavn: **Simulering av banestrømforsyningen i Oslo-området**
Oppdragsgiver: **RØ og BE**
Rapport nr.: **01**

Sammendrag

Kraftsystemplan for Oslo-området 1998 konkluderte med behov for forsterkning av banestrømforsyningen i Oslo-området.

Kraftsystemplanen studerte først og fremst behovet for en ny omformerstasjon. Størrelse og plassering ble ikke gjennomgått i detalj. Denne studien har hatt som mål å finne den beste plasseringen av en ny omformerstasjon og å studere reguleringsstrategi for stasjonene i Oslo-området.

Det er sett på plasseringsalternativer av den nye stasjonen i Oslo og på Holmlia.

Det er også sett på ulike alternativer med å fjerne Holmlia og Alnabru. Å fjerne Holmlia medfører lave spenninger på Østfoldbanen og Østre linje med mindre man forsterker Smørbekk og bygger en meget stor stasjon i Oslo. Uansett vil man da få et meget sårbart system med store enheter og store konsekvenser ved utfall av enkeltstasjoner.

De utførte analysene med nye dobbeltspor Oslo – Ski og Skøyen – Asker bekrefter at det er behov for forsterkning av banestrømforsyningen i Oslo – området.

De sårbare stasjonene er Holmlia og Asker.

Anbefalt plassering av den nye omformerstasjonen er sentralt i Oslo med innmating mot Oslo S. Dette gir den beste avlastingen av både Asker og Holmlia.

På grunn av høye strømmer på avgangene fra Oslo koblingshus mot Asker anbefales det at man øker strømføringsvevnen gjennom Oslo tunnelen frem til Skøyen.

Den anbefalt løsningen gir følgende utrustning og regulering i stasjonene i Oslo - området:

Installert ytelse i alle stasjoner

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregat
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Alnabru 1 stk 10 MVA roterende aggregat
- Lodalen 3 stk 18 MVA aggregater
- Asker 2 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Holmlia 2 Q48 aggregat + 4 MVar kondensatorbatteri



Alnabru

Alnabru omformerstasjon har ved bygging av en ny statisk stasjon i Oslo liten betydning for strømforsyningen i Oslo – området og kan på sikt fjernes.

I utgangspunktet kan ytelsen reduseres til ett 10 MVA aggregat når Oslo – omformeren er kommet i drift.

Siden omformeren går lavt belastet anbefales en stiv spenningskarakteristikk slik som for Lodalen og Lillestrøm.

Oslo

Oslo omformerstasjon anbefales bygget med tre 18 MVA aggregater eller tilsvarende.

En utbygging med 3x18 MVA oppfyller etter tabell 18 og tabell 19 ikke kravene i Teknisk Regelverk til dimensjonering. Det anbefales at man i første omgang setter av plass til ett ekstra aggregat slik at man kan se an utviklingen i trafikken og simuleringenes godhet. Ekstra areal for forsterkning er spesielt viktig dersom man planlegger å fjerne Alnabru omformerstasjon på sikt.

Det anbefales at omformerstasjonen gis en flat spenningskarakteristikk og at det benyttes en vinkelkarakteristikk tilsvarende et Q48 aggregat.

Holmlia

Det anbefales at man installerer et kondensatorbatteri på ca 4 MVar i Holmlia for å redusere belastningen i stasjonen ved utfall av ett aggregat. Dette kondensatorbatteriet kan for eksempel hentes fra Oslo S når den nye omformeren i Oslo er i drift.

Antall aggregater i Holmlia anbefales uendret fra dagens situasjon som er to Q48 aggregater. Omformerstasjonen oppfyller da ikke kravene i Teknisk Regelverk for overbelastbarhet når det gjelder dimensjonerende tosekunds verdi ved fremtidig trafikk. Dimensjonerende verdi innebærer her et påslag på 38 % i forhold til beregnede verdier. Siden beregninger av tosekundsverdier er svært usikre anbefales det derfor at man ser an situasjonen i Holmlia på sikt.

Anbefalt spenningsregulering er 16,5 kV i tomgang og synkende ned til 16,3 kV ved full last.

Asker

På grunn av høy kortvarig belastning i Asker omformerstasjon ved kjøring med doble lokaltogsett type 72 på strekningen Asker - Spikkestad og kryssing mellom disse togene på strekningen, anbefales det at denne delen av den simulerte ruteplanen utredes nærmere.

Dersom det er realistisk med doble type 72 sett som krysser ute på strekningen Asker – Spikkestad anbefales tiltak i form av enten:

- restriksjoner i kjøremønster
- plassering av kompaktomformer i Spikkestad området

Asker har også høy termisk belastning i simuleringene og det anbefales at man vurderer tiltak i stasjonen på et senere tidspunkt. Det er mulig å avlaste stasjonen termisk ved å gi den en lavere spenning men det bør ikke gjøres før det er absolutt nødvendig siden det vil føre til økte nett tap. Å redusere belastningen i Asker ved å gi den en lavere utspenning vil også øke belastningen på Oslo omformeren og må sees i sammenheng med denne.

Anbefalt spenningsregulering er 16,5 kV i tomgang og synkende til 16,46 kV ved full last.

For BanePartner

Prosjektansvarlig (PA):

Kolbjørn Lofthus Signatur: K. Lofthus

FUR FRj

Prosjektleder (PL):

Frode Johannessen Signatur: Arne Ørjasæter

FUR FRj

Rapport utarbeidet av:

Frode Johannessen Signatur: Arne Ørjasæter

Arne Ørjasæter Signatur: A. Ørjasæter

DOKUMENTKONTROLL SIDE

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Øst og Bane Energi

Prosjektbeskrivelse: Simulering av banestrømforsyningen i Oslo-området

Prosjektnr: 199208

Dokumenttittel: Simulering av banestrømforsyningen i Oslo-området Dokument nr.: 1

Rev.nr: 0

Sjekkpunkter	Utførende (saksbehandler) (dato/sign.)	Kontroll (SL) /andre (dato/sign)
Samsvar med egne fagkrav og bestemmelser	FOR FRJ Arne Ørjensaker	00.11.20 / JKE
Samsvar med andre fag	FOR FRJ Arne Ørjensaker	00.11.20 / JKE
Samsvar med kontrakt	FOR FRJ Arne Ørjensaker	00.11.20 / JKE
Disposisjon, logisk oppbygging, presentasjon	FOR FRJ Arne Ørjensaker	00.11.20 / JKE
Språk	FOR FRJ Arne Ørjensaker	00.11.20 / JKE

Generelle kommentarer:

Dokument godkjent for utsendelse

Dato: 00.11.20

Sign. *J. L. L. L.*

Innhold

1	INNLEDNING	7
2	INNDATA.....	8
2.1	Nettmodell	8
2.2	Trekkmateriell.....	8
2.3	Ruteplan og trafikkmengde	8
2.3.1	Forutsetninger i togmateriell.....	9
2.4	Usikkerheter ved modellene.....	9
2.4.1	Inndata	9
2.4.2	Ruteplaner.....	9
2.4.3	Total usikkerhet	9
3	SAMKJØRINGSSTUDIE I SIMPOW.....	10
3.1	Reaktiv effektflyt mellom omformerstasjoner	10
3.1.1	Simuleringer med statisk last.....	10
3.1.2	Hovedtrekk ved effektflyten i Oslo-området.....	10
3.1.3	Årsak til effektflyt mellom omformere	10
3.1.4	Reaktiv produksjon i Holmlia	11
3.1.5	Reduksjon av effektflyt mellom omformerstasjoner	11
3.1.6	Simuleringer som er utført.....	11
3.1.7	Forutsetninger	11
3.1.8	Definisjoner:.....	12
3.2	Ny omformerstasjon i Oslo-området.....	17
3.2.1	Banestromforsyningen i tomgang	17
4	TRAFIKKSTUDIE I SIMTRAC.....	19
4.1	Spenningsregulering	19
4.2	Dagens omformerstasjoner med dobbeltspor	19
4.2.1	Utfall av ett Q48 i Asker og ett i Holmlia, To aggregater i Smørbekk (simulering "Bas1").....	19
4.2.2	Utfall av ett Q48 i Asker og ett i Holmlia, Ett aggregat i Smørbekk (Basmin1)	21
4.2.3	Utfall av ett Q48 i Asker og ett i Holmlia, Ett aggregat i Smørbekk, økt xq (Oketxq150pst1).....	23
4.2.4	Utfall av ett Q48 i Asker og ett i Holmlia, Ett aggregat i Smørbekk øket xq, redusert spenning i Holmlia (Lavspghol150pst1)	25
4.2.5	Kondensatorbatteri installert på Holmlia	26
4.3	Ny omformerstasjon i Oslo-området.....	27
4.3.1	Holmlia og Alnabru i drift (oslobas2)	27
4.3.2	Holmlia og Alnabru i drift, stiv spenning i Alnabru (alnstiv).....	29
4.3.3	Holmlia og Alnabru i drift, øket ytelse i Lodalen (osloeket).....	32
4.3.4	Alnabru og Holmlia i drift, kondensatorbatteri i Holmlia (oeketkon)	34
4.3.5	Alnabru ute av drift, kondensatorbatteri i Holmlia	36

4.3.6	Utfall av ett aggregat i Asker og ett i Lodalen (minask).....	37
4.3.7	Holmlia og Alnabru ute av drift (oslostat1).....	40
4.3.8	Strømbelastning gjennom Oslo tunnelen.....	44
4.4	<i>Ny omformerstasjon på Holmlia</i>	45
4.4.1	Ny omformer på Holmlia med to 15 MVA aggregat.....	45
4.4.2	Ny omformerstasjon på Holmlia med tre 15 MVA aggregater.....	47
5	KONKLUSJON	49
5.1	<i>Dimensjoneringskriterier</i>	49
5.1.1	Overordnede krav	49
5.1.2	Usikkerhet i beregningene	49
5.1.3	Belastning.....	49
5.2	<i>Anbefalt løsning</i>	52
5.2.1	Alnabru.....	52
5.2.2	Oslo	52
5.2.3	Holmlia	52
5.2.4	Asker	53
6	REFERANSEDOKUMENTER	54
7	VEDLEGG	55

1 Innledning

Kraftsystemplan for Oslo-området 1998 konkluderte med behov for forsterkning av banestrømforsyningen i Oslo-området. Hovedårsaken til det var at simuleringer av fremtidig trafikk i programmet Simtrac viste at Holmlia omformerstasjon var utsatt for overbelastning ved utfall av ett Q48 aggregat i Holmlia og ett Q48 i Asker.

Kraftsystemplanen studerte først og fremst behovet for en ny omformerstasjon. Størrelse og plassering ble ikke gjennomgått i detalj. Denne studien har som mål å finne den beste plasseringen av en ny omformerstasjon og å studere reguleringsstrategi for stasjonene i Oslo-området.

2 Inndata

2.1 Nettmodell

I simuleringene er kontaktleddningsnett og strømforsyningen til omformerstasjonene hentet fra Adtranzs studie for Gardermobanen. En nærmere beskrivelse av anlegget finnes i "Teknisk Rapport, Utredning Oslo-området, Samkörningsstudie och trafiksimulering". Ski omformerstasjon er ikke tatt med i simuleringen siden den er planlagt fjernet.

Det er i tillegg lagt inn nye dobbeltspor fra Skøyen til Asker og fra Oslo S til Ski.

Omformerstasjonenes belastning vurderes etter følgende merkeverdier:

Roterende aggregater

	Timeytelse	Seksminuttsbelastning	Tosekunds strøm
ASEA Q48	10 MVA	14 MVA	1250 A
ASEA Q38	5,8 MVA	8 MVA	625 A

Statiske stasjoner:

Lillestrøm	39,3 MVA	42 MVA	-----
Smørbekk	30,0 MVA	30 MVA	-----

Timeytelse defineres som aggregatenes/stasjonenes nominelle ytelse (kontinuerlig belastning)

Seksminuttsverdi defineres som aggregatenes/stasjonenes termiske overbelastbarhet. Denne verdien stiller for de roterende aggregatene krav til at belastningen forut for maksimalbelastningen har vært under grunnlasten som er halve seksminuttsverdien.

Tosekundsverdien er aggregatenes maksimale strømbelastbarhet. Overskrides denne verdien kan aggregatet dras ut av fase. Tosekundsverdien er kun benyttet for roterende aggregater siden de statiske aggregatene har en elektronisk strømgrense slik at de ikke overbelastes.

2.2 Trekkmateriell

Ved simuleringene er det benyttet El 14, El 16 og motorvogn type 69, 70, 71 og 72. Type 69 finnes både i enkle, doble og trippel togsett. Type 70, 71 og 72 kjøres med doble togsett. El 14 og El 16 er benyttet for godstrafikk.

2.3 Ruteplan og trafikkmengde

I sammenheng med en utredning av belastningsforhold i banestrømforsyningen er det ikke strengt tatt nødvendig å lage en fremtidig ruteplan som skisserer korrekte avganger og ankomster. Dette gjelder særlig for de områder der det normalt er stor trafikk (eks: Oslo-området).

I Oslo-området vil ikke det enkelte togsettet få avgjørende betydning. Langt viktigere er det å skissere togsammensetning og trafikkmengde på en så korrekt måte som mulig. Dette vil være avgjørende og begrensende for energiforsyningen.

Ruteplanene er basert på gjeldende Hovedplaner og "Norsk Jernbaneplan 1998-2007" som skisserer mål og strategier for utvikling av jernbanen

2.3.1 Forutsetninger i togmateriell

Flyplassstog: Det er her benyttet motorvognsett type 71 sett, og doble sett i rushperiodene.

Krengetog: Det er her benyttet motorvognsett type 73, og doble sett i rushperiodene.

Utskiftning av godsmateriell:

Antar at det skjer liten utskifting av trekkmateriell i godstransporten.

Utskiftning av lokaltog-materiell:

Antar at det i perioden 2002 - 2007 vil være en jevn utskifting av lokaltog materiell til motorvognsett type 72. Dette gjelder særlig type 68 og type 69. Det er i ruteplanen for år 2005 foretatt forlengninger av de doble type 69 settene som trafikkerer strekningen Sandvika - Ski til trippel sett. Disse ekstra type 69 settene er frigjort ved at de nye lokaltogene, motorvognsett type 72, i denne ruteplanen blir satt inn på regionaltogstrekningene Moss - Spikkestad - Moss og Kongsberg - Eidsvoll - Kongsberg. I rushtiden er det antatt at det vil gå doble type 72 sett på de regionale strekningene.

Vedlagt ligger ruteplaner i tabellform som skisserer antatt togsammensetning og trafikkmengde for 2005. Det presiseres at ruteplanene ikke er "korrekte" ruteplaner med hensyn til rekkefølgen for togsettene.

2.4 Usikkerheter ved modellene

2.4.1 Inndata

I alle omformerstasjonene er det plassert flere aggregater. Dette gir en usikkerhet med hensyn til lastfordeling mellom aggregatene i hver omformerstasjon. Denne usikkerheten sammen med usikkerheten for modellene av kontaktledningsnett, 3-fasenett og trekkmateriell er anslått til omtrent 10 %.

I stasjoner med utfall av aggregater, slik at det kun gjenstår ett aggregat, antas usikkerheten å være 5 %

2.4.2 Ruteplaner

Det finnes ikke ferdige ruteplaner så langt frem i tid som det tidsrommet som simuleres. Det finnes imidlertid prognoser om trafikkvekst og Norsk Jernbaneplan 1998-2007 skisserer mål og strategier for utvikling av jernbanen. For å fange opp usikkerheten i trafikkmengden samt forskyvninger i ruteplan på grunn av forsinkelser legges det til en margin på 10 % .

2.4.3 Total usikkerhet

Det legges til en margin på 20 % på de simulerte og beregnete verdiene for stasjoner med to eller flere aggregater. For stasjoner med ett aggregat antas det en usikkerhet på 15 %.

3 Samkjøringsstudie i Simpow

3.1 Reaktiv effektflyt mellom omformerstasjoner

3.1.1 Simuleringer med statisk last

En ønsker å vite prinsipielt hvor og hvordan effekten flyter i systemet og hva som er årsak til at effektflyten er som den er. Videre er det erfart i tidligere prosjekter at Holmlia omformer har en relativt stor reaktiv produksjon og en ønsker å finne forklaringen på dette. For å oppnå dette er det utført simuleringer med statisk belastning som gjøres ved at belastninger av konstant (og realistisk) størrelse kobles direkte til omformerne. Med dette som utgangspunkt er det utført flere simuleringer der parametre som belastning og installert ytelse i omformere er variert. For den statiske omformeren i Smørbekk er det også simulert hva en endring av X_q og $DTETA$ (se etterfølgende definisjoner) betyr for effektflyten mellom omformere.

3.1.2 Hovedtrekk ved effektflyten i Oslo-området.

Simulering 1 viser at det er utveksling av aktiv og reaktiv effekt mellom Oslo-området og omkringliggende områder som ligger i flere miles avstand. Modellen som er lagt til grunn har en effektflyt mellom omformere som i grove trekk er som følger:

Sør for Oslo-S

Aktiv effekt flyter nordover fra Smørbekk, med bidrag fra Sarpsborg og fra Sarpsborg via Østre linje mot Oslo-S. Reaktiv effekt flyter fra Oslo-S med bidrag fra Holmlia via Ski mot Østre linje og til Smørbekk. En vesentlig del tas imot av Smørbekk omformer mens resterende flyter mot Sarpsborg og forbrukes blant annet i Sarpsborg omformer.

Nord for Oslo-S

Aktiv effekt flyter vestover fra Kongsvinger og sørover fra Kløfta mot Lillestrøm og til Alnabru. Videre er det flyt av aktiv effekt fra Asker via Oslo-S, med bidrag fra retning Holmlia, og til Alnabru. Reaktiv effekt flyter fra Oslo-S vestover mot Asker og østover mot Grefsen, men det vesentligste flyter som nevnt sørover retning Holmlia. Fra Alnabru flyter det reaktiv effekt mot Lillestrøm og med bidrag fra Lillestrøm omformer videre i hovedsak mot Kongsvinger.

3.1.3 Årsak til effektflyt mellom omformere

Det er karakteristisk for modellen at en har ett tungt lastet område i sentrum (Oslo) som er omgitt av mer lett lastede områder. Når en sammenholder effektflyten med dette ser en at det flyter aktiv effekt fra områder som er lett belastet mot ett tungt belastet sentrum. Det er motsatt en reaktiv effektflyt fra tunglast-området mot lettlast-områdene.

Spenningsenes fasevinkel

Effektflyten bestemmes blant annet av spenning med amplitude og fase i de enkelte omformerstasjoner og knutepunkter. Siden spennings amplitude ut fra omformere er forutsatt konstant er det, når alt annet er konstant, bare omformer-spenningsenes innbyrdes fasevinkel som bestemmer effektflyten. Det blir da slik at ett område som ligger foran ett annet når det gjelder fasevinkel overfører aktiv effekt til, og mottar reaktiv effekt fra dette andre området. Dette gjelder ved moderate vinkelforskjeller.

Bestemmende for spenningsenes fasevinkel ut fra en omformerstasjon er blant annet belastningsgraden via polhjulsvinkelen. Det er derfor slik at forskjellig opplasting av omformere kan gi differanse i spenningsenes fase med påfølgende effektflyt mellom omformere.

Modellen som er lagt til grunn for simuleringene viser at i områdene med lett belastning ligger spenningenes fase foran i forhold til Oslo-området. Simuleringene viser også at tiltak for å øke belastningsgraden, eks ta ut ett aggregat i Smørbekk eller i Kongsvinger bidrar til å redusere flyten av effekt mellom omformere.

Det er altså slik at misforhold mellom omformerkapasitet og belastning i ett område er en underliggende årsak til effektflyt mellom omformerstasjoner.

3.1.4 Reaktiv produksjon i Holmlia

Simulering 1 viser en relativt stor reaktiv produksjon i Holmlia mens Smørbekk mottar reaktiv effekt. Samtidig viser det seg at det overføres relativt mye reaktiv effekt mellom Holmlia og Smørbekk og dessuten mot Østre linje. Hovedårsakene til reaktiv produksjon i Holmlia er i denne situasjonen overføring mot Smørbekk og Sarpsborg som følge av spenningenes vinkelforskjeller.

3.1.5 Reduksjon av effektflyt mellom omformerstasjoner

Simulering 2 viser at reduksjon av ytelsen i Smørbekk omformer (koble ut ett aggregat) virker gunstig, spesielt for Holmlia omformer. Generelt kan en si at å tilpasse ytelsen til belastningen slik at alle omformere ligger mest mulig likt når det gjelder spenningsvinkel virker gunstig for å redusere effektflyten mellom omformerstasjoner. I statiske omformere kan også kontrollparameterene X_q og $DTETA$ benyttes til dette.

3.1.6 Simuleringer som er utført

Resultater fra simuleringene er presentert i etterfølgende tabeller, med kommentarer, der en tar med de data som en finner mest relevante for rapporten. Når resultatene skal tolkes tar en i de fleste tilfeller utgangspunkt i resultatene fra simulering 1. Det er her lagt til grunn en modell som er mest mulig lik dagens situasjon bla. når det gjelder belastning. De andre simuleringer er variasjoner over simulering 1 for å vise prinsipper og synliggjøre de viktigste trekkene ved dagens situasjon. En viser også hvordan kontrollparameterene X_q og $DTETA$ influerer på effektflyten.

Der annet enn simulering 1 er sammenligningsgrunnlag er dette nevnt spesielt.

3.1.7 Forutsetninger

Dobbeltspor Holmlia-Ski

For alle simuleringer, bortsett fra simulering 21, gjelder at nytt dobbeltspor er koblet inn.

Ski omformerstasjon

Ski omformer er utkoblet i alle simuleringer.

Installert ytelse i omformere

Omformere er i utgangspunktet lagt inn med full installert ytelse. I simuleringer med redusert ytelse er dette nevnt spesielt. Omformerne i Oslo-området har følgende installerte ytelser:

Tabell 1 Installert ytelse i omformerne for lastflytstudien

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger	Asker
Ytelse (MVA)	30.4	20.0	20.0	39.3	11.6	20.0

Belastning på omformere

Aktuell belastning er angitt for hvert tilfelle.

3.1.8 Definisjoner:

Effekt og effektretninger:

Effekt er i alle sammenhenger angitt som $S=P+jQ$ MVA.

Effekt inn til ett knutepunkt og ut fra en omformer betegnes som positiv.

Effekt ut fra ett knutepunkt betegnes som negativ, dvs en påhengt last angis med negativt fortegn.

Ser en f.eks på simulering 1 så er det slik at Smørbekk omformer leverer 4.808 MW ut på nettet og mottar 1.659 MVA fra nettet. Videre så er effektflyten mellom Ski og Holmlia slik at det flyter 3.368 MW fra Ski i retning Holmlia og det mottas 4.450 MVA fra retning Holmlia.

Spenningsvinkler

Alle spenninger har en fasevinkel som er referert til felles referanse. Det er differansen mellom vinkler og hvordan differansene endrer seg som er interessant i denne sammenhengen.

DTETA

Vinkeldifferanse mellom spenningen på 3-fase siden og 1-fase siden av en omformer.

Simulering 1. Last og produksjon og spenning i omformerstasjoner.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last $P+jQ$ (MVA)	-2.0-j1.0	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon $P+jQ$ MVA	4.8-j1.7	5.5+j4.1	6.6+j6.1	13.7+j10.6	1.3-j1.3
$U\angle\varphi^\circ$ kV	16.2 \angle -13.51 $^\circ$	16.2 \angle -18.48 $^\circ$	16.2 \angle -18.92 $^\circ$	16.2 \angle -18.73 $^\circ$	16.2 \angle -12.00 $^\circ$

Kommentar: Merk at Smørbekk og Kongsvinger ligger foran på spenningsvinkel og mottar reaktiv effekt mens Holmlia har relativt stor reaktiv produksjon.

Simulering 1. Effektflyt mellom knutepunkter (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	0.750-j2.422	-0.776-j0.638			
Ski	-3.368+j4.450		3.082-j3.240	0.286-j1.209	
Lillestrøm		-0.281+j0.768			0.087-j1.861

Kommentar: Merk relativt stor reaktiv effektflyt på strekningene Oslo-S-Smørbekk, Ski-Østre linje og Lillestrøm mot Kongsvinger.

Simulering 2. Last og produksjon og spenning i omformerstasjoner. Halvert ytelse i Smørbekk.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last $P+jQ$ (MVA)	-2.0-j1.0	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon $P+jQ$ MVA	3.3-j0.2	5.7+j3.7	6.8+j5.9	13.9+j10.4	1.3-j1.4
$U\angle\varphi^\circ$ kV	16.2 \angle -15.71 $^\circ$	16.2 \angle -19.12 $^\circ$	16.2 \angle -19.31 $^\circ$	16.2 \angle -19.03 $^\circ$	16.2 \angle -12.10 $^\circ$

Kommentar: Merk at i forhold til i simulering 1 har Smørbekk nærmet seg Holmlia, Alnabru og Lillestrøm når det gjelder spenningsvinkel og at alle omformere bortsett fra Kongsvinger produserer mindre reaktiv effekt.

Simulering 2. Effektflyt mellom knutepunkter. Halvert ytelse i Smørbekk (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	0.029-j1.632	-0.348-j1.096			
Ski	-2.392+j3.304		2.118-j2.142	0.273-j1.163	
Lillestrøm		-0.636+j1.144			0.087-j1.918

Kommentar: Redusert ytelse i Smørbekk gir redusert reaktiv effektflyt sørover fra Oslo/Holmlia mot Smørbekk. Aktiv effektflyt nordover fra Smørbekk mot Ski og videre mot Holmlia og Oslo-S blir redusert. Det er endringer i spenningsvinkler, og forskjellen mellom disse som påvirker effektflyten og når ytelsen i Smørbekk reduseres blir Oslo-S og Holmlia liggende mindre etter Smørbekk og effektflyten reduseres. Simuleringen viser at redusert ytelse i Smørbekk fører til reduksjon i utveksling av effekt mellom omformere i dette området og at spesielt Holmlia omformer blir gunstig påvirket og får en redusert reaktiv produksjon.

Simulering 3. Last og produksjon og spenning i omformerstasjoner. Halvert ytelse i Kongsvinger.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-2.0-j1.0	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	4.9-j1.7	5.4+j4.1	6.6+j6.0	13.5+j9.7	1.1-j0.3
$U\angle\varphi^\circ$ kV	16.5 \angle -13.27°	16.5 \angle -18.13°	16.5 \angle -18.58°	16.5 \angle -18.42°	16.5 \angle -15.66°

Kommentar: Merk at i forhold til i simulering 1 har Kongsvinger nærmet seg Alnabru og Lillestrøm når det gjelder spenningsvinkel og at alle omformere bortsett fra Kongsvinger produserer mindre reaktiv effekt.

Simulering 3. Effektflyt mellom knutepunkter. Halvert ytelse i Kongsvinger (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	0.768-j2.500	-0.886-j0.574			
Ski	-3.420+j4.512		3.130-j3.288	0.291-j1.223	
Lillestrøm		-0.170+j0.670			0.065-j0.789

Kommentar: I forhold til simulering 1 er det sterkt redusert overføring av reaktiv effekt mot Kongsvinger. Dette fører til at omformer på Lillestrøm leverer mindre reaktiv effekt. Forklaringen er at Kongsvinger omformer nå blir hardere lastet, spenningsvinkelen øker, nærmer seg Lillestrøm og dette gir redusert reaktiv effektflyt. Vinkelforskjellene mellom Lillestrøm-Alnabru og Oslo-S endrer seg bare marginalt og dermed også effektflyten. Redusert ytelse i Kongsvinger gir altså redusert utveksling av effekt i området.

Simulering 4. Last og produksjon og spenning i omformerstasjoner. Lastøkning i Holmlia.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-2.0-j1.0	-12.0-j3.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	5.3-j2.1	6.7+j8.3	7.0+j5.6	14.4+j10.0	1.3-j1.5
$U\angle\varphi^\circ$ kV	16.5 \angle -14.23°	16.5 \angle -19.94°	16.5 \angle -19.64°	16.5 \angle -19.21°	16.5 \angle -12.08°

Kommentar: Merk at i forhold til i simulering 1 har Holmlia lagt seg enda mer bak Smørbekk, og at Holmlia har lagt seg bak Alnabru og Lillestrøm når det gjelder spenningsvinkel.

Simulering 4. Effektflyt mellom knutepunkter. Lastøkning i Holmlia (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	-1.432-j0.164	0.470-j2.028			
Ski	-3.988+j5.330		3.652-j3.862	0.337-j1.469	
Lillestrøm		-1.368+j1.926			0.089-j2.050

Kommentar: Lastøkningen i Holmlia fører til at spenningsvinkelen i Holmlia legger seg enda mer etter Ski og Smørbekk når det gjelder spenningsvinkel. Omformerene svarer med å produsere vesentlig mer reaktiv effekt som fordeles vesentlig nordover mot Oslo-S men også sørover, vesentlig mot Smørbekk. Økning i aktiv effektproduksjon er betydelig mindre enn for reaktiv effekt og økningen i aktivt effektforbruk dekkes vesentlig opp fra Oslo-S.

Simulering 9. Last og produksjon og spenning i omformerstasjoner . Lastøkning i Smørbekk.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-8.0-j1.5	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	7.980+j1.640	5.827+j3.343	6.851+j5.785	14.15+j10.24	1.328-j1.460
$U \angle \varphi^\circ$ kV	16.5 \angle -17.34°	16.5 \angle -19.28°	16.5 \angle -19.23 °	16.5 \angle -18.89°	16.5 \angle -11.97

Kommentar: I forhold til simulering 1 har Smørbekk nærmet seg de andre omformerne når det gjelder spenningsvinkel og det er gjennomgående mindre reaktiv produksjon i omformerne.

Simulering 9. Effektflyt mellom knutepunkter. Lastøkning i Smørbekk (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	-0.686-j0.974	0.010-j1.540			
Ski	-1.505+j2.296		1.240-j1.172	0.266-j1.125	
Lillestrøm		-0.984+j1.526			0.090-j1.985

Kommentar: I forhold til simulering 1 viser denne simuleringen at effektflyt mellom omformere blir redusert når Smørbekk lastes opp.

Simulering 15 Last og produksjon og spenning i omformerstasjoner. Halv ytelse og øket last i Smørbekk.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-8.0-j1.5	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	6.1+j3.7	6.1+j2.9	7.1+j5.6	14.5+j10.0	1.3-j1.5
$U \angle \varphi^\circ$ kV	16.5 \angle -20.27°	16.5 \angle -20.17°	16.5 \angle -19.78°	16.5 \angle -19.32°	16.5 \angle -12.11

Simulering 15. Effektflyt fra til knutepunkter. Halv ytelse og øket last i Smørbekk (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	-1.728+j0.114	0.627-j2.200			
Ski	-0.136-j0.792		-0.112+j0.266	0.250-j1.060	
Lillestrøm		-1.503-j2.064			0.086-j2.171

Simulering 16 Last, produksjon og spenning i omformerstasjoner . Halv ytelse, øket last og redusert Xq i Smørbekk.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-8.0-j1.5	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	6.5+j3.2	6.1+j3.0	7.0+j5.6	14.4+j10.0	1.3-j1.5
$U \angle \varphi^\circ$ kV	16.5 \angle -19.54°	16.5 \angle -19.94°	16.5 \angle -19.64 °	16.5 \angle -19.21°	16.5 \angle -11.97

Simulering 16. Effektflyt fra-til knutepunkter. Halv ytelse og redusert Xq i Smørbekk (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	-1.464+j0.159	0.474-j2.032			
Ski	-0.356+j0.864		0.226-j0.088	0.254-j1.076	
Lillestrøm		-1.372-j1.929			0.086-j2.171

Simulering 17. Last og produksjon og spenning i omformerstasjoner . Halv ytelse og øket Xq i Smørbekk.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-8.0-j1.5	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	5.7+j4.1	6.2+j2.8	7.1+j5.5	14.6+j9.9	1.4-j1.6
$U\angle\varphi^\circ$ kV	16.5 \angle -20.80°	16.5 \angle -20.33°	16.5 \angle -19.88 °	16.5 \angle -19.40°	16.5 \angle -12.14

Simulering 17. Effektflyt fra-til knutepunkter. Halv ytelse og øket Xq i Smørbekk (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	-1.920+j0.316	0.741-j2.318			
Ski	0.116+j0.524		-0.362+j0.524	0.247-j1.047	
Lillestrøm		-1.600+j2.164			0.088-j2.084

Kommentar til simulering 15, 16 og 17: Her er simulering 15 sammenligningsgrunnlag for simulering 16 og 17. Virkningen av å redusere Xq for Smørbekk omformer (simulering 16) er at produksjon av aktiv effekt i Smørbekk øker mens produksjon av aktiv effekt i Holmlia avtar. Reaktiv effektproduksjon avtar i Smørbekk og øker i Holmlia. På spenningsvinklene ser en at Smørbekk legger seg foran Holmlia når Xq reduseres. En økning av Xq (simulering 17) gir motsatt effekt av en reduksjon.

Effektflyten mellom omformere blir også påvirket. Når Xq i Smørbekk reduseres blir aktiv effekt overført nordover fra Smørbekk mot Ski og Holmlia mens reaktiv blir overført i motsatt retning. En økning av Xq (simulering 17) gir også her motsatt effekt av en reduksjon. Xq for en statisk omformer er mao. en parameter som kan benyttes for å justere effektflyten.

Merk også at i simulering 15 blir aktiv effekt overført nordover fra Sarpsborg via Østre linje og Ski mot Smørbekk.

Simulering 21. Last og produksjon og spenning i omformerstasjoner . Nytt dobbeltspor Holmlia-Ski er utkoblet.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-2.0-j1.0	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	4.7+j1.4	5.5+j3.9	6.6+j6.0	13.8+j10.6	1.3-j1.4
$U\angle\varphi^\circ$ Kv	16.5 \angle -12.83°	16.5 \angle -18.25°	16.5 \angle -18.61 °	16.5 \angle -18.39°	16.5 \angle -11.80

Simulering 21. Effektflyt fra-til knutepunkter. Halv ytelse og øket Xq i Smørbekk (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	0.514+j2.230	-0.693-j0.780			
Ski	-3.190+j3.972		2.906-j2.886	0.285-j1.085	
Lillestrøm		-0.388+j0.900			0.091-j1.890

Kommentar til simulering 1 og 21: Med liten belastning (2+j1 MVA) i Smørbekk, er lastflyten som følger (simulering 1): Aktiv effekt flyter nordover fra Smørbekk, med bidrag fra Sarpsborg og fra Sarpsborg via Østre linje mot Oslo-S. Reaktiv effekt flyter fra Oslo-S med bidrag fra Holmlia via Ski mot Østre linje og til Smørbekk. En vesentlig del forbrukes av Smørbekk omformer mens resterende flyter mot Sarpsborg.

Ved utkobling av nytt dobbeltspor mellom Holmlia og Ski skjer følgende: Aktiv effektflyt fra syd mot nord blir redusert. For Østre linje er aktiv effektflyt uendret. Overføring av reaktiv effekt fra nord mot sør avtar og effektfaktor blir litt høyere i hele systemet. På spenningsvinkler vises dette hovedsakelig som at vinkelforskjellen mellom Holmlia og Ski øker mens de andre vinkelforskjeller mellom Oslo-S og Smørbekk blir redusert.

Simuleringen viser at en sterk forbindelse mellom nord og sør gir økt reaktiv effektlyt mellom de to områdene.

Simulering 18. Last, produksjon og spenning i omformerstasjoner . Halv ytelse og DTETA er +1.0 i Smørbekk.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-8.0-j1.5	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	6.3+j3.5	6.1+j3.0	7.0+j5.6	14.5+j10.0	1.3-j1.5
$U \angle \varphi^\circ$ Kv	16.5 \angle -19.95°	16.5 \angle -20.07°	16.5 \angle -19.72°	16.5 \angle -19.27°	16.5 \angle -12.10

Simulering 18. Effektflyt fra-til knutepunkter. Halv ytelse og DTETA er +1.0 i Smørbekk (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	-1.614+j1.980	0.561-j2.126			
Ski	-0.285+j0.953		0.034+j0.113	0.251-j1.066	
Lillestrøm		-1.446+j2.002			0.089-j2.059

Simulering 19. Last, produksjon og spenning i omformerstasjoner . Halv ytelse og DTETA er -1.0 i Smørbekk.

Omformer	Smørbekk	Holmlia	Alnabru	Lillestrøm	Kongsvinger
Last P+jQ (MVA)	-8.0-j1.5	-8.0-j2.0	-8.0-j6.0	-14.0-j9.0	-1.0-j0.5
Produksjon P+jQ MVA	5.5+j4.3	6.2+j2.8	7.1+j5.5	14.6+j9.9	1.4-j1.6
$U \angle \varphi^\circ$ Kv	16.5 \angle -21.10°	16.5 \angle -20.43°	16.5 \angle -19.94°	16.5 \angle -19.45°	16.5 \angle -12.16

Simulering 19. Effektflyt fra-til knutepunkter. Halv ytelse og DTETA er -1.0 i Smørbekk (MVA).

Til \ Fra	Holmlia	Alnabru	Smørbekk	Ø.linje	Kongsvinger
Oslo-S	-2.030+j0.428	0.804-j2.386			
Ski	1.372+j0.372		-0.502+j0.668	0.245-j1.040	
Lillestrøm		-1.656+j2.222			0.089-j2.093

Kommentar: Her sees simulering 18 og 19 i sammenheng med simulering 15. En endring av DTETA i Smørbekk gir klare utslag på spenningsvinkelen der i forhold til i Holmlia. En positiv verdi fører til at Smørbekk går fra å ligge bak Holmlia til å legge seg foran. Dette fører til at Smørbekk produserer mer aktiv effekt og mindre reaktiv mens Holmlia opplever det motsatte. En negativ verdi for DTETA gir motsatt effekt.

Effektflyten mellom omformere blir også påvirket. Når DTETA i Smørbekk settes positiv blir aktiv effekt overført nordover fra Smørbekk mot Ski og Holmlia mens reaktiv blir overført i motsatt retning. En negativ DTETA gir motsatt effekt. DTETA er for en statisk omformer også en parameter som kan benyttes for å justere effektflyten.

3.2 Ny omformerstasjon i Oslo-området

I simuleringen av ny statisk omformerstasjon i Fjellstallen og Lodalen er det tatt utgangspunkt i en statisk omformer på 3x14 MVA, identisk med Lillestrøm omformerstasjon.

Ekvivalent for trefaseforsyningen er fremskaffet av Oslo Energi Konsult og er basert på Skøyen koblingsstasjon for år 2005 med 132 kV forsyningsspenning.

3.2.1 Banestrømforsyningen i tomgang

Studien er utført med høylast på trefasesiden, denne lastsituasjonen vil normalt gi de største vinkelutslagene på enfasesiden. Det kan allikevel være tilfeller med endrede koblingsbilder på trefasesiden som gir dårligere samkjøringsforhold, det kan være utkobling av linjer og reservemating på grunn av feil eller vedlikehold på trefasenettet.

På grunn av konvergensproblemer i tomgang er det tatt utgangspunkt i den laveste opplasting av aktiv effekt som gir konvergens for alle omformerstasjoner. Det er lagt på en reaktiv effekt som utgjør en $\cos \varphi = 0.8$. På grunn av vinkelforskjeller kan man se at enkelte stasjoner har en betydelig dårligere effektfaktor enn 0.8. Dette skyldes at det flyter en del reaktiv effekt mellom omformerstasjonene.

For alle 3 alternative plasseringer av ny omformer har en studert hvordan kretsen fungerer i tomgang dvs at belastningen, eller lastuttaket er null. Situasjonen tilsvarer at all trafikk er stanset, og er den situasjonen som best synliggjør eventuell uønsket effektflyt mellom omformere i og med at dette er den eneste effekten som flyter i systemet.

Det viktige å merke seg i denne sammenhengen er imidlertid følgende. Vinkelforskjeller mellom spenningene på 3-fasesidene av omformerne fører til vinkelforskjeller mellom spenningene på 1-fasesidene. Dette fører i sin tur til uønsket effektflyt og effekttap mellom omformere. Produsert aktiv tomgangseffekt for hver omformer er vist i tabell 2 for de 3 alternative plasseringer.

Tabell 2 Banestrømforsyningen i tomgang

Omformer	Alternativ Holmlia Produksjon (MW)	Alternativ Lodalen Produksjon (MW)	Alternativ Skøyen Produksjon (MW)
Jessheim	0.053	0.046	-0.014
Lillestrøm	0.034	0.336	0.254
Alnabru	-0.015	0.015	-0.042
Asker	0.496	0.516	0.464
Holmlia	-0.487	-0.265	-0.321
Smørbekk	0.223	0.207	0.167
Sarpsborg	-0.344	-0.353	-0.372
Lodalen		-0.198	
Skøyen			0.145

Kommentarer til verdiene.

Når det gjelder effektproduksjon i tomgang, og dermed effektflyt mellom omformere er Jessheim, Alnabru, Asker, Smørbekk og Sarpsborg omformere bare i forholdsvis liten grad berørt av hvilket plasseringsalternativ som velges.

Lillestrøm får en økning i produsert effekt ved alternativene Lodalen og Skøyen i forhold til alternativ Holmlia. For alternativ Lodalen henger dette bla. sammen med at Lillestrøm ligger foran Lodalen på spenningsvinkel og at det er en kraftig forbindelse mellom de to omformerne. Dette fører til at effekt overføres fra Lillestrøm mot Lodalen omformer. I et

virkelig driftstilfelle vil dette bidra til at Lodalen får mindre aktiv effektproduksjon og i tillegg at den vil ha en tendens for å produsere mindre, eller trekke reaktiv effekt. For alternativ Skøyen blir effekten fra Lillestrøm mer fordelt.

Holmlia mottar forholdsvis mye effekt ved alternativ Holmlia i forhold til de andre alternativer. Dette henger sammen med at Holmlia ligger langt tilbake på spenningsvinkel. I et virkelig driftstilfelle vil denne dette bidra til at Holmlia får mindre aktiv effektproduksjon og i tillegg at den vil ha en tendens til å produsere reaktiv effekt.

Lodalen ligger som nevnt foran tilbake på spenningsvinkelen spesielt i forhold til Lillestrøm. Dette fører til at effekt overføres mot denne omformerer og som nevnt at Lodalen får mindre aktiv effektproduksjon og i tillegg at den vil ha en tendens til å produsere mye reaktiv effekt.

Skøyen ligger langt framme på spenningsvinkelen og dette fører til at denne leverer aktiv effekt også i tomgangstilfellet.

Totalt sett er tomgangseffektene så små at de ikke påtvinger spesielle tiltak i stasjonene. De resultatene som er fremkommet er allikevel nyttige for å kunne forstå omformerernes oppførsel i systemet selv om tomgangsvinklene kun er en liten del av totalbildet. Den aktuelle togbelastningen vil bestemme hvordan omformerne egentlig virker i systemet.

4 Trafikkstudie i Simtrac

4.1 Spenningsregulering

I utgangspunktet er følgende spenningsregulering benyttet ved full ytelse i stasjonene:

Statiske omformerstasjoner flat spenning 16,5 kV.

Holmlia 16,5 kV i tomgang synkende til 16,3 ved full last $\varphi=70^\circ$.

Alnabru 16,5 kV i tomgang synkende til 16,38 ved full last $\varphi=70^\circ$.

Asker 16,5 kV i tomgang synkende til 16,46 ved full last $\varphi=70^\circ$.

Spenningsregulatorerne forutsettes ikke stilt om ved utfall av aggregater. Dette er viktig og medfører at spenningssenkningen øker når ytelsen reduseres. Slik avlastes stasjonen ekstra ved utfall av aggregater.

I utgangspunktet bør spenningsreguleringen være mest mulig lik for alle stasjonene. Imidlertid kan det være behov for å redusere spenningen for å unngå at enkelte stasjoner overbelastes. Endringen bør være så liten som mulig slik at det er belastningens geografiske fordeling som styrer hvilke stasjoner som belastes hardest.

4.2 Dagens omformerstasjoner med dobbeltspor

Simuleringer utført i forbindelse med Kraftsystemplan for Oslo-området konkluderer med at Holmlia omformerstasjon er utsatt for overbelastning dersom man tar ut ett Q48 aggregat i Holmlia og ett Q48 i Asker. Holmlia går i denne studien med en svært dårlig effektfaktor, noe som er utslagsgivende for at stasjonen overbelastes. På den bakgrunn er det utført trafikksimuleringer der man forsøker å minske belastningen av Holmlia uten å sette inn nye omformerstasjoner i Oslo-området.

Det er utført flere simuleringer for å studere muligheten til å redusere reaktiv opplastning av Holmlia omformerstasjon slik at den går under grensene for overbelastning. I henhold til kapittel 3 er det sett på endring av vinkelkarakteristikken og referansevinkel i Smørbekk. Formålet er å bedre effektfaktoren i Holmlia ved å redusere reaktiv effektflyt mot Smørbekk. Det er også gjort forsøk med å gi Holmlia en mer fallende spenningskarakteristikk. Tilslutt er det forsøkt å plassere et kondensatorbatteri i Holmlia.

I alle simuleringene ligger det inne nytt dobbeltspor fra Oslo – Ski og fra Skøyen – Asker, dette fordi disse på litt sikt (10 – 11 år) vil være ferdig utbygd og påvirke samkjøringen i Oslo – området. I tiden frem til dobbeltsporene står ferdige planlegges det dessuten begrensninger i togtrafikken.

Alle simuleringene bygger på utfall av ett Q48 i Asker og ett Q48 i Holmlia.

4.2.1 Utfall av ett Q48 i Asker og ett i Holmlia, To aggregater i Smørbekk (simulering "Bas1")

Det er først sett på en situasjon med full ytelse i alle stasjonene i Oslo – området med unntak av Holmlia og Asker som hver mangler ett Q48 aggregat. Denne simuleringen danner utgangspunkt for vurdering av de ulike tiltakene i Smørbekk og som en referanse for simuleringer med nye omformerstasjoner.

Simuleringen er døpt Bas1. Verdier i kursiv er over merkeytelsen til den aktuelle omformeren. Legg merke til at seksminuttsverdier for aktiv og reaktiv effekt er maksimalverdier over den simulerte timen og ikke nødvendigvis sammenfallende i tid.

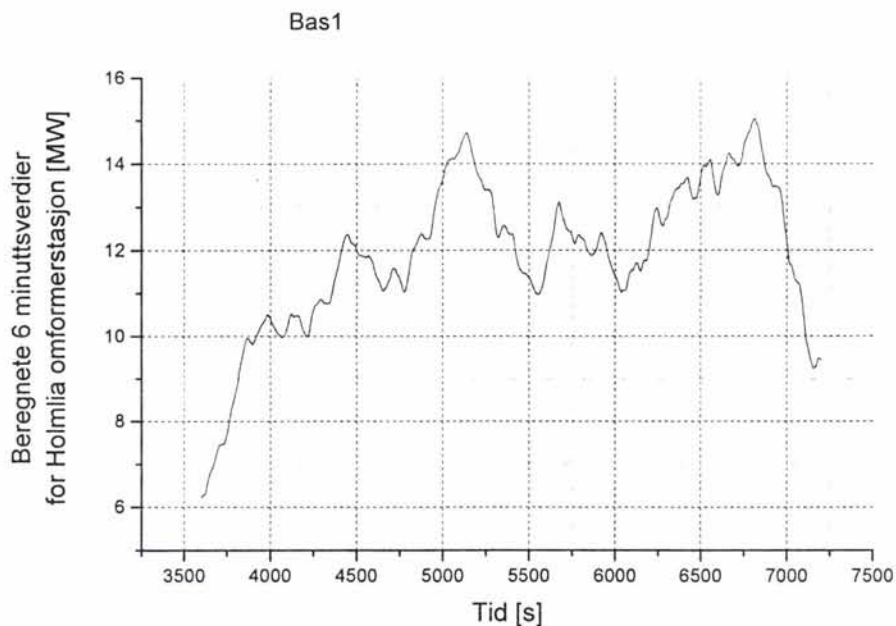
Tabell 3 Belastning av omformerstasjonene i Oslo-området (bas1)

Belastning av omformere i Oslo-området kl. 15.00 – 16.00			
Simulering: Bas1			
Smørbekk	Energiuttak	38854.00	MWs
	Integret		
	tilsynelatende effekt	39873.00	MVAs
	P 6 min	13.46	MW
	Q 6 min	3.75	MVAr
	S 6 min	13.73	MVA
	I 2 sek	1393.00	A
	Effektfaktor	0.9744	
Holmlia	Energiuttak	25934.00	MWs
	Integret		
	tilsynelatende effekt	43232.00	MVAs
	P 6 min	9.09	MW
	Q 6 min	12.00	MVAr
	S 6 min	15.04	MVA
	I 2 sek	1584.00	A
	Effektfaktor	0.60	
Asker	Energiuttak	42399.00	MWs
	Integret		
	tilsynelatende effekt	58473.00	MVAs
	P 6 min	15.14	MW
	Q 6 min	14.35	MVAr
	S 6 min	20.69	MVA
	I 2 sek	2308.00	A
	Effektfaktor	0.725	
Alnabru	Energiuttak	40643.00	MWs
	Integret		
	tilsynelatende effekt	44598.00	MVAs
	P 6 min	13.67	MW
	Q 6 min	7.60	MVAr
	S 6 min	15.07	MVA
	I 2 sek	1475.00	A
	Effektfaktor	0.91	
Lillestrøm	Energiuttak	64250.00	MWs
	Integret		
	tilsynelatende effekt	66257.00	MVAs
	P 6 min	22.00	MW
	Q 6 min	8.06	MVAr
	S 6 min	23.09	MVA
	I 2 sek	2034.00	A
	Effektfaktor	0.97	
Jessheim	Energiuttak	39420.00	MWs
	Integret		
	tilsynelatende effekt	40999.00	MVAs
	P 6 min	13.13	MW
	Q 6 min	4.03	MVAr
	S 6 min	13.90	MVA
	I 2 sek	1339.00	A
	Effektfaktor	0.96	
Energiuttak i Osloområdet fra kl 15.00 – 16.00:		251500.00	MWs

Fra tabell 3 kan man se at Holmlia omformerstasjon i denne driftssituasjonen har en svært dårlig effektfaktor. Midlere effektfaktor over den simulerte timen er 0.6 (midlere effektfaktor er her definert som energiuttaket dividert med integrert tilsynelatende effekt).

Generelt bekrefter simuleringen analysene i kapittel 3 som viser at effektfaktoren vil være dårlig i omformerstasjoner som er høyt belastet i forhold til merkeytelsen.

For å synliggjøre problemene i Holmlia er det i figur 1 tatt med et diagram som viser hvordan seksminuttsbelastningen varierer over den simulerte timen.



Figur 1 Seksminutts belastning i Holmlia (bas1)

Omformerstasjonen skal nominelt tåle 14 MVA i seks minutter, dette forutsetter imidlertid at belastningen i forkant av maksimalbelastningen har vært under 7 MVA og at belastningen i etterkant av maksimalverdien er under slik at aggregatet får kjølt seg ned. I figur 1 ser man at belastningen ligger jevnt høyt med seksminuttsverdier rundt 12 MVA og med en topp på 15 MVA. Dette vil føre til overoppheting av aggregatet.

Asker omformerstasjon er også høyt belastet med verdier opp mot merkeverdi og med kortvarige strømmer langt over merkeverdi.

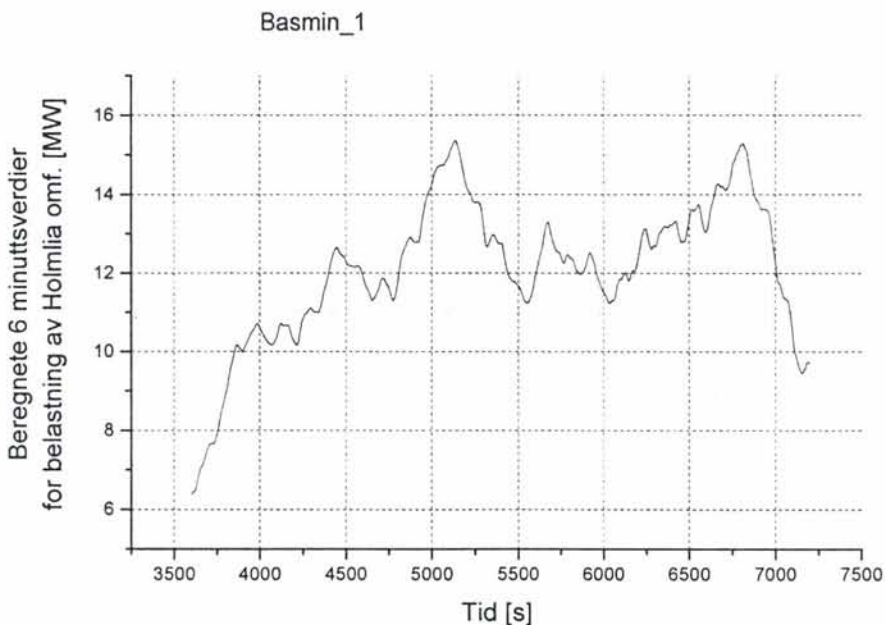
4.2.2 Utfall av ett Q48 i Asker og ett i Holmlia, Ett aggregat i Smørbekk (Basmin1)

Denne simuleringen er helt lik simuleringen Bas1 over men Smørbekk har halvert ytelse for å gi denne en høyere relativ belastning og slik utjevne noe av vinkelforskjellen.

Tabell 4 Belastning av Smørbekk og Holmlia (basmin1)

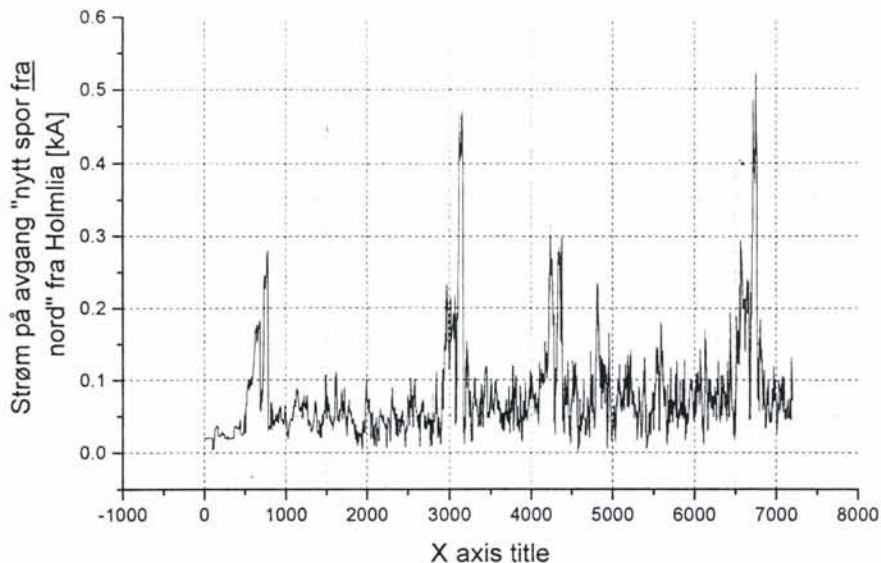
Belastning av Holmlia og Smørbekk kl. 15.00 - 16.00			
Filnavn: Basmin1			
Smørbekk	Energiuttak	29624.0	MWs
	Integrert	31774.0	MVAs
	tilsynelatende effekt		
	P 6 min	10.5	MW
	Q 6 min	5.7	MVA
	S 6 min	11.5	MVA
	I 2 sek	888	A
	Effektfaktor	0.932	
Holmlia	Energiuttak	29691.0	MWs
	Integrert	44014	MVAs
	tilsynelatende effekt		
	P 6 min	10.3	MW
	Q 6 min	11.8	MVA
	S 6 min	15.4	MVA
	I 2 sek	1680	A
	Effektfaktor	0.675	

Resultatene her viser at Smørbekk tar på seg mer av den reaktive effektproduksjonen og at reaktiv belastning i Holmlia har gått ned. Dessverre har den aktive effektproduksjonen i Smørbekk gått ned mer enn den reaktive produksjonen har øket. Det medfører at Holmlia har fått en betydelig bedre effektfaktor men siden aktiv effekt har økt mer enn den reaktive har sunket har belastningen i Holmlia totalt sett økt.

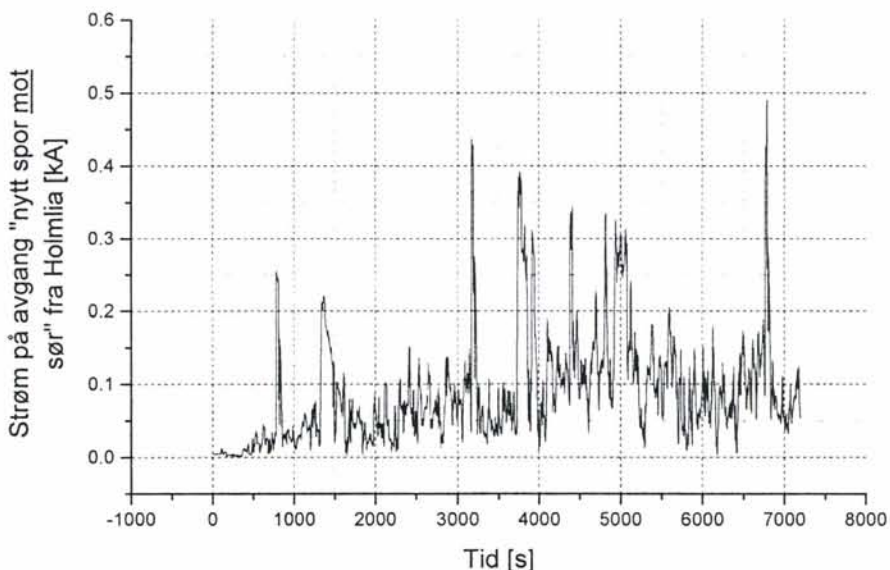


Figur 2 Seksminutts belastning av Holmlia (basmin 1)

For å se på belastningen av kontaktledningsanlegget er det tatt ut strømkurver for utgående linjer i Holmlia. Figur 3 og figur 4 viser at strømmene ligger langt under de 600 A kontinuerlig som kontaktledningsanlegget vanligvis er dimensjonert for. Dersom det bygges system 25 kontaktledningsanlegg er dette dimensjonert for 800 A kontinuerlig. Det er derfor ingen fare for overbelastning av kontaktledningsanlegget i normal drift.



Figur 3 Strøm på avgang "nytt spor fra nord" i Holmlia (basmin1)



Figur 4 Strøm på avgang "nytt spor mot sør" i Holmlia

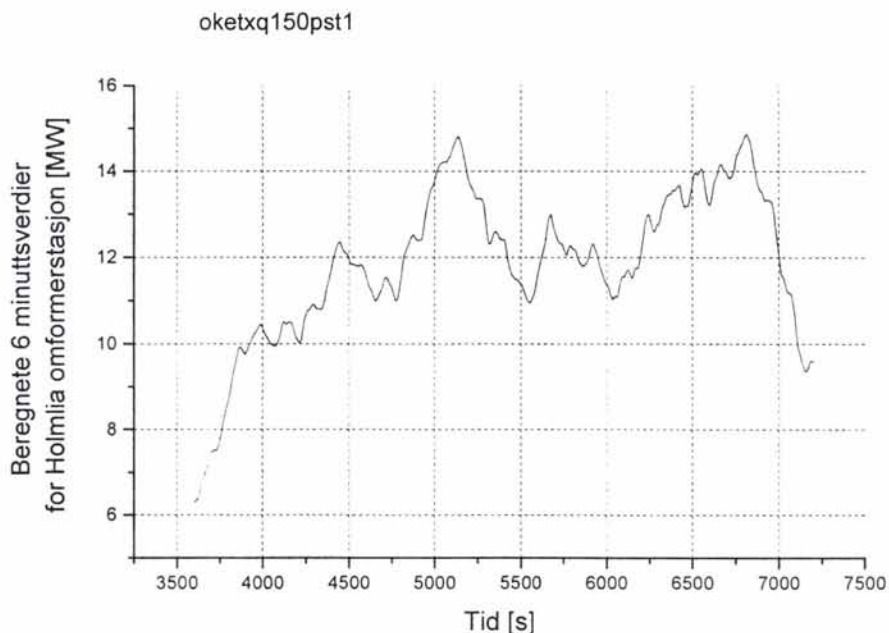
4.2.3 Utfall av ett Q48 i Asker og ett i Holmlia, Ett aggregat i Smørbekk, økt xq (Oketxq150pst1)

Denne simuleringen er har tilsvarende installert ytelse som basmin1 over. Endringen er at aggregatet i Smørbekk har fått et større vinkelutslag som funksjon av belastningen. Vinkelkarakteristikken for et omformeraggregat er typisk gitt av parameteren Xq. Denne parameteren er for roterende omformeraggregater gitt av konstruksjonen. For statiske aggregater er den en syntetisk størrelse som er styrt av mykvaren i stasjonen. Xq er i denne simuleringen økt med 50 % i forhold til dagens verdi.

Tabell 5 Belastning av Holmlia og Smørbekk (oketxq150pst1)

Belastning av Holmlia og Smørbekk kl. 15.00 - 16.00 filnavn: oketxq150pst1		
<i>Smørbekk</i>		
Energiuttak	25890.0	MWs
Integerert tilsynelatende effekt	29515.0	MVAs
P 6min	9.57	MW
Q 6min	6.84	MVA _r
S 6min	11.29	MVA
I 2 sek	891	A
Effektfaktor	0.88	
<i>Holmlia</i>		
Energiuttak	29266.0	MWs
Integerert tilsynelatende effekt	43195.0	MVAs
P 6min	10.1	MW
Q 6min	11.3	MVA _r
S 6min	14.87	MVA
I 2 sek	1601	A
Effektfaktor	0.68	

Som **tabell 8** viser er aktiv effekt redusert i både Smørbekk og Holmlia. Reaktiv effektproduksjon i Holmlia er redusert ytterligere i forhold til basmin1 samtidig som den reaktive produksjonen i Smørbekk er økt. Totalt sett har endringen i Xq gitt en bedre samkjøring mellom Holmlia og Smørbekk noe som sees av at aktiv effekt i begge stasjonene er redusert. Holmlia har fått en litt bedret effektfaktor men er allikevel overbelastet som S6min verdien viser.



Figur 5 Seksminuttsbelastning av Holmlia (oketxq150pst1)

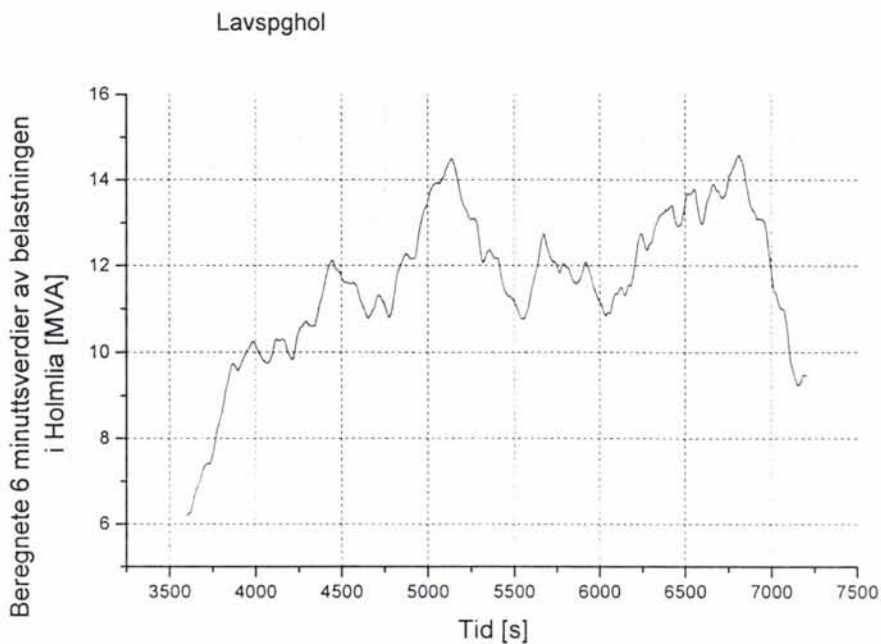
4.2.4 Utfall av ett Q48 i Asker og ett i Holmlia, Ett aggregat i Smørbekk øket xq, redusert spenning i Holmlia (LavspgHol150pst1)

For å redusere opplastningen i Holmlia ytterligere er det forsøkt å gi stasjonen en større reduksjon av spenningen. Dette vil påvirke både den aktive og den reaktive produksjonen i samme retning.

Tabell 6 Belastning av Holmlia og Smørbekk (LavspgHol150pst1)

Belastning av Holmlia og Smørbekk kl. 15.00 - 16.00			
Filnavn: LavspgHol			
Smørbekk	Energiuttak	25953.0	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	29618.0	MVAs
	P 6 min	9.6	MW
	Q 6 min	6.9	MVAr
	S 6 min	11.3	MVA
	I 2 sek	891	A
	Effektfaktor	0.88	
	Holmlia	Energiuttak	28986.0
Integrert tilsynelatende effekt		42402.0	MVAs
P 6 min		9.6	MW
Q 6 min		11	MVAr
S 6 min		14.6	MVA
I 2 sek		1571	A
Effektfaktor		0.68	

Som tabell 6 viser har spenningsreduksjonen gitt en reduksjon i både aktiv og reaktiv effekt i Holmlia og en tilsvarende økning i Smørbekk. Det er likevel relativt små endringer i belastningen og ikke nok til at Holmlia omformerstasjon ikke overbelastes.



Figur 6 Seksminuttsbelastning av Holmlia omformerstasjon (lavspgHol150pst1)

4.2.5 Kondensatorbatteri installert på Holmlia

I denne simuleringen er det forsøkt å redusere belastningen i Holmlia ved å installere et kondensatorbatteri på 4 MVAr ved stasjonen. Ellers er situasjonen som for "bas1"

Tabell 7 Belastning av stasjoner i Oslo-området (holkon1)

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 16.00			
filnavn: holkon1			
Holmlia	Energiuttak	24239	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	33336	MVAs
	S time	9.2	MVA
	S 6 min	12.2	MVA
	I maks	1408	A
	Effektfaktor	0.73	
Smørbekk	Energiuttak	39037	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	40051	MVAs
	S time	11.1	MVA
	S 6 min	13.7	MVA
	I maks	1395	A
	Effektfaktor	0.97	
Asker	Energiuttak	43587	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	58594	MVAs
	S time	16.3	MVA
	S 6 min	20.7	MVA
	I maks	2390	A
	Effektfaktor	0.74	
Alnabru	Energiuttak	40909	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	44628	MVAs
	S time	12.4	MVA
	S 6 min	15	MVA
	I maks	1443	A
	Effektfaktor	0.91	
Lillestrøm	Energiuttak	64300	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	66226	MVAs
	S time	18.4	MVA
	S 6 min	23.1	MVA
	I maks	2115	A
	Effektfaktor	0.97	

Som tabell 7 viser har innsettingen av ett kondensatorbatteri på Holmlia hatt en god effekt på belastningen av stasjonen. De kortvarige strømmene i Holmlia og Asker er imidlertid fremdeles langt over merkeytelsene.

Siden det kun er simulert over en time bør det utføres ytterligere simuleringer over et lengre tidsrom for å være sikker på at den høyeste belastningen er registrert.

4.3 Ny omformerstasjon i Oslo-området

Det er utført simuleringer med ny omformerstasjon i Oslo-området. I simuleringen er omformeren plassert i Lodalen. Nøyaktig hvor i Oslo (Skøyen eller Lodalen) omformeren plasseres spiller likevel mindre rolle for lastflyten i Oslo-området som helhet.

4.3.1 Holmlia og Alnabru i drift (oslobas2)

I denne simuleringen er det tenkt en installert omformerytelse i Lodalen på 3x15 MVA. Simuleringen er i utgangspunktet tenkt som en referanse for de påfølgende simuleringene med andre ytelse.

Det er tenkt utfall av ett Q48 aggregat i Holmlia og ett i Lodalen, mens ytelsen i Alnabru er redusert til ett 10 MVA aggregat permanent.

I de første simuleringene med denne oppstillingen opplevde man at Lodalen omformerstasjon gikk i strømgrense på likeretteren. Dette virket veldig uheldig på systemet, se også kapittel 4.3.7. De første simuleringene var basert på en dimensjonering av likeretter og vekslere som for Lillestrøm omformerstasjon. I oslobas2 simuleringen er det benyttet en dimensjonering tilsvarende Smørbekk omformerstasjon som har et sterkere mellomledd, det vil si at omformeren kan levere merkeytelsen ved $\cos \varphi = 1.0$. Resultatet er at likeretteren ikke lenger er utsatt for å gå i strømgrense og at det er vekslere som bestemmer maksimalt strømuttak.

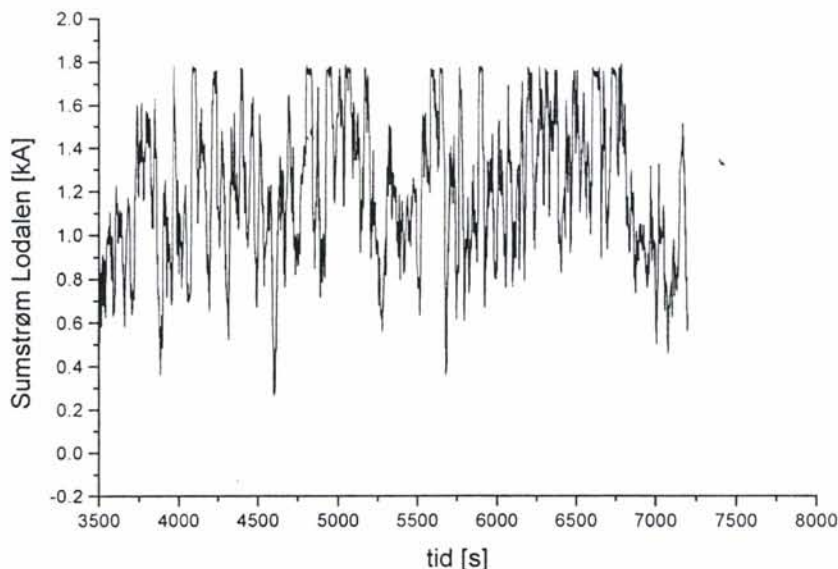
Simulert ytelse i alle stasjonene:

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregat
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Alnabru 1 Q48 aggregat
- Lodalen 2 stk 15 MVA aggregater
- Asker 2 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Holmlia 1 Q48 aggregat
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregater

Tabell 8 Belastning av omformerstasjonene

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 16.00			
filnavn: oslobas2			
Holmlia	Energiuttak	18407	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	27742	MVAs
	S time	7.7	MVA
	S 6 min	9.7	MVA
	I maks	1156	A
	Effektfaktor	0.66	
	Lodalen	Energiuttak	55473
Integrert tilsynelatende effekt		71751	MVAs
S time		19.9	MVA
S 6 min		24	MVA
I maks		1783	A
Effektfaktor		0.77	
Smørbekk		Energiuttak	32772
	Integrert tilsynelatende effekt	34097	MVAs
	S time	9.5	MVA
	S 6 min	12.1	MVA
	I maks	1275	A
	Effektfaktor	0.96	
	Asker	Energiuttak	47558
Integrert tilsynelatende effekt		56263	MVAs
S time		15.6	MVA
S 6 min		19.7	MVA
I maks		2200	A
Effektfaktor		0.85	
Alnabru		Energiuttak	14918
	Integrert tilsynelatende effekt	15772	MVAs
	S time	4.4	MVA
	S 6 min	5.4	MVA
	I maks	558	A
	Effektfaktor	0.95	
	Lillestrøm	Energiuttak	50502
Integrert tilsynelatende effekt		52320	MVAs
S time		14.5	MVA
S 6 min		18.6	MVA
I maks		1814	A
Effektfaktor		0.97	

Lodalen omformerstasjon er i denne simuleringen relativt hardt belastet og går i strømgrense ved flere anledninger som figur 7 viser.



Figur 7 Sumstrøm Lodalen omformerstasjon

Alnabru omformerstasjon har fått en spesielt lav belastning i denne simuleringen og kan nok med fordel gis en stivere spenningskarakteristikk slik at den bidrar mer til Lodalen omformerstasjon.

Som tabell 8 og tabell 3 viser har Holmlia fått redusert belastning i forhold til simuleringen "bas1" i kapittel 4.2.1. Holmlia har imidlertid fremdeles en relativt høy belastning og en dårlig effektfaktor i forhold til de andre stasjonene i Oslo-området.

Asker omformerstasjon ligger i denne simuleringen med full ytelse og er derfor ikke direkte sammenlignbar med 4.2.1, men belastningen har ikke øket til tross for den økte ytelsen i stasjonen. Dette indikerer at omformeren i Lodalen har avlastet Asker betydelig.

Samlet sett kan man si at en ny omformerstasjon i Lodalen har bidratt til lavere belastning på de utsatte stasjonene i Asker og Holmlia. Alnabru kan i tillegg belastes høyere. Dette ses nærmere på i neste simulering.

4.3.2 Holmlia og Alnabru i drift, stiv spenning i Alnabru (alnstiv)

Denne simuleringen er utført med identisk strømforsyning som oslobas2 i kapittel 4.3.1. Eneste forskjell er at Alnabru omformerstasjon er gitt en stiv spenningskarakteristikk og at det er simulert over et lengre tidsrom (klokken 15.00 – 17.00) for å sikre at verste belastningstilfelle er kommet med. Første time (klokken 15.00 – 16.00) er også resultatbehandlet særskilt for å kunne sammenligne direkte med oslobas2.

Simulert ytelse i alle stasjonene:

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregat
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Alnabru 1 stk 10 MVA aggregat
- Lodalen 2 stk 15 MVA aggregater
- Asker 2 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Holmlia 1 Q48 aggregat
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregater

Tabell 9 belastning av omformerstasjonene (alnstiv1)

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 16.00			
filnavn: alnstiv1			
Holmlia	Energiuttak	18403	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	27711	MVAs
	S time	7.7	MVA
	S 6 min	9.6	MVA
	I maks	1158	A
	Effektfaktor	0.66	
Lodalen	Energiuttak	55370	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	71408	MVAs
	S time	19.8	MVA
	S 6 min	24.1	MVA
	I maks	1784	A
	Effektfaktor	0.78	
Smørbekk	Energiuttak	32774	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	34099	MVAs
	S time	9.5	MVA
	S 6 min	12.1	MVA
	I maks	1273	A
	Effektfaktor	0.96	
Asker	Energiuttak	47553	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	56245	MVAs
	S time	15.6	MVA
	S 6 min	19.8	MVA
	I maks	2200	A
	Effektfaktor	0.85	
Alnabru	Energiuttak	15099	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	16584	MVAs
	S time	4.6	MVA
	S 6 min	6	MVA
	I maks	657	A
	Effektfaktor	0.91	
Lillestrøm	Energiuttak	50427	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	52234	MVAs
	S time	14.5	MVA
	S 6 min	18.6	MVA
	I maks	1820	A
	Effektfaktor	0.97	

Som tabell 9 viser har belastningsgraden i Alnabru økt marginalt av å gi stasjonen stiv spenning mens det i nabostasjonene er enda mindre utslag på belastningen. Velger allikevel å bruke denne innstillingen i de påfølgende simuleringene.

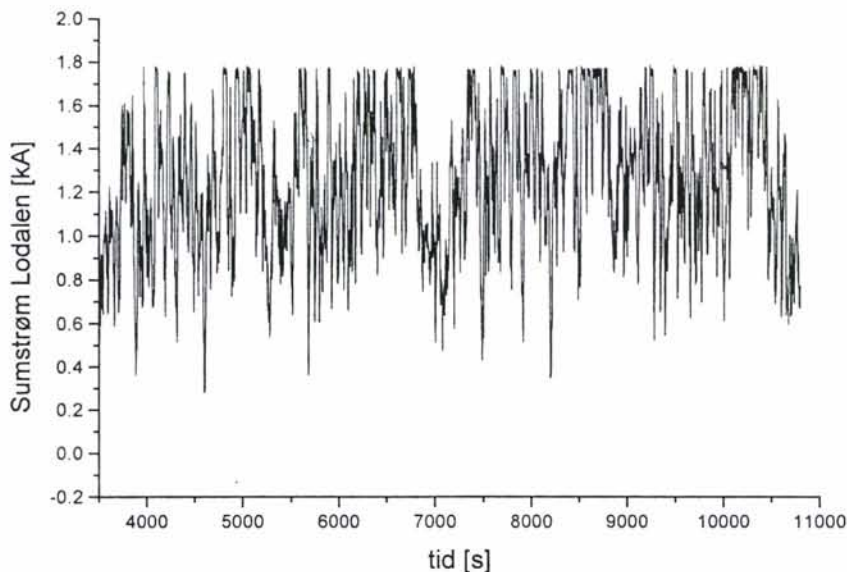
For å få med hele rushperioden er også timen 16.00 til 17.00 simulert.

Tabell 10 belastning av omformerstasjoner (alnstiv 1 og 2)

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 17.00			
filnavn: alnstiv 1 og 2			tid (slutt)
Holmlia	Energiuttak	38842 MWs	
	Integrert tilsynelatende effekt	60759 MVAs	
	S time	9.2 MVA	16:57
	S 6 min	11.6 MVA	16:25
	I maks	1430 A	16:22
	Effektfaktor	0.64	
Lodalen	Energiuttak	115015 MWs	
	Integrert tilsynelatende effekt	149402 MVAs	
	S time	21.7 MVA	16:59
	S 6 min	26.6 MVA	16:54
	I maks	1788 A	16:34
	Effektfaktor	0.77	
Smørbekk	Energiuttak	66959 MWs	
	Integrert tilsynelatende effekt	69093 MVAs	
	S time	10.3 MVA	16:38
	S 6 min	12.6 MVA	16:01
	I maks	1306 A	16:08
	Effektfaktor	0.97	
Asker	Energiuttak	97535 MWs	
	Integrert tilsynelatende effekt	115104 MVAs	
	S time	16.4 MVA	16:59
	S 6 min	20.1 MVA	16:52
	I maks	2210 A	16:48
	Effektfaktor	0.85	
Alnabru	Energiuttak	31675 MWs	
	Integrert tilsynelatende effekt	35361 MVAs	
	S time	5.3 MVA	16:54
	S 6 min	7.5 MVA	16:28
	I maks	926 A	16:22
	Effektfaktor	0.9	
Lillestrøm	Energiuttak	102337 MWs	
	Integrert tilsynelatende effekt	105758 MVAs	
	S time	15.3 MVA	16:25
	S 6 min	18.6 MVA	15:56
	I maks	1832 A	16:52
	Effektfaktor	0.97	

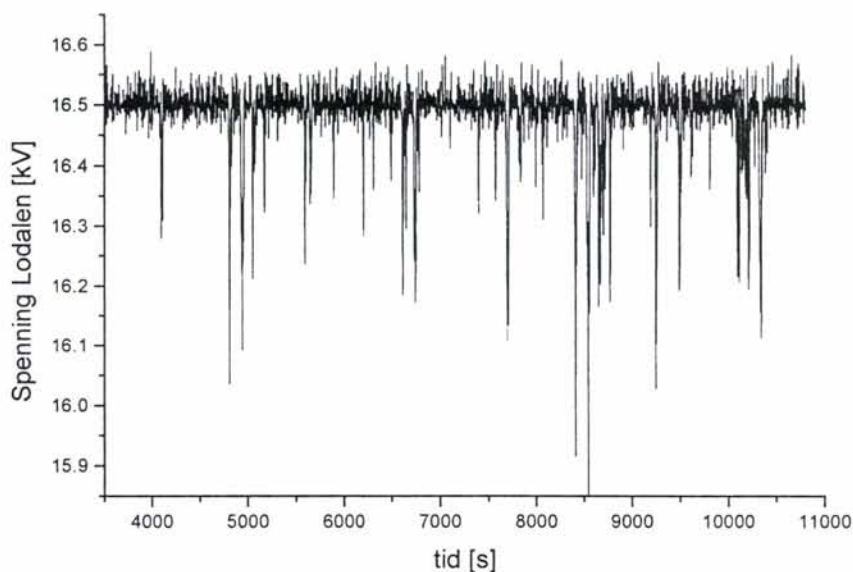
Som tabell 10 viser finner man toppbelastningen på de fleste stasjonene i tidsrommet 16.00 til 17.00. Belastningen på alle stasjonene har økt i forhold til simulering av tidsperioden 15.00 til 16.00 (alnstiv1). Spesielt har Holmlia fått en høy tosekundsverdi som er relativt langt over merkeverdien.

Lodalen omformerstasjon ligger fremdeles relativt ofte i strømgrense som figur 8 viser.



Figur 8 Sumstrøm Lodalen omformerstasjon (alnstiv1 og 2)

At Lodalen ligger i strømgrense får konsekvenser for spenningen ut fra stasjonen som figur 9 viser.



Figur 9 spenning ut fra Lodalen (alnstiv 1 og 2)

På grunn av den høye belastningen i Lodalen og de høye strømtoppene i Holmlia bør ytelsen i Lodalen forsøkes øket. Dette ses nærmere på i neste simulering.

4.3.3 Holmlia og Alnabru i drift, øket ytelse i Lodalen (osløket)

Denne simuleringen er utført med øket ytelse i Lodalen til to 18 MVA aggregater, det betyr en stasjon i Lodalen med totalt tre 18 MVA aggregater installert. Ellers er ytelsen i alle stasjonene som i kapittel 4.2.1. Det er simulert over tidsrommet 15.00 til 17.00.

Simulert ytelse i alle stasjonene:

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregat
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Alnabru 1 stk 10 MVA aggregat
- Lodalen 2 stk 18 MVA aggregater
- Asker 2 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Holmlia 1 Q48 aggregat
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregat

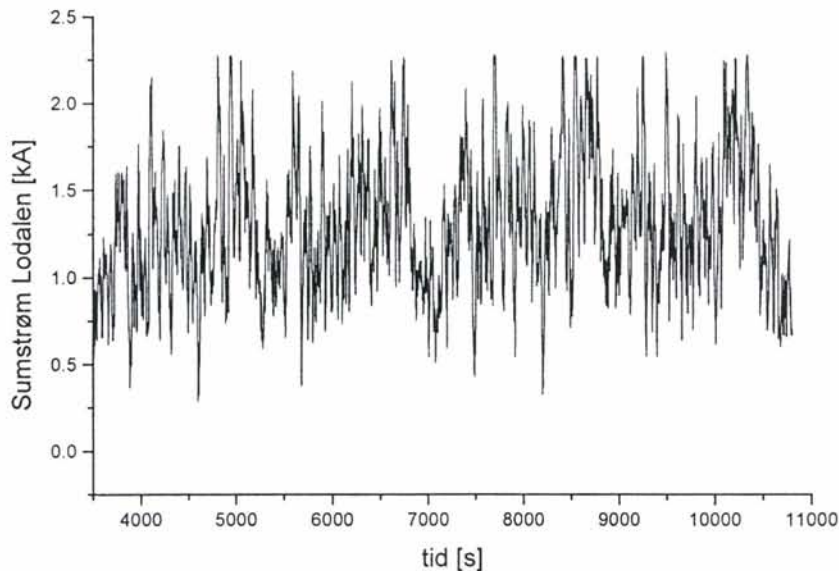
Tabell 11 Belastning av omformerstasjoner (osloeket)

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 17.00			
filnavn: osloeket			
Holmlia	Energiuttak	37622	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	59665	MVAs
	S time	9	MVA
	S 6 min	11	MVA
	I maks	1300	A
	Effektfaktor	0.63	
	Lodalen	Energiuttak	124497
Integrert tilsynelatende effekt		154459	MVAs
S time		22.6	MVA
S 6 min		28.8	MVA
I maks		2240	A
Effektfaktor		0.81	
Smørbekk		Energiuttak	65889
	Integrert tilsynelatende effekt	68074	MVAs
	S time	10.2	MVA
	S 6 min	12.6	MVA
	I maks	1276	A
	Effektfaktor	0.97	
	Asker	Energiuttak	95624
Integrert tilsynelatende effekt		113949	MVAs
S time		16.2	MVA
S 6 min		19.8	MVA
I maks		2138	A
Effektfaktor		0.84	
Alnabru		Energiuttak	30464
	Integrert tilsynelatende effekt	33763	MVAs
	S time	5	MVA
	S 6 min	6.7	MVA
	I maks	705	A
	Effektfaktor	0.9	
	Lillestrøm	Energiuttak	100013
Integrert tilsynelatende effekt		103637	MVAs
S time		15	MVA
S 6 min		18.3	MVA
I maks		1807	A
Effektfaktor		0.97	

Som man kan se av tabell 11 har Holmlia en maksimal tosekundsverdi som ligger på 1300 A. Nominell verdi er 1250 A, på grunn av at dette er relativt usikre verdier bør man imidlertid ikke legge for stor betydning i dette.

Det er grunn til å legge merke til at Holmlia fremdeles har en dårlig effektfaktor på grunn av høy belastning i forhold til nabostasjonene, spesielt Smørbekk.

Lodalen omformerstasjon ligger ikke lenger så mye i strømgrense som i de foregående simuleringene som figur 10 viser.



Figur 10 Sumstrøm Lodalen omformerstasjon (osloeket)

Totalt sett kan man si at en økning av ytelsen i Lodalen har gitt den ønskede effekt men at belastningen i Holmlia fremdeles er høy når det gjelder kortvarige strømtopper.

4.3.4 Alnabru og Holmlia i drift, kondensatorbatteri i Holmlia (oeketkon)

Ved en plassering av den nye omformerstasjonen i Lodalen vil ikke kondensatorbatteriet som i dag står ved Oslo S være optimalt plassert. Siden Holmlia har en dårlig effektfaktor i simuleringene over er det sett nærmere på å flytte kondensatorbatteriet fra Oslo S til Holmlia.

Installert ytelse i omformerstasjonene er uforandret fra osloeket

Simulert ytelse i alle stasjonene:

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregat
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Alnabru 1 stk 10 MVA aggregat
- Lodalen 2 stk 18 MVA aggregater
- Asker 2 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Holmlia 1 Q48 aggregat
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregat

Tabell 12 belastning av omformerstasjoner (oeketkon)

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 17.00			
filnavn: oeketkon			
Holmlia	Energiuttak	33849	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	41799	MVAs
	S time	6.4	MVA
	S 6 min	8.4	MVA
	I maks	1119	A
	Effektfaktor	0.81	
	Lodalen	Energiuttak	125359
Integrert tilsynelatende effekt		153842	MVAs
S time		22.5	MVA
S 6 min		28.7	MVA
I maks		2267	A
Effektfaktor		0.81	
Smørbekk		Energiuttak	66487
	Integrert tilsynelatende effekt	68635	MVAs
	S time	10.2	MVA
	S 6 min	12.6	MVA
	I maks	1275	A
	Effektfaktor	0.97	
	Asker	Energiuttak	96265
Integrert tilsynelatende effekt		114196	MVAs
S time		16.3	MVA
S 6 min		19.9	MVA
I maks		2163	A
Effektfaktor		0.84	
Alnabru		Energiuttak	30758
	Integrert tilsynelatende effekt	33979	MVAs
	S time	5	MVA
	S 6 min	6.7	MVA
	I maks	726	A
	Effektfaktor	0.91	
	Lillestrøm	Energiuttak	100808
Integrert tilsynelatende effekt		104337	MVAs
S time		15.1	MVA
S 6 min		18.4	MVA
I maks		1796	A
Effektfaktor		0.97	

Tabell 12 viser at innsettingen av et kondensatorbatteri i Holmlia har redusert belastningen av stasjonen betraktelig. Effektfaktoren er naturlig nok også bedret siden kondensatorbatteriet produserer en del av den reaktive effekten som stasjonen selv måtte produsere tidligere.

For de andre stasjonene er belastningen stort sett uendret.

Flytting av kondensatorbatteriet fra Oslo S til Holmlia anbefales derfor som en ekstra sikkerhet for utfall. Kondensatorbatteriet bør kobles inn i tilfeller med redusert ytelse i Holmlia i høylastperioder. Kondensatorbatteriet bør ikke benyttes dersom begge aggregatene i stasjonen er tilgjengelige på grunn av økte systemtap dersom den reaktive effekten batteriet produserer ikke er påkrevet.

4.3.5 Alnabru ute av drift, kondensatorbatteri i Holmlia

På grunn av den lave opplastingen i Alnabru som skyldes liten trafikk på den gamle hovedbanen mellom Oslo S og Lillestrøm er det sett på konsekvensene av å fjerne denne stasjonen.

Strømforsyningen for øvrig er lik foregående simulering med kondensatorbatteri i Holmlia på 4 MVAR og redusert ytelse i Holmlia og Lodalen.

Simulert ytelse i alle stasjonene:

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregat
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Lodalen 2 stk 18 MVA aggregater
- Asker 2 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Holmlia 1 Q48 aggregat
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregat

Tabell 13 Belastning av omformerstasjoner (minaln)

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 17.00			
filnavn: minaln			
Holmlia	Energiuttak	35678	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	43518	MVAs
	S time	6.7	MVA
	S 6 min	8.9	MVA
	I maks	1251	A
	Effektfaktor	0.82	
	Lodalen	Energiuttak	136617
Integrert tilsynelatende effekt		169251	MVAs
S time		24.8	MVA
S 6 min		30.6	MVA
I maks		2270	A
Effektfaktor		0.81	
Smørbekk		Energiuttak	68254
	Integrert tilsynelatende effekt	70333	MVAs
	S time	10.5	MVA
	S 6 min	12.8	MVA
	I maks	1300	A
	Effektfaktor	0.97	
	Asker	Energiuttak	99328
Integrert tilsynelatende effekt		115721	MVAs
S time		16.5	MVA
S 6 min		20.1	MVA
I maks		2140	A
Effektfaktor		0.86	
Lillestrøm		Energiuttak	109213
	Integrert tilsynelatende effekt	113421	MVAs
	S time	16.3	MVA
	S 6 min	19.6	MVA
	I maks	2011	A
	Effektfaktor	0.96	

Som tabell 13 viser har belastningen i Lodalen og Lillestrøm økt som en konsekvens av å fjerne Alnabru. I de andre stasjonene er det kun marginale endringer. Holmlia har imidlertid fått en økning i tosekundsverdien og ligger nå helt på grensen av merkeytelsen. Som nevnt tidligere er disse kortvarige strømtoppene svært usikre og avhenger mye av lokførernes kjøremønster.

Belastningsøkningen i Lodalen som følge av å fjerne Alnabru er ikke dramatisk men stasjonen er i denne situasjonen relativt hardt belastet i forhold til resten av Oslo-området. Dersom man ønsker å fjerne Alnabru på sikt, og med tanke på økt fremtidig trafikk vil det derfor være fornuftig å sette av plass til ytterligere et aggregat i Lodalen.

4.3.6 Utfall av ett aggregat i Asker og ett i Lodalen (minask)

Denne simuleringen er utført for å studere belastningen i Asker dersom man tar ut ett aggregat her og ett aggregat i Lodalen samtidig.

Simulert ytelse i alle stasjonene:

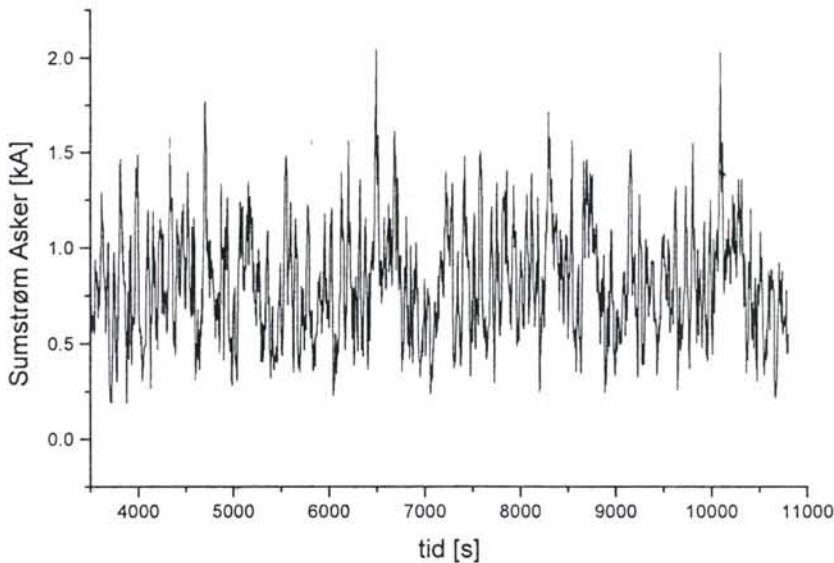
- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregat
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Lodalen 2 stk 18 MVA aggregater
- Alnabru 1 stk 10 MVA roterende aggregat
- Asker 1 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Holmlia 2 Q48 aggregat
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregat

Tabell 14 Belastning av omformerstasjoner (minask)

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 17.00			
filnavn: minask			
Holmlia	Energiuttak	66450	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	83963	MVAs
	S time	12.8	MVA
	S 6 min	16.3	MVA
	I maks	1963	A
	Effektfaktor	0.79	
Lodalen	Energiuttak	124346	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	152046	MVAs
	S time	22	MVA
	S 6 min	28.4	MVA
	I maks	2277	A
	Effektfaktor	0.82	
Smørbekk	Energiuttak	64079	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	66356	MVAs
	S time	9.9	MVA
	S 6 min	12.4	MVA
	I maks	1209	A
	Effektfaktor	0.97	
Asker	Energiuttak	68869	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	95463	MVAs
	S time	13.7	MVA
	S 6 min	17	MVA
	I maks	2037	A
	Effektfaktor	0.72	
Alnabru	Energiuttak	30653	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	33778	MVAs
	S time	4.9	MVA
	S 6 min	6.5	MVA
	I maks	605	A
	Effektfaktor	0.91	
Lillestrøm	Energiuttak	100712	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	104264	MVAs
	S time	15	MVA
	S 6 min	18.3	MVA
	I maks	1788	A
	Effektfaktor	0.97	

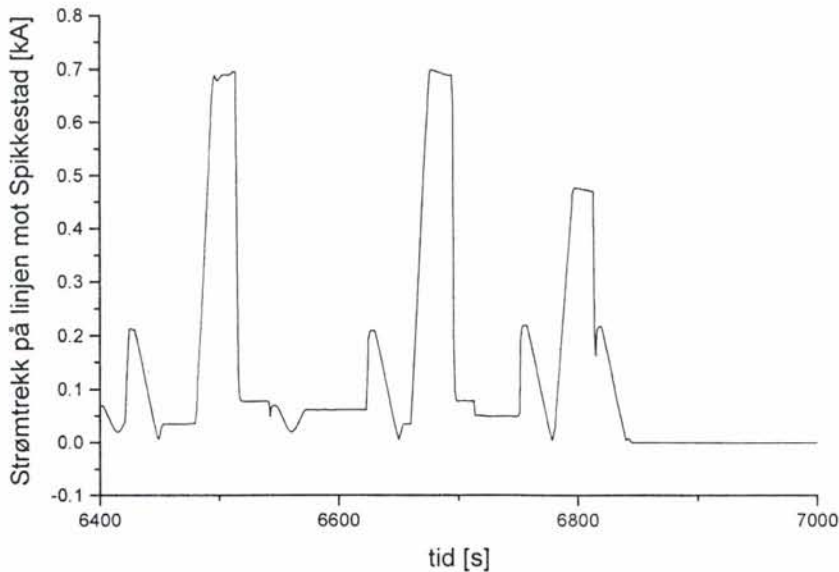
Som tabell 13 viser er belastningen av Asker og de andre stasjonene i Oslo området godt innenfor grensene for termisk overbelastning i denne driftssituasjonen. Imidlertid er det enkelte tilfeller med kortvarige strømmer som overskrider merkeytelsen som i Asker i denne situasjonen vil være maksimalt 1875 A forutsatt perfekt lastdeling.

Figur 11 viser sumstrøm for Asker omformerstasjon.



Figur 11 Sumstrøm Asker [kA]

En nærmere gjennomgang av belastningen på avgangene fra Asker viser at det går relativt store strømmer mot Spikkestad på de tidspunktene som maksimal sumstrøm opptrer. Dette skyldes at ruteplanen forutsetter doble 72 sett fra Moss til Spikkestad på enkelte ruter. I tillegg krysser disse togene på strekningen slik at man har akselerasjon av to tog samtidig. Det meste av strømuttaket på denne strekningen vil måtte forsynes fra Asker siden strekningen er endematet med egen avgang fra Asker. Figur 12 viser et utsnitt av strømuttaket på avgangen mot Spikkestad.



Figur 12 Strømtrekk på avgang mot Spikkestad

Ruteplanen som er lagt til grunn i simuleringen er en tenkt ruteplan som først og fremst er lagt opp for å beskrive trafikkmengden. En nærmere gjennomgang av hvilket materiell som forventes kjørt til Spikkestad og hvor kryssingene kommer til å foregå anbefales derfor før det trekkes konklusjoner om tiltak.

Dersom det skulle vise seg at man ønsker å benytte doble 72 sett til Spikkestad anbefales det at man ser nærmere på enten:

- restriksjoner i kjøremønster på strekningen
- plassering av en kompaktomformer på ca. 4 MVA i området rundt Spikkestad

4.3.7 Holmlia og Alnabru ute av drift (oslostat1)

Denne simuleringen er utført for å studere virkningen av å fjerne både Alnabru og Holmlia omformerstasjoner. Det er spesielt interessant å studere spenningen på strekningen Oslo-Smørbekk i denne situasjonen.

Simulert ytelse i alle stasjonene:

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregater
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Lodalen 3 14 MVA aggregater
- Asker 2 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Smørbekk 1 stk 15 MVA aggregat

Det er tenkt utfall av ett aggregat i Lodalen og ett i Smørbekk i denne simuleringen. Det vil si at Lodalen er tenkt som en stasjon med fire 14 MVA aggregater.

Tabell 15 Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området (oslostat1)

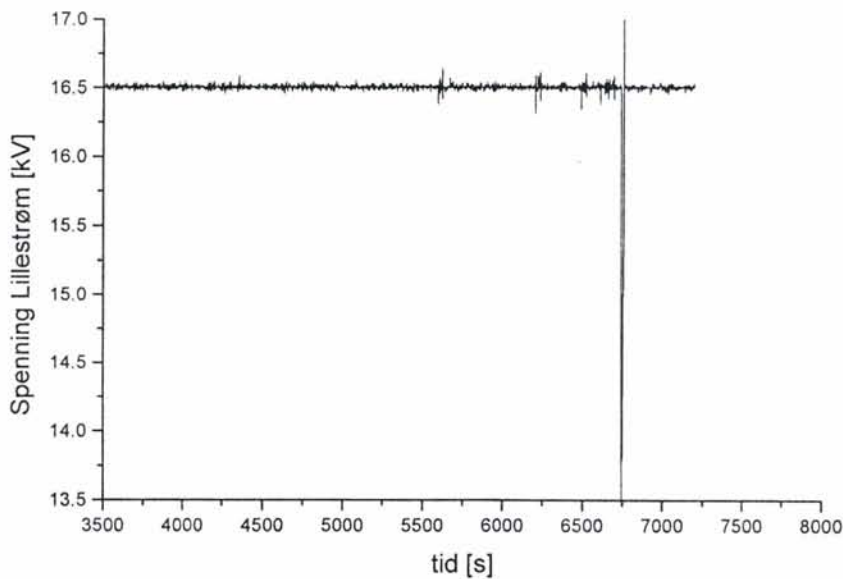
Belastning av stasjonene i Oslo-området klokken 15.00 til 16.00			
Filnavn: Oslostat1			
Lodalen	Energiuttak	76281	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	95271	MVAs
	S time	26.5	MVA
	S 6 min	33.3	MVA
	I maks	2912	A
	Effektfaktor	0.8	
	Smørbekk	Energiuttak	29504
Integrert tilsynelatende effekt		34552	MVAs
S time		9.6	MVA
S 6 min		12.8	MVA
I maks		904	A
Effektfaktor		0.85	
Lillestrøm		Energiuttak	56859
	Integrert tilsynelatende effekt	59118	MVAs
	S time	16.4	MVA
	S 6 min	22	MVA
	I maks	2456	A
	Effektfaktor	0.96	
	Asker	Energiuttak	50876
Integrert tilsynelatende effekt		58858	MVAs
S time		16.3	MVA
S 6 min		22.7	MVA
I maks		2853	A
Effektfaktor		0.86	

Som tabell 15 viser er ingen av stasjonene overbelastet i denne situasjonen. Imidlertid går alle de statiske stasjonene i strømgrense på ett eller flere tidspunkt. Når de statiske stasjonene går i strømgrense senker de spenningen for at strømmen ikke skal overskride denne grenseverdien og overbelastes.

De statiske stasjonene er utstyrt med flere strømgrenser. For lastflyten er det i hovedsak de trege strømgrensene på mellomledet (likeretteren) og på vekselretteren som virker inn. Dersom omformeren går med normal effektfaktor (rundt 0.8) er det vekselretteren som går i strømgrense, men ved svært god effektfaktor kan det være likeretteren som går i strømgrense først, avhengig av dimensjoneringen. I simuleringene gir tilfellene der likeretteren går i strømgrense mer uheldige konsekvenser enn når vekselretteren kutter strømmen. Dette skyldes at vekselretteren greier å holde strømmen ut fra stasjonen konstant, mens når likeretteren går i strømgrense faller strømmen ut fra stasjonen markant. Stasjonens bidrag til systemet er derfor lavere med likeretteren i strømgrense enn med vekselretteren i strømgrense.

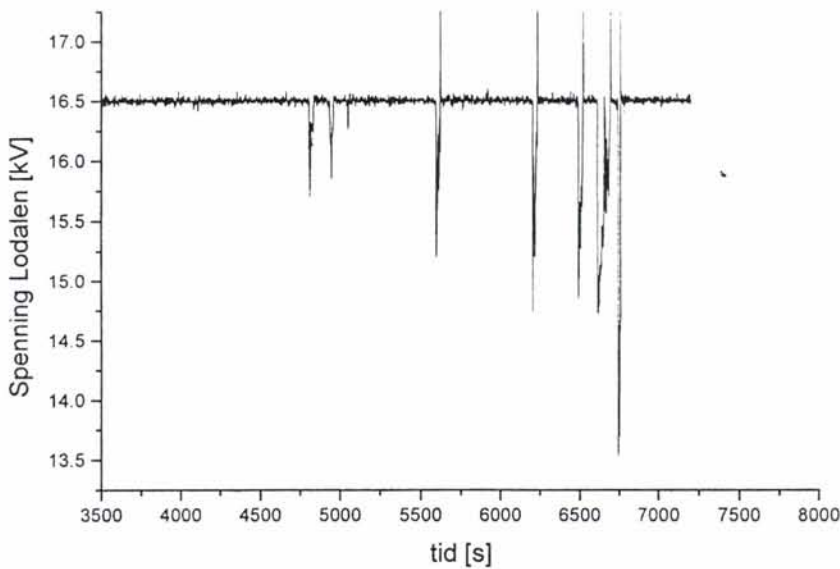
For Lillestrøm og Lodalens del er det likeretteren som er mest tilbøyelig til å gå i strømgrense i denne simuleringen. Lillestrøm har også en svært god effektfaktor på 0.96 over den simulerte timen.

For Lillestrøms del er det et svært kortvarig og enkeltstående tilfelle men det bør studeres nærmere siden Lillestrøm her ligger med alle aggregatene i drift.



Figur 13 Spenning ut fra Lillestrøm omformerstasjon

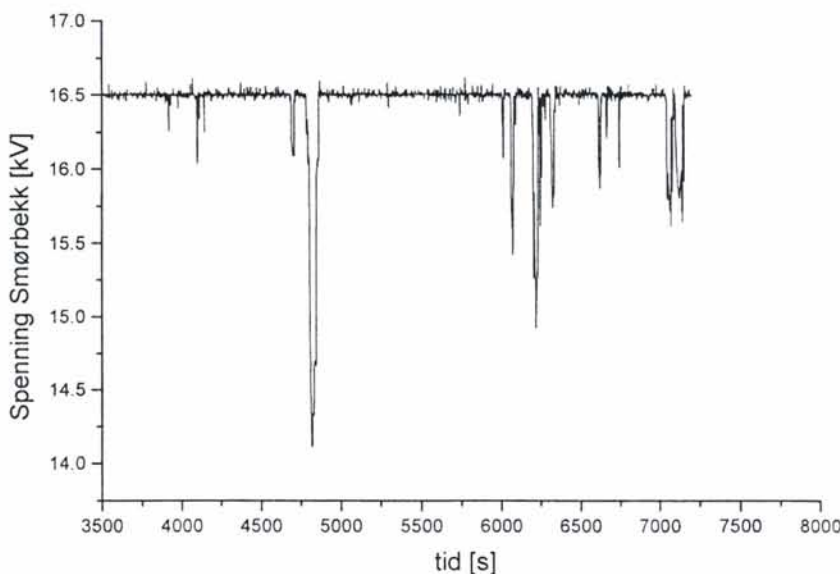
For Lodalens del går likeretteren i strømgrense på flere tidspunkt og over lengre tidsrom.



Figur 14 Spenning ut fra Lodalen omformerstasjon

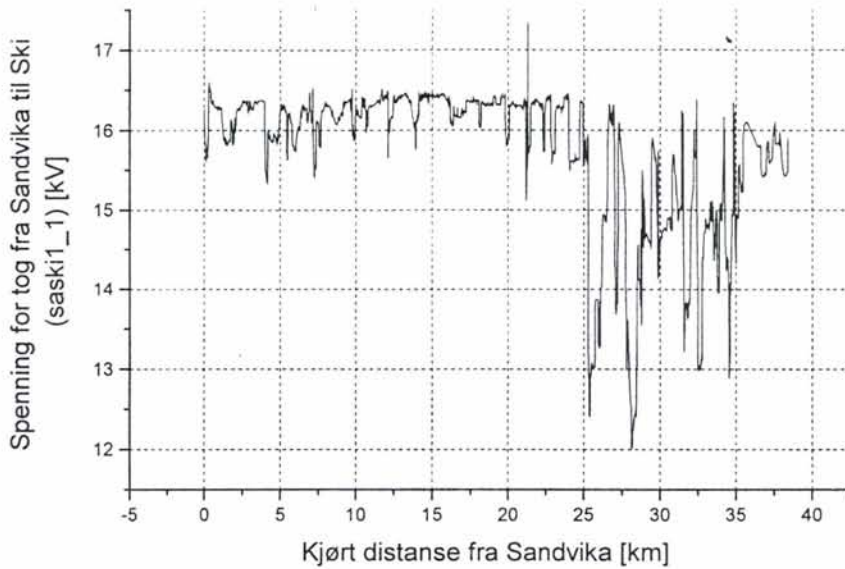
Det er også interessant å merke seg at Asker omformer har en høyere Imaks enn simuleringen med Holmlia og Alnabru i drift. Dette skyldes at Lodalen omformerstasjon går i strømgrense på likeretteren i denne simuleringen ,mens det i simuleringen i kapittel 4.3.1 er gjort endringer på likeretteren slik at vekselretteren går i strømgrense først.

For Smørbekks del er det vekselretteren som er mest tilbøyelig til å gå i strømgrense. Denne stasjonen går sammen med Lodalen relativt ofte i strømgrense i denne simuleringen. Man skal her huske at det er tenkt utfall av to aggregater i denne simuleringen , ett i Lodalen og ett i Smørbekk. Det er derfor ikke unaturlig at stasjonene går i strømgrense, men for spenningsforholdenes del bør dette unngås.



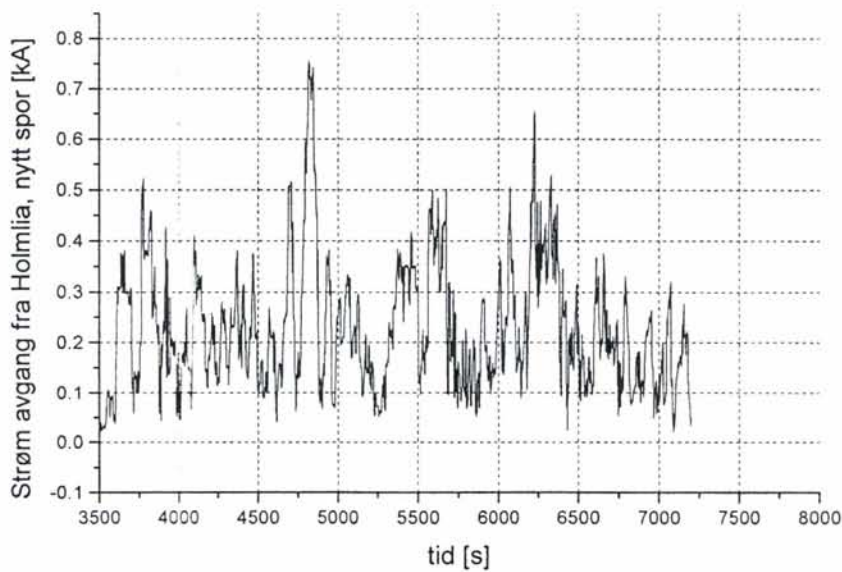
Figur 15 Spenning ut fra Smørbekk omformerstasjon

Konsekvensene av at stasjonene Lodalen og Smørbeek går i strømgrense er lave spenninger på strekningen Oslo – Smørbeek og på Østre linje. Figur 16 viser dette for et lokaltog fra Sandvika til Ski. Oslo S ligger her ca på 14 km.



Figur 16 Spenningsforhold for lokaltog fra Sandvika til Ski

Når man fjerner Holmlia vil strømmene øke på avgangene fra Oslo S i denne retningen. Det er derfor sett på alle avgangene fra Oslo mot Smørbeek. Resultatene viser at strømmene er lave på det eksisterende sporet og noe høyere på det nye hurtigtog sporet. Det nye sporet vil imidlertid ikke overbelastes dersom det bygges med system 25.



Figur 17 Strøm på avgang fra Holmlia i Oslo, nytt spor

Figur 17 viser utskrift av strømmen på det sporet som er hardest belastet nemlig nytt spor fra Holmlia med trafikk mot Oslo S.

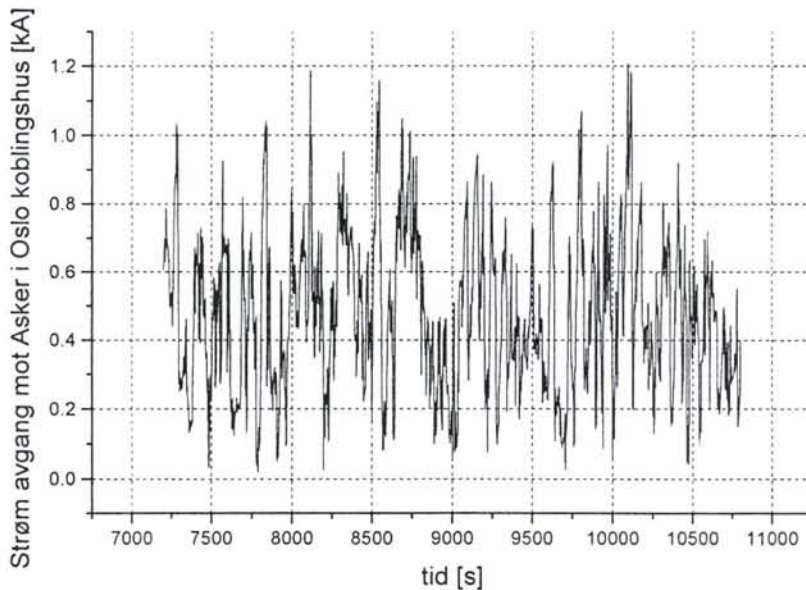
4.3.8 Strømbelastning gjennom Oslo tunnelen

Simuleringer av Oslo området med ny omformerstasjon ved Oslo S og dobbeltspor fra Skøyen til Asker viser relativt stor strømbelastning på kontaktledningsanlegget gjennom Oslo tunnelen.

Forutsetningen er at den nye omformerstasjonen mater inn mot Oslo koblingshus og at forsyningen mot Skøyen kun ivaretas av to spor gjennom Oslo tunnelen. Årsaken til dette er at de to sporene fra koblingshuset til Skøyen forsyner fire spor fra Skøyen til Asker.

Verste tilfelle av de simulerte er utfall av ett aggregat i Asker og ett i Oslo. Sannsynligvis vil en situasjon med utfall av ett aggregat kun i Asker gi enda høyere belastning på grunn av økt bidrag fra Oslo mot Asker.

Figur 18 under viser strømuttaket på den avgangen i Oslo koblingshus som er hardest belastet nemlig avgang mot Asker (trafikk fra Oslo mot Asker).



Figur 18 Strømuttak mot Asker i Oslo koblingshus

Det anbefales at man gjennomfører tiltak som øker strømføringsvevnen fra Oslo koblingshus og til Skøyen for å unngå overbelastning av kontaktledningsanlegget.

4.4 Ny omformerstasjon på Holmlia

I de innledende simuleringene er det pekt på at behovet for forsterkning er på Holmlia. Det er derfor sett på hvor stor en ny omformerstasjon på Holmlia bør være og hvilke konsekvenser en slik ny stasjon får for resten av Oslo-området.

4.4.1 Ny omformer på Holmlia med to 15 MVA aggregat

I denne simuleringen er det tenkt en ny stasjon på Holmlia med 2 stk 15 MVA aggregater. For å se om dette er tilstrekkelig er det simulert med ett aggregat i drift i Holmlia og ett Q48 samt ett Q38 i Asker.

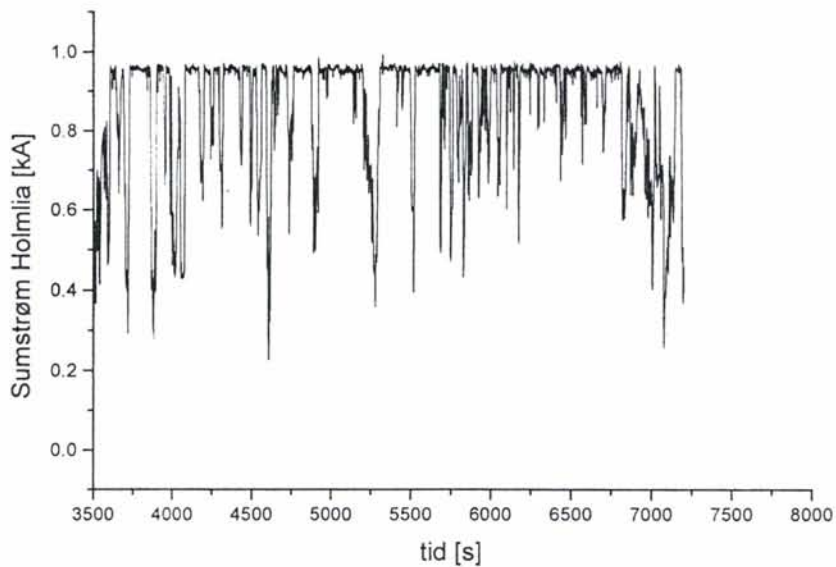
Simulert ytelse i alle stasjonene:

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregater
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Alnabru 2 stk 10 MVA aggregater
- Holmlia 1 stk 15 MVA aggregat
- Asker 1 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregat

Tabell 16 Belastning av omformerstasjonene

Belastning av stasjonene i Oslo-området klokken 15.00 - 16.00			
filnavn: holbas1			
Holmlia	Energiuttak	35538	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	50081	MVAs
	S time	13.9	MVA
	S 6 min	15.1	MVA
	I maks	993	A
	Effektfaktor	0.71	
	Smørbekk	Energiuttak	36871
Integrert tilsynelatende effekt		38031	MVAs
S time		10.6	MVA
S 6 min		13.2	MVA
I maks		1429	A
Effektfaktor		0.97	
Asker		Energiuttak	41855
	Integrert tilsynelatende effekt	57318	MVAs
	S time	15.9	MVA
	S 6 min	20.7	MVA
	I maks	2552	A
	Effektfaktor	0.73	
	Alnabru	Energiuttak	38433
Integrert tilsynelatende effekt		41993	MVAs
S time		11.7	MVA
S 6 min		14.7	MVA
I maks		1634	A
Effektfaktor		0.92	
Lillestrøm		Energiuttak	61524
	Integrert tilsynelatende effekt	63640	MVAs
	S time	17.7	MVA
	S 6 min	22.5	MVA
	I maks	2190	A
	Effektfaktor	0.97	

Som tabell 16 viser er time- og seksminuttsbelastningen på alle stasjonene innenfor nominelle verdier. De kortvarige strømmene i Alnabru og Asker har imidlertid økt i forhold til tabell 3 og for Askers vedkommende er verdiene (fremdeles) langt over grenseverdien på 1875 A. Forklaringen på dette er sannsynligvis at Holmlia ligger tilnærmet konstant i strømgrense og dermed overlater til de gjenværende stasjonene å ta opp i seg de kortvarige belastningene. Figur 19 viser sumstrøm ut fra Holmlia som ligger tilnærmet hele tiden på strømgrensen.



Figur 19 Sumstrøm Holmlia

Asker omformerstasjon ligger også relativt høyt på times og seksminuttsverdier. På grunn av belastningen av Asker er det derfor ikke tilstrekkelig med en stasjon med totalt 2 aggregater på 15 MVA i Holmlia.

4.4.2 Ny omformerstasjon på Holmlia med tre 15 MVA aggregater

På grunn av den høye belastningen av Holmlia og Asker i simuleringen med ett aggregat i Holmlia på 15 MVA og ett Q48 samt ett Q38 i Asker er det gjort forsøk med å øke ytelsen i Holmlia til to aggregater på 15 MVA ved utfall av ett aggregat. Det betyr at man tenker seg en stasjon i Holmlia med totalt tre 15 MVA aggregater.

Simulert ytelse i alle stasjonene:

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregater
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Alnabru 2 stk 10 MVA aggregater
- Holmlia 2 stk 15 MVA aggregat
- Asker 1 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregat

Tabell 17 Belastning av stasjoner i Oslo-området (hol2agg)

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 16.00			
filnavn: hol2agg			
Holmlia	Energiuttak	53823	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	65746	MVAs
	S time	18.3	MVA
	S 6 min	22.7	MVA
	I maks	1934	A
	Effektfaktor	0.82	
Smørbekk	Energiuttak	33352	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	34685	MVAs
	S time	9.6	MVA
	S 6 min	11.9	MVA
	I maks	1251	A
	Effektfaktor	0.96	
Asker	Energiuttak	38995	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	54745	MVAs
	S time	15.2	MVA
	S 6 min	19.4	MVA
	I maks	2330	A
	Effektfaktor	0.71	
Alnabru	Energiuttak	34195	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	36323	MVAs
	S time	10.1	MVA
	S 6 min	12.2	MVA
	I maks	1263	A
	Effektfaktor	0.94	
Lillestrøm	Energiuttak	56978	MWs
	Integrert tilsynelatende effekt	59213	MVAs
	S time	16.4	MVA
	S 6 min	21	MVA
	I maks	1950	A
	Effektfaktor	0.96	

Som tabell 17 viser har spesielt effektfaktoren i Holmlia bedret seg med to aggregater i drift i forhold til ett. Dette er en følge av lavere belastningsgrad i stasjonen.

Den ønskete effekten med redusert belastning av Asker omformerstasjon har imidlertid ikke inntruffet i tilstrekkelig grad. Belastningen av Asker er kun marginalt redusert og maksimal strøm er fremdeles langt over merkeytelsen.

Med tanke på en ytterligere økning av belastningen i de vestlige deler av Oslo-området med Ringeriksbanen og Fornebu utbyggingen under planlegging, er det derfor lite hensiktsmessig å bygge den nye omformerstasjonen på Holmlia. Man oppnår en langt større avlastning av Asker ved å bygge den sentralt i Oslo.

5 Konklusjon

De utførte analysene med nye dobbeltspor Oslo – Ski og Skøyen – Asker viser at det er behov for forsterkning av banestrømforsyningen i Oslo – området.

De sårbare stasjonene er Holmlia og Asker.

Anbefalt plassering av den nye omformerstasjonen er sentralt i Oslo med innmating mot Oslo S. Dette gir den beste avlastingen av både Asker og Holmlia.

På grunn av høye strømmer på avgangene fra Oslo koblingshus mot Asker anbefales det at man forsterker strømføringsvevnen gjennom Oslo tunnelen frem til Skøyen

Forsøk med å endre vinkelkarakteristikken i Smørbekk omformerstasjon for å styre opplastingen av reaktiv effekt er ikke funnet å gi de ønskede virkninger på belastningen i Holmlia. Dette skyldes at måten man avlaster Holmlia reaktivt på er å gjøre Smørbekk tilsynelatende svakere. Holmlia vil da ta på seg mer aktiv effekt slik at den reelle reduksjonen i belastning er funnet å være marginal.

Simuleringene viser at det kan være noe å hente samkjøringsmessig dersom man øker X_q i Smørbekk med 50 %. Dette gjelder imidlertid ved redusert belastning i Holmlia. Ved full ytelse i Holmlia og redusert ytelse i Smørbekk vil situasjonen endre seg igjen. Ved en annen fordeling av belastningen som for eksempel på natten vil også optimal vinkelkarakteristikk være ulik den i rush-tids trafikken. Som en grunnregel anbefales det derfor at man beholder dagens verdi, som bygger på oppførselen til et roterende Q48 aggregat, for vinkelutslag i alle de statiske stasjonene.

5.1 Dimensjoneringskriterier

5.1.1 Overordnede krav

Jernbaneverket setter i Teknisk Regelverk krav til redundans i stasjoner og til dimensjoneringskriterier ved bygging av nye stasjoner.

Redundanskriteriet for Oslo-området sier at man skal tåle utfall av ett aggregat i to stasjoner samtidig.

Dimensjoneringskriteriet er et påslag på 20 % i maksimal påregnelig belastning etter en trafikkprognose for 5 – 10 år frem i tid.

5.1.2 Usikkerhet i beregningene

I tillegg til å dimensjonere for fremtidig trafikkøkning må man også ta hensyn til at beregningene har en viss usikkerhet.

For stasjoner med ett aggregat antas en usikkerhet på totalt +/- 15 %

For stasjoner med mer enn ett aggregat antas en usikkerhet på totalt +/- 20 %

Beregnete verdier med påslag for usikkerheten benevnes her "maksimal påregnelig belastning"

5.1.3 Belastning

Basert på kravene som er stilt i Teknisk Regelverk og maksimal påregnelig belastning fra beregningene kan man sette opp dimensjonerende belastning for en anbefalt løsning med ny omformerstasjon i Lodalen med en ytelse på 3x18 MVA.

Kortvarige strømmer er ikke gitt relativ verdi for de statiske omformestasjonene siden disse har en strømgrense som gjør at stasjonen ikke overbelastes. Tosekundsverdier for disse er derfor ikke benyttet i vurderingen.

Tabell 18 Belastning av omformerstasjonene med ett aggregat ute i Lodalen og ett i Asker

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 17.00							
filnavn: minask				Relativ belastning	maks. påregnelig belastning	Dim. belastning	
Holmlia	Energiuttak	66450	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	83963	MVAs				
	S time	12.8	MVA	0.64	0.74	0.88	pu
	S 6 min	16.3	MVA	0.68	0.78	0.94	pu
	I maks	1963	A	0.79	0.90	1.08	pu
	Effektfaktor	0.79					
Lodalen	Energiuttak	124346	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	152046	MVAs				
	S time	22	MVA	0.61	0.73	0.88	pu
	S 6 min	28.4	MVA	0.79	0.95	1.14	pu
	I maks	2277	A				
	Effektfaktor	0.82					
Smørbekk	Energiuttak	64079	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	66356	MVAs				
	S time	9.9	MVA	0.33	0.40	0.48	pu
	S 6 min	12.4	MVA	0.41	0.50	0.60	pu
	I maks	1209	A				
	Effektfaktor	0.97					
Asker	Energiuttak	68869	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	95463	MVAs				
	S time	13.7	MVA	0.87	1.04	1.25	pu
	S 6 min	17	MVA	0.77	0.93	1.11	pu
	I maks	2037	A	1.09	1.30	1.56	pu
	Effektfaktor	0.72					
Alnabru	Energiuttak	30653	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	33778	MVAs				
	S time	4.9	MVA	0.49	0.59	0.71	pu
	S 6 min	6.5	MVA	0.46	0.56	0.67	pu
	I maks	605	A	0.48	0.58	0.70	pu
	Effektfaktor	0.91					
Lillestrøm	Energiuttak	100712	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	104264	MVAs				
	S time	15	MVA	0.38	0.46	0.55	pu
	S 6 min	18.3	MVA	0.44	0.52	0.63	pu
	I maks	1788	A				
	Effektfaktor	0.97					

Tabell 19 Belastning av omformerstasjoner med ett aggregat ute i Lodalen og ett i Holmlia

Belastning av omformerstasjoner i Oslo-området klokken 15.00 - 17.00							
filnavn: oeketkon				Relativ verdi	maks. påregnelig verdi	Dim. Verdi	
Holmlia	Energiuttak	33849	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	41799	MVAs				
	S time	6.4	MVA	0.64	0.74	0.88	pu
	S 6 min	8.4	MVA	0.60	0.69	0.83	pu
	I maks	1119	A	0.90	1.03	1.24	pu
	Effektfaktor	0.81					
Lodalen	Energiuttak	125359	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	153842	MVAs				
	S time	22.5	MVA	0.63	0.75	0.90	pu
	S 6 min	28.7	MVA	0.80	0.96	1.15	pu
	I maks	2267	A				
	Effektfaktor	0.81					
Smørbekk	Energiuttak	66487	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	68635	MVAs				
	S time	10.2	MVA	0.34	0.41	0.49	pu
	S 6 min	12.6	MVA	0.42	0.50	0.60	pu
	I maks	1275	A				
	Effektfaktor	0.97					
Asker	Energiuttak	96265	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	114196	MVAs				
	S time	16.3	MVA	0.63	0.76	0.91	pu
	S 6 min	19.9	MVA	0.55	0.66	0.80	pu
	I maks	2163	A	0.69	0.83	1.00	pu
	Effektfaktor	0.84					
Alnabru	Energiuttak	30758	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	33979	MVAs				
	S time	5	MVA	0.50	0.60	0.72	pu
	S 6 min	6.7	MVA	0.48	0.57	0.69	pu
	I maks	726	A	0.58	0.70	0.84	pu
	Effektfaktor	0.91					
Lillestrøm	Energiuttak	100808	MWs				
	Integrert tilsynelatende effekt	104337	MVAs				
	S time	15.1	MVA	0.38	0.46	0.55	pu
	S 6 min	18.4	MVA	0.44	0.53	0.63	pu
	I maks	1796	A				
	Effektfaktor	0.97					

Tabell 18 og Tabell 19 angir belastningsverdier relativ til merkeytelsen til stasjonen.

Verdiene i pu (per unit) bør altså ikke overskride 1,0.

Imidlertid kan man se at for enkelte stasjoner overskrider belastningen 1,0 pu. Dette gjelder i hovedsak de stasjonene som har ett aggregat ute. Kravet til 20 % overkapasitet rammer disse stasjonene spesielt siden stasjonene er hardt belastet i utgangspunktet.

Når det gjelder Holmlia er det kun den kortvarige strømtoppen som overskrider 1,0 pu.

Dette er svært usikre verdier og man bør også tenke på at selv med en trafikkøkning på 20 %

vil sannsynligvis ikke strømtoppene øke 20 % på grunn av sammenlagersfaktoren. Det anbefales derfor at man ikke gjør ytterligere tiltak i stasjonen i denne omgang.

Lodalen omformerstasjon er relativt hardt belastet spesielt på seksminuttsverdien. Dette skyldes at nominell seksminuttsverdi her er lik med timeverdien.

Asker omformerstasjon er den stasjonen som er hardest belastet i den anbefalte løsningen. Spesielt de kortvarige strømmene bør vurderes nærmere opp mot hvilket togmateriell man vil benytte på strekningen Asker – Spikkestad og hvor kryssingene for disse togene legges.

5.2 Anbefalt løsning

Den anbefalte løsningen gir følgende utrustning i stasjonene i Oslo - området:

Installert ytelse i alle stasjoner

- Jessheim 2 stk 14 MVA aggregat
- Lillestrøm 3 stk 14 MVA aggregater
- Alnabru 1 stk 10 MVA roterende aggregat
- Lodalen 3 stk 18 MVA aggregater
- Asker 2 Q48 og 1 Q38 aggregat
- Holmlia 2 Q48 aggregat + 4 MVAR kondensatorbatteri
- Smørbekk 2 stk 15 MVA aggregater

5.2.1 Alnabru

Alnabru omformerstasjon har ved bygging av en ny statisk stasjon i Oslo liten betydning for strømforsyningen i Oslo – området og kan på sikt fjernes.

I utgangspunktet kan ytelsen reduseres til ett 10 MVA aggregat når Oslo – omformereren er kommet i drift.

Siden omformereren går lavt belastet anbefales en stiv spenningskarakteristikk slik som for Lodalen og Lillestrøm.

5.2.2 Oslo

Oslo omformerstasjon anbefales bygget med tre 18 MVA aggregater eller tilsvarende.

En utbygging med 3x18 MVA oppfyller etter tabell 18 og tabell 19 ikke kravene i Teknisk Regelverk til dimensjonering. Det anbefales at man i første omgang setter av plass til ett ekstra aggregat slik at man kan se an utviklingen i trafikken og simuleringenes godhet. Ekstra areal for forsterkning er spesielt viktig dersom man planlegger å fjerne Alnabru omformerstasjon på sikt.

Det anbefales at omformerstasjonen gis en flat spenningskarakteristikk og at det benyttes en vinkelkarakteristikk tilsvarende et Q48 aggregat.

5.2.3 Holmlia

Det anbefales at man installerer et kondensatorbatteri på ca 4 MVAR i Holmlia for å redusere belastningen i stasjonen ved utfall av ett aggregat. Dette kondensatorbatteriet kan for eksempel hentes fra Oslo S når den nye omformereren i Oslo er i drift.

Antall aggregater i Holmlia anbefales uendret fra dagens situasjon som er to Q48 aggregater. Omformerstasjonen oppfyller da ikke kravene i Teknisk Regelverk for overbelastbarhet når det gjelder dimensjonerende tosekunds verdi ved fremtidig trafikk. Dimensjonerende verdi innebærer her et påslag på 38 % i forhold til beregnede verdier.

Siden beregninger av tosekundsverdier er svært usikre anbefales det derfor at man ser an situasjonen i Holmlia på sikt.

Anbefalt spenningsregulering er 16,5 kV i tomgang og synkende ned til 16,3 kV ved full last.

5.2.4 Asker

På grunn av høy kortvarig belastning i Asker omformerstasjon ved kjøring med doble lokaltogsett type 72 på strekningen Asker - Spikkestad og kryssing mellom disse togene på strekningen, anbefales det at denne delen av den simulerte ruteplanen utredes nærmere.

Dersom det er realistisk med doble type 72 sett som krysser ute på strekningen Asker – Spikkestad anbefales tiltak i form av enten;

- restriksjoner i kjøremønster
- plassering av kompaktomformer i Spikkestad området

Asker har også høy termisk belastning i simuleringene og det anbefales at man vurderer tiltak i stasjonen på et senere tidspunkt. Det er mulig å avlaste stasjonen termisk ved å gi den en lavere spenning men det bør ikke gjøres før det er absolutt nødvendig siden det vil føre til økte nett tap. Å redusere belastningen i Asker ved å gi den en lavere utspenning vil også øke belastningen på Oslo omformeren og må sees i sammenheng med denne.

Anbefalt spenningsregulering er 16,5 kV i tomgang og synkende til 16,46 kV ved full last.

6 Referansedokumenter

1. Teknisk Rapport, Utredning Oslo-området, Samkörningsstudie och trafiksimulering. Adtranz Sweden, 1997
2. Kraftsystemplan Oslo-området, Bane Energi, april 1999

7 Vedlegg

Vedlegg1 Ruteplan for 2005

Vedlegg 1

Ruteplan for 2005

BanePartner - en ledende leverandør av jernbanerettet rådgivning og prosjektering

BanePartner er en forretningsenhet i Jernbaneverket. Vi tilbyr rådgivende tjenester fra ingeniører, arkitekter og økonomer knyttet til både jernbanens infrastruktur med banenett og stasjoner/knutepunkter, drift- og vedlikeholdsplanlegging, rullende materiell og transportplanlegging. Ved større prosjekter inngår vi samarbeidsavtaler med underleverandører etter behov.

Dyktige medarbeidere som "kan jernbane" gjør BanePartner til en attraktiv og konkurransedyktig samarbeidspartner, både ved begrensede oppgaver med krav til spesialkompetanse og ved store, tverrfaglige prosjekter. Vi har ca. 145 ansatte (januar 2000), hvorav 9 er knyttet til vår avdeling i Trondheim.

BanePartner utfører oppdrag både for Jernbaneverket og eksterne oppdragsgivere hvorav NSB BA med datterselskaper, utstysleverandører, rådgivende ingeniørfirmaer og entreprenører er de viktigste. Vi benytter en prosjektrettet arbeidsform for gjennomføring av alle typer oppdrag. Kvalitet settes i fokus i alle ledd og prosesser etter et eget utarbeidet kvalitetssystem basert på ISO 9001.



BanePartner
Stortorvet 7
Pb. 1162 Sentrum
0107 Oslo

BanePartner
Avdeling Trondheim
Pirsenteret
7462 Trondheim

Telefon:
22 45 61 00
Telefaks:
22 45 61 10

E-post:
banepartner@jbv.no
Web:
www.banepartner.com

Reg.nr.:
NO 971 033 533 MVA
Bankgiro:
7694.05.01977

BanePartner er en
forretningsenhet i
 **Jernbaneverket**

Jernbaneverket
Biblioteket

JBV



09TU09957

