



OL - 94

Banestrømsforsyning

Målinger, simuleringer og beregninger

Evalueringer av resultater

NSB Engineering
30.04.91

Jernbaneverket
Biblioteket

INNHOLDSFORTEGNELSE

- 0. Sammendrag
- 1. Forord
- 2. Målinger av strømforbruk på trekkraftaggregater datert 04.02.91
 - 2.1 Vurdering av resultater
- 3. Registrering av strøm- og spenningsforhold i K1-anlegget på strekningen Lillestrøm - Fåberg
 - 3.1 Vurdering av resultater
- 4. Alternativ beregning av strøm og spenninger ved PC-programmet ACCAN
 - 4.1 Vurdering av beregningene sammenholdt med OSLO-simuleringen
 - 4.2 Beregninger med annen spg.-modell
 - 4.2.1 Vurdering av resultatene i forhold til OSLO-simuleringen
- 5. Beregning av matestasjonskapasiteten kontinuerlig og kortvarig
 - 5.1 Vurdering av effektbehovet til trekkraftmateriellet i forhold til matestasjonenes tilsynelatende effekt.
- 6. Hovedkonklusjon.

Bilag:

- A. Måling av strømforbruk på trekkraftaggregater
- B. Registrering av strøm- og spenningsforhold i k1-anlegget på strekningen Lillestrøm-Fåberg
- C. Verifisering av OSLO-programmets simulerte strømforsyning for OL 94 ved statiske beregninger utført ved hjelp av PC programmet ACCAN
- D. Diagrammer over togtetthet under OL

1. FORORD

Det er laget teknisk hovedplan: Banestrømsforsyning Oslo S - Lillehammer datert 04.02.91. Videre er det foretatt simulering av strømforsyningen i egen rapport: OL-94 Simulering av strømforsyning NSB Engineering Des.1990. Det er foretatt alternative beregninger og målinger for å verifisere den foretatte simulering. I herværende rapport foretas en presentasjon av dette samt en evaluering og konklusjon om påliteligheten i utredningene.

2. MÅLINGER AV STRØMFORBRUK PÅ TREKKRAFTAGGREGATER

Som bilag A følger målinger foretatt på trekkraftaggater. Målingene er vist grafisk og det er regnet ut gjennomsnitt primærstrøm over en periode på 10 min. Det framgår at strømmen varierer meget og at det tidsrom hvor strømmen er maksimal er meget kortvarig. For El 16 er max strømspiss 560A og max kontinuerlig strøm 400A. Av diagrammet vedlegg 1 og 2 framgår at strømmen i ca. 12 min i løpet av 135 min er over 400A d.v.s. ca 9% av tiden.

2.1 Vurdering av resultater

Vi antar at det på en strekning er 5 tog. Sannsynligheten for at et av togene bruker mere enn max kontinuerlig strøm er $p=0,1$ (10%). Vi kan da regne ut hvilke sannsynligheter det er for at tog trekker mere enn max kontinuerlig strøm:

P(0)	P(1)	P(2)	P(3)	P(4)	P(5)
0,5905	0,3281	0,0729	0,0081	0,0005	0,00001

Sannsynligheten for at 3,4 og 5 tog trekker mere enn max kontinuerlig strøm samtidig er:

$$P(3) + P(4) + P(5) = 0,0081 + 0,0005 + 0,00001 = \underline{0,00861}$$

Sannsynligheten er mindre enn 1 %.

Sannsynligheten for at 2 tog av 5 tog samtidig trekker mere enn max kontinuerlig strøm er 7%.

Med de foreslåtte 2 tilleggsmatestasjoner vil det ved meget kortvarig belastning være stor nytte av at matestasjonene ligger nær hverandre, de vil fordele lasten mellom seg og opprettholde akseptabel kontaktledningsspenning.

3. REGISTRERING AV STRØM- OG SPENNINGSFORHOLD I KL-ANLEGGET PÅ STREKNINGEN LILLESTRØM - FÅBERG

I oktober og november 1990 ble det foretatt registreringer av strøm- og spenningsforhold i kl-anlegget på strekningen Lillestrøm-Fåberg. Dette er vedlagt som bilag B. Maksimalt registrert strøm i løpet av måleperioden er:

Omformer	Målepunkt	Max strøm	Tidspunkt
Lillestrøm	Utgående linje Leirsund	920A	Fred.28/9 kl 14.17
	Sum enfase strøm	1090A	Fred.28/9 kl 06.39
Tangen	Utgående linje Tangen	890A	Lørd.22/9 kl 01.05
	Utgående linje Steinsrud	780A	Lørd.22/9 kl 01.12
	Sum enfase strøm	1045A	Fred.28/9 kl 01.27
Fåberg	Utgående linje Fåberg	965A	Fred.10/11 kl 01.56

Tabell 1

Av tabell 2 i bilag B fremgår laveste spenning målt ved sonегrensebryter Eidsvoll km 69.29. Laveste spg. målt er 11,0 kV fredag 28.09 kl 01.10 ved normale mateforhold. Det har vært målt 9,2 kV, men da har begge omf.aggregater vært ute av drift.

I bilag B vedlegg 4 er strømbelastningen i Lillestrøm, Tangen og Fåberg omformerstasjoner vist for søndag 23.09.90 og søndag 30.09.90.

I bilag B vedlegg 5 er disse måleresultatene sammenlignet med OSLO-programmets simulering av normal trafikk uten ekstra OL-tog. resultatene av målingene er noe forskjellige i forhold til simuleringene, men ligger innenfor en ventet margin med det begrensede "statistiske grunnlag" 2 tildels 1 måling gir.

3.1 Vurdering av måleresultatene

Spenningsmålingene viser at man i dagens anlegg med dagens trafikk kortvarig ligger høyt med max strøm og lavt med kontaktledningsspenningen. Det er nødvendig å anlegge 2 midlertidige omformerstasjoner skal OL-94-trafikken kunne avvikles tilfredsstillende både med hensyn til kontaktledningsspenning og akseptable strømmer i kontaktledningen.

4. ALTERNATIV BEREGNING AV STRØM OG SPENNINGER VED PC-PROGRAMMET ACCAN

I bilag C er foretatt en verifisering av den simulerte strømforsyning: OL-94 Simulering av strømforsyning NSB Engineering Desember 1990. Det er utført statiske beregninger ved hjelp av PC-programmet ACCAN. De statiske beregningene er foretatt ved følgende tidspunkter 0900, 0915, 0930 og 0945. Det er nyttet følgende spenningsmodell for matestasjonene:

$$U_{ms} = 16,5 \text{ kV} - Z_m * I_{ms} \text{ kV}$$

U_{ms} = matestasjonsspenningen
 Z_m = matestasjonsimpedansen
 I_{ms} = strøm

Dette er samme spenningsmodell som er benyttet i den foretatte simulering.

4.1 Vurdering av beregningen sammenholdt med OSLO-simuleringen

Resultatene gir en meget stor grad av sammenfallende resultater både for strømmer, spenninger og $\cos \varphi$. Det konkluderes med at disse 2 metoder gir sammenfallende resultater. Det er også i tabell 2.1 i vedlegg C foretatt sammenlikning av tilsynelatende effekt i MVA mellom "OSLO"-simuleringen og ACCAN. Avvikene i beregningene er max 3%. Dette må betraktes som sammenfallende resultater.

4.2 Beregninger med annen spenningsmodell for matestasjonene

Det er i bilag C foretatt alternative beregninger med en annen og riktigere spenningsmodell for matestasjonene. Spenningen øker med belastningen fra 16,2 kV til 16,5 kV.

$$I \quad U_{ms} = 16,2 + \frac{0,3}{\frac{S}{16,5}} * |I_{ms}| \text{ kV} \leq 16,5 \text{ kV}$$

S = matestasjonens tilsynelatende effekt

Det er i tabellen nedenfor vist tilsynelatende effekt fra den enkelte matestasjon og spenninger fra matestasjonen regnet ut med stigende spenningskarakteristikk etter formel I. Dette er så sammenliknet med simuleringene foretatt etter "OSLO".

Matestasjon	Tilsynelatende effekt S(MVA)kl.9.00		Diff.	Spenning fra matestasjon (kV)		Forskjell i spg. fra Matestasjon (V)
	OSLO	ACCAN		ACCAN	OSLO	
Lillestrøm	8,56	8,96	+0,4	16,318	16,055	261.
Minnesund	4,17	3,60	-0,57	16,309	15,927	382.
Tangen	7,68	6,93	-0,75	16,324	15,656	668.
Rudshøgda	7,50	11,30	+3,8	16,500	14,656	1844.
Fåberg	5,14	4,07	-1,07	16,288	15,946	342.
Totalt	33,05	34,86	+1,81			

TABELL 2

4.2.1 Vurdering av resultatene i forhold til OSLO-simuleringen

Det framgår av tabell 2 at med forskjellige spg.modeller for spg. fra matestasjoner får vi tildels store forskjeller i resultatene. Vi ser at det er en spenningsforskjell på hele 1844 V etter de to spenningsmodellene for Rudshøgda. Dette gir i ACCAN en stor økning i lasten for Rudshøgda. Pga. omf. har en overlastbarhet på 90 % i 1 min. er det ingen fare for utfall av omformeraggregatet.

Dersom togbelastningen øker ytterligere vil spg. ved Tangen og Fåberg øke mot 16,5 kV og lastøkningen blir antagelig mere tatt av Tangen og Fåberg enn av Rudshøgda som har maksimal spenning.

Men dersom vi ser på summen av alle matestasjonenes leverte tilsynelatende effekt S og trekker fra togvarmeeffekten for alle tog med E1 13 og E1 16 (60 vg à 20 kW)= 1,2 MVA er forskjellene liten.

Laveste registrerte spg. i bilag C med stigende spenningsmodell er 14,415 kV. Det er for tog OSL J v/strøm 452,9 A og hast- 119 km/t og full utnyttelse av trekraften ved km 43,2. Det må derfor antas at det ikke er problemer med å holde forsvarlig kontaktledningsspenning under OL-trafikken dersom ruteplanen følges og alle 5 omf.stasjoner er i full drift med samkjøring. Dette bekreftes også av de foretatte simuleringer i Simulering av strømforsyning.

5. BEREGNING AV MATESTASJONSKAPASITET - KONTINUERLIG
OG KORTVARIG

Omformerstasjonene har en stor overbelastbarhet som framgår av tabell 3:

Omformernes overbelastningsevne				
Agg.størrelse MVA	In A	I 6 min A	I 1 min A	I 2 sek A
3,8	238	-	360 ¹⁾	400
4,0	363	500	562 ¹⁾	625
7,0	438	688	744 ¹⁾	825
10,0	625	875	1185	1250

TABELL 3

¹⁾ Antagelse av overbelastbarhet til 90% av I 2 sek.

Det er nedenfor regnet ut hvilke tilsynelatende effekter, kontinuerlig, i ett min. og i 2 sek for hver enkelt mate- stasjon og samlet.

Matestasjoner	Strøm Kontinu- erlig	Strøm 1 min	Tilsynelat- ende effekt S i 1 min	Strøm 2 sek	Tilsynelat- ende effekt S i 2 sek
<u>Lillestrøm</u>					
3 stk a 3,8 MVA	714A	1080A	17,8 MVA	1200A	19,8 MVA
1 " " 10 MVA	625A	1185A	19,6 MVA	1250A	20,6 MVA
Sum 21,4 MVA	1339A	2265A	37,4 MVA	2450A	40,4 MVA
<u>Minnesund</u>					
1 stk a 10 MVA	625A	1185A	19,5 MVA	1250A	20,6 MVA
<u>Tangen</u>					
1 stk 7 MVA	438A	742A	12,2 MVA	825A	13,6 MVA
1 stk 10 MVA	625A	1185A	19,6 MVA	1250A	20,6 MVA
Sum 17 MVA	1063A	1927A	31,8 MVA	2075A	34,2 MVA
<u>Rudshøgda</u>					
1 stk 10 MVA	625A	1185A	19,5MVA	1250A	20,6 MVA
<u>Fåberg</u>					
2 stk 7 MVA					
Sum 14 MVA	876A	1485A	24,5 MVA	1650A	27,2 MVA
Total ytelse:					
<u>72,4 MVA</u>			<u>132,7 MVA</u>		<u>143 MVA</u>

Tabell 4

5.1 Vurdering av effektbehovet til trekkraftmateriellet i forhold til matestasjonenes tilsynelatende effekt

Dersom vi summerer timeeffekten av det maksimale antall tog (14 tog) på strekningen blir dette 49,668 MVA. En gjennomgang av de målte strømmene avsnitt 2 framgår at det er ca 10% av tiden at trekkraftmateriellet tar ut mere enn kontinuerlig strøm.

Sannsynligheten for at 7 eller flere av disse 14 togene tar ut mere enn kontinuerlig strøm er ca 0,00018 ut fra en sannsynlighetsbetraktning.

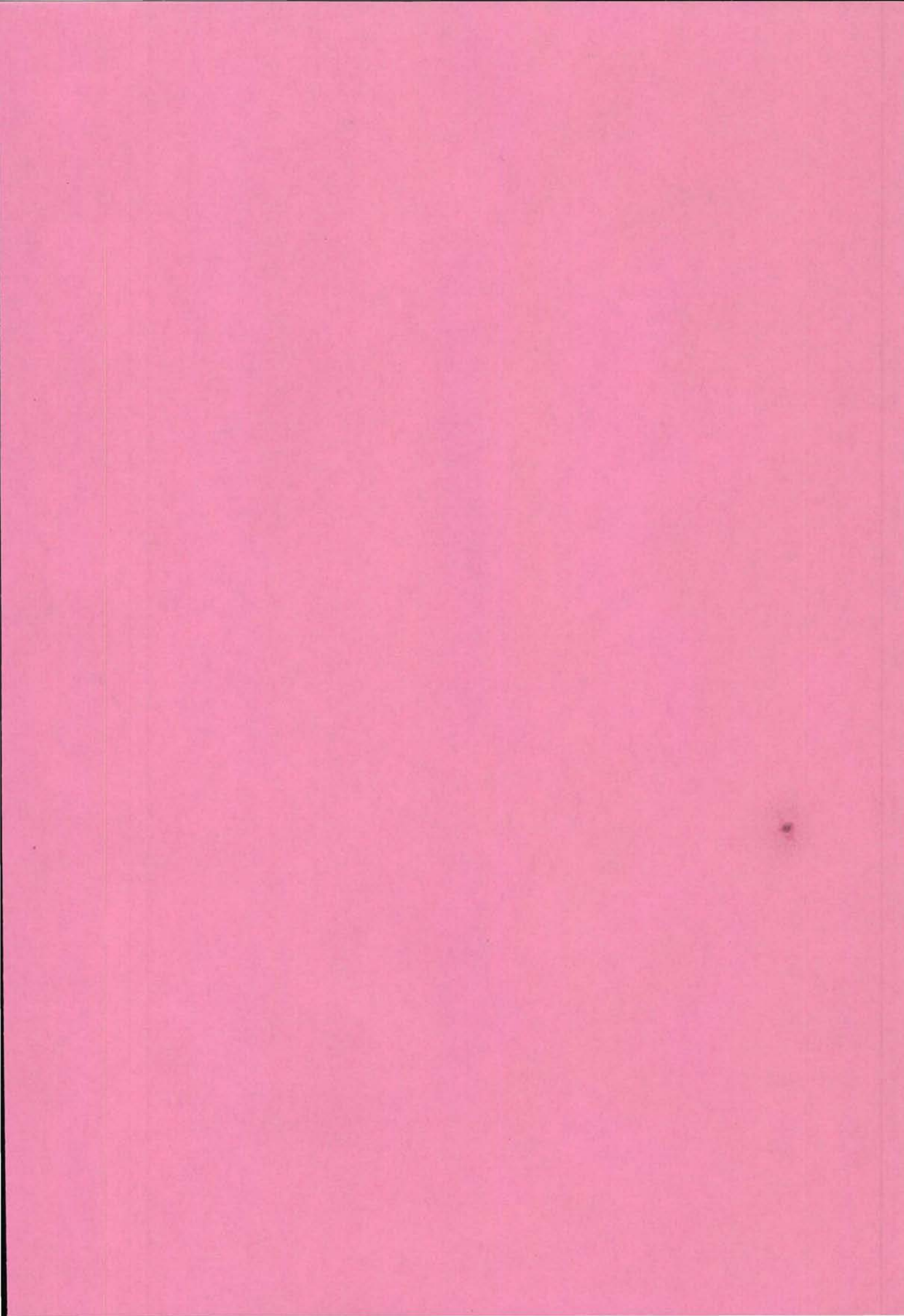
Av tabell 3 over matestasjonens ytelser framgår at kontinuerlig ydelser er 72,4 MVA, ydelsen i 1 min er 132,7 MVA og ydelsen i 2 sek er 143 MVA. Selv om en del av ydelsene i Lillestrøm må dekke effektbehovet på Kongsvingerbanen og Hovedbanen mot Oslo og Fåberg også må mate nordover er det meget stor kapasitet igjen til å dekke behovet. Hvis ydelsene reduseres til 50% i Lillestrøm og Fåberg på OL-strekningen har vi følgende 1 min-ydelse total igjen 101,7 MVA som er det dobbelte av timeydelsen til det maksimale antall tog på "OL-strekningen".

Dersom en matestasjon faller ut på strekningen vil det derimot oppstå problemer spesielt mht. spenningen, dette har simulering av strømforsyningen vist. Spenningsmålingen i dagens anlegg viser at man med dagens trafikk på kritiske steder kortvarig ligger under akseptabelt nivå. Men ved at man tar visse forholdsregler som etablering av radiokontakt til lokførerne og bemanning av omf.stasjonene må også denne situasjon kunne avhjelpes.

6. HOVEDKONKLUSJON

Måleresultater og foretatte alternative beregninger er vurdert sammen med OSLO-simuleringen (datert des. 90). Det er tilfredsstillende samsvar i resultatene som underbygger OL-94 Teknisk hovedplans konklusjoner.

Med 2 tilleggsmatestasjoner og foreslåtte oppgradering av nåværende matestasjoner som anbefalt i hovedplanen er matestasjonskapasiteten tilstrekkelig med tilfredsstillende reserve i "dimensjonerende time". Kontaktledningsspenningen vil opprettholdes med forsvarlig margin i forhold til UIC spenningsnorm. De maksimale strømmen vil ligge i samme størrelse som ved dagens trafikk.



MÅLING AV STRØMFORBRUK
PÅ
TREKKRAFTAGGREGATER

Måling av strømforbruk på trekkraftaggregater.

For å underbygge simuleringer og beregnede verdier for strømforbruket mellom Lillestrøm og Lillehammer under OL-94, har vi foretatt målinger av strømforbruk i lok type EI 17 og EI 16, samt motorvognsett type 69D.

Målingene er foretatt på tog 353 på fredag for lok EI 16 og EI 17, og på ekstratog for BM69D. Målingen er foretatt mellom Lillestrøm og Bergseng for lokomotivene og mellom Lillestrøm og Hamar for BM69D. Utfra måleresultatene har vi regnet ut gjennomsnittsstrøm for de enkelte aggregater over et gitt tidsrom.

Målingene viser primærstrøm, momentanverdi samt gjennomsnittlig primærstrøm over en periode på 10 minutter. For BM69D er verdien for ett trevognsett.

Måling 1.

Dato: 28.09.90 KI 15.15 - 17.35
Lok : EI 16.2203
Togvekt : 501t + lok
Ant.aksler: 52

Merknader: Alle matestasjoner i drift. Ingen inn- eller utkobliger av kontakledningsbrytere. Togsettet tilnærmet fullsatt av passasjerer.

Måleresultatet er vist på vedlegg 1 og 2.

Måling 2.

Dato: 26.10.90 KI 15.15 - 17.40
Lok : EI 17.2223
Togvekt : 465t + lok
Ant.aksler: 48

Merknader: Alle matestasjoner i drift. Ingen inn- eller utkobliger av kontakledningsbrytere. Togsettet tilnærmet fullsatt av passasjerer

Måleresultatet er vist på vedlegg 3 og 4.

Måling 3.

Dato: 07.01.91 KI 12.34 - 14.40
Motorvg: BM69.063
Togvekt : 131 t
Ant.aksler: 12

Merknader: Alle matestasjoner i drift. Ingen inn- eller utkobliger av kontakledningsbrytere. Motorvognsettet var tomt, ved fullt sett ville vi fått en tilleggslast på 22,7t.

Måleresultatet er vist på vedlegg 5.

Videre er det foretatt en kontroll av primærstrøm av EI 14 på samme strekning, kun visuelt ved bruk av lokomotivets primærstrømmåler. Se vedlegg 6.

Gjennomsnittsverdier for strømforbruk over strekningen er vist i tabell 1.

Tog	Lillestrøm - Tangen	Tangen - Lillehammer
EI 16 (Måling 1)	120,9 A	148,4 A
EI 17 (Måling 2)	94,4 A	99,4 A
BM 69D (Måling 3)	43 A	Ikke målt

Tabell 1. Gjennomsnittlig strømforbruk over strekningen. Målte verdier.

Tabellen viser at et trippel trevogns BM 69D sett vil bruke omtrent 130 A i gjennomsnitt.

Måling 1 (13 vogner) vil kunne frakte ca. 750 passasjerer.

Måling 2 (12 vogner) vil kunne frakte ca. 700 passasjerer.

Måling 3 (3 vogner) vil kunne frakte 303 passasjerer (9 vognsett 909 passasjerer).

Måling 3 ville blitt noe høyere dersom det hadde vært passasjerer i toget under målingen. En tilleggslast på 22,7 t ville utgjøre en økning av totalvekten på 17,3%, noe som vi må ta i betraktning.

Målinger gjort på lokomotivene vil ikke ta hensyn til fasevinkel ved strømpoptaket, slik at ved å addere de målte resultater vil vi komme noe galt ut. Likevel vil disse utregninger være en pekepinn på hvordan virkelig forbruk vil bli, og utregningene nedenfor vil være noe mer ugunstige enn i virkeligheten.

Når det gjelder spissbelastninger har vi utfra målingene fått verdier som vist i tabell 2.

EI 16	560A
EI 17	280A
EI 14	420A
BM 69D	170A

Tabell 2. Spissbelastninger for trekraftaggregatene.

Disse spissbelastninger er som kurvene viser kortvarige, men likevel kan det i ugunstige tilfelle skje at man får flere tog som trekker ut maksimalt med strøm samtidig. Hvis alle tog på strekningen trekker maksimal strøm samtidig vil det under OL ikke være kapasitet nok i omformerstasjonene.

Utvidet bruk av måleresultatene til vurdering av OL-togene.

Eksempel 1.

Hvis vi tar for oss strekningen Lillestrøm - Tangen vil vi med OL-togene få det største strømmuttaket kl. 10.00 søndag. Her vil vi ha 11 tog på strekningen. Disse togene vil bestå av dette oppsettet:

- 2 tog EI 16 + 12 vogner (OL-tog)
- 3 tog EI 13 + 6 vogner (Ordinære IC tog)
- 1 tog BM 69C (2 vogner, ordinært lokaltog Eidsvoll)
- 5 tog BM 69D (9 vogner OL-tog)

Ut fra våre målinger kan vi regne følgende tall for gjennomsnittlig strømopptak på strekningen:

EI 16 + 12 vogner	120A
EI 13 + 6 vogner	80A (Vil ligge mellom EI16 og EI17)
BM69C 2vognsett	40A (Omtrent som et trippel tomt 69D sett)
BM69D 9vognsett	140A (Regner 10% øket strømforbruk pga. passasjerer)

Totalt vil dette gi: 1140 A i gjennomsnittlig forbruk på dette tidspunkt. Dette ligger innenfor det omformerstasjonene vil kunne levere. Dette gir en tilsynelatende effekt på i underkant av 20MVA.

Hvis vi regner helt maksimalt ugunstig og sier at alle tog i noen sekunder trekker maksimal strøm samtidig vil vi få 4680 A som motsvarer 77 MVA.

Eksempel 2.

Søndag kl. 9.00 Lillestrøm - Tangen. Hentet fra Oslo-programmet.

OSLG	EI16 + 16 vogn	140A
OSLH	BM69D 9 vogn	140A
OSLI	BM69D 9 vogn	140A
OSLJ	BM69D 9 vogn	140A
F342	EI13 + 6 vogn	80A
1612	BM69D 3 vogn	50A
PT41	EI17 + 7 vogn	80A

Totalt		770A

Disse togene er på det gitte tidspunkt mellom Lillestrøm og Tangen, men på grunn av forskjellig avstand til matestasjonen, og fasevinkel vil belastningen på omformerstasjonen være ulik den addisjon som her er foretatt.

Konklusjon

De tre målinger som her er foretatt viser tydelig at strømmuttaket på et trekraftaggregat er svært varierende. Ved å bruke måleresultatene og utarbeide gjennomsnittverdier over tid, vil vi få verdier vi kan nytte for å beregne strømmuttak.

Målingene viser at et EI 16 lok med 13 vogner trekker litt mindre strøm som et 9 vogners BM69D sett. Et asynkronlokomotiv EI 17 vil trekke 20-30% lavere strøm på samme strekning. Selv om vi ikke har målt på et konvensjonelt lok, vil strømopptaket ligge et sted mellom EI 16 og EI 17.

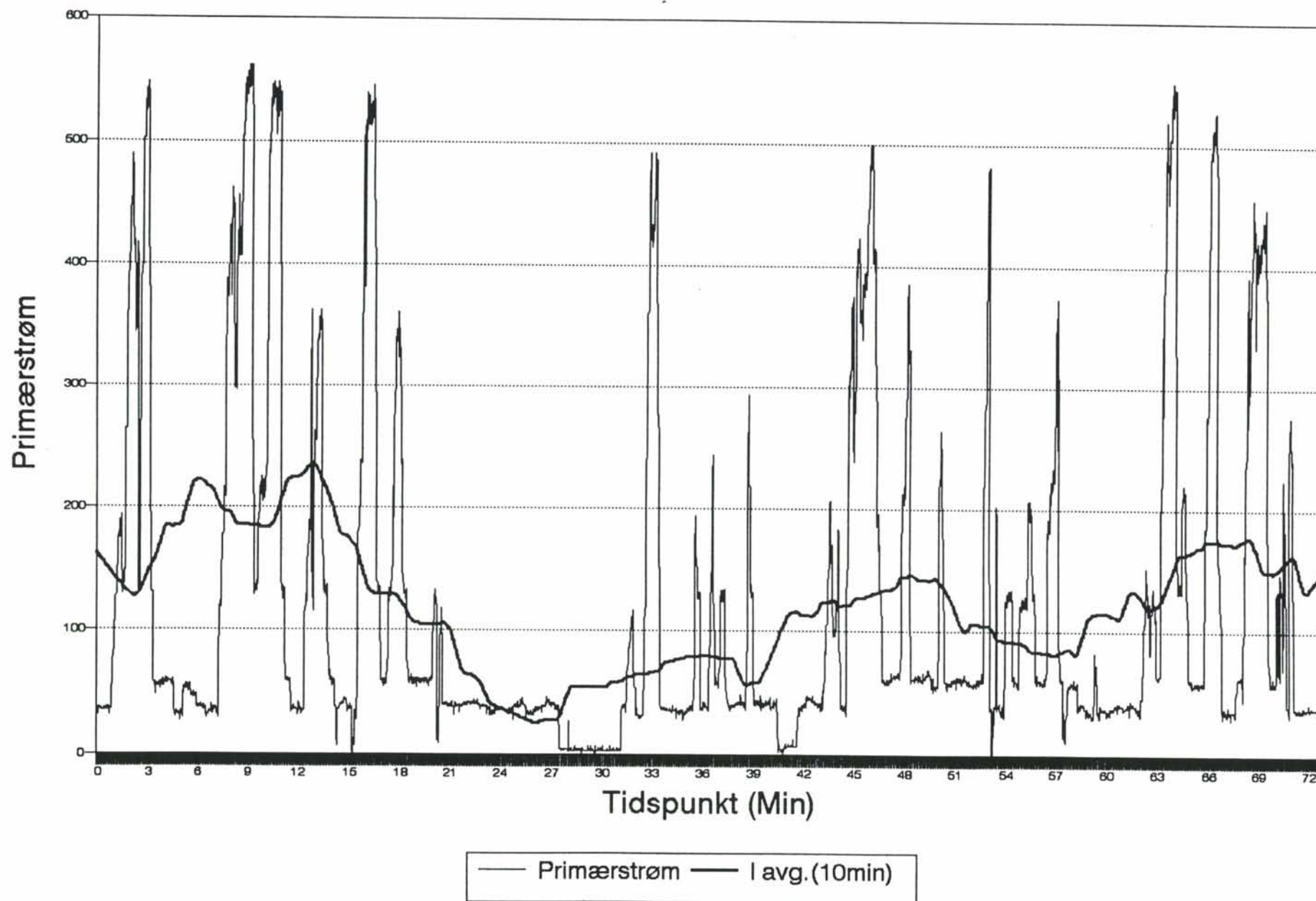
Målingene her er i overensstemmelse med beregnede resultater, og det målte gjennomsnittlige strømforbruk ligger innenfor det matestasjonene kan levere.

Antall tog på matestasjonsstrekningene

Ut fra foreslått ruteplan for OL-tog har vi utarbeidet diagrammer som viser antall tog mellom matestasjonene. Diagrammene viser døgnet oppdelt i halvtimesintervaller, og det er skilt mellom OL-tog og ordinær trafikk. Det er utarbeidet diagrammer for strekningene Lillestrøm - Tangen og Tangen - Lillehammer (matepunkter som i dag), og for delstrekningene Lillestrøm - Minnesund, Minnesund - Tangen, Tangen - Rudshøgda og Rudshøgda - Lillehammer. Dette er utført for hverdager, lørdager og søndager. Diagrammene finnes som vedlegg 7.

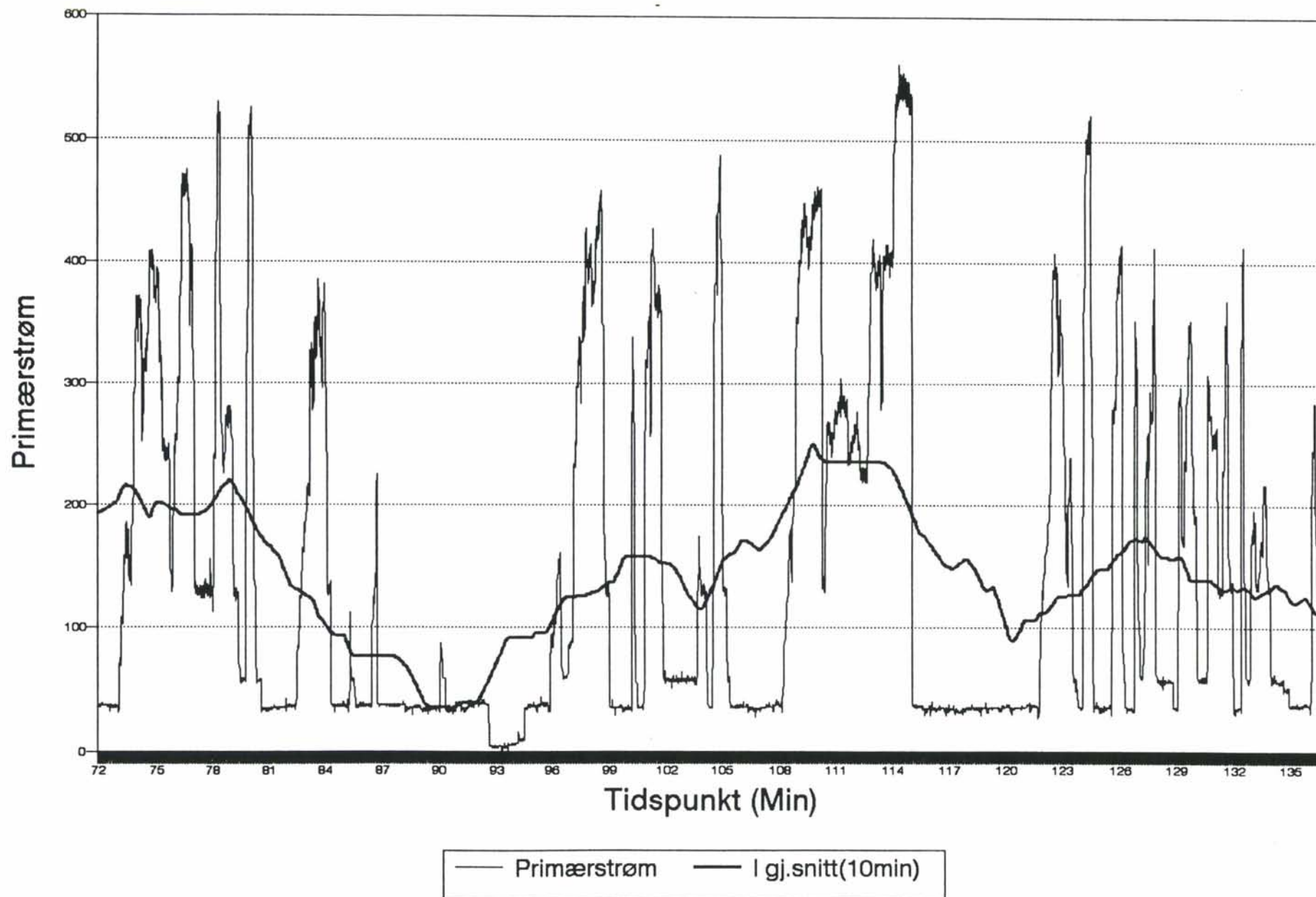
MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

EL-16 LILLESTRØM-TANGEN



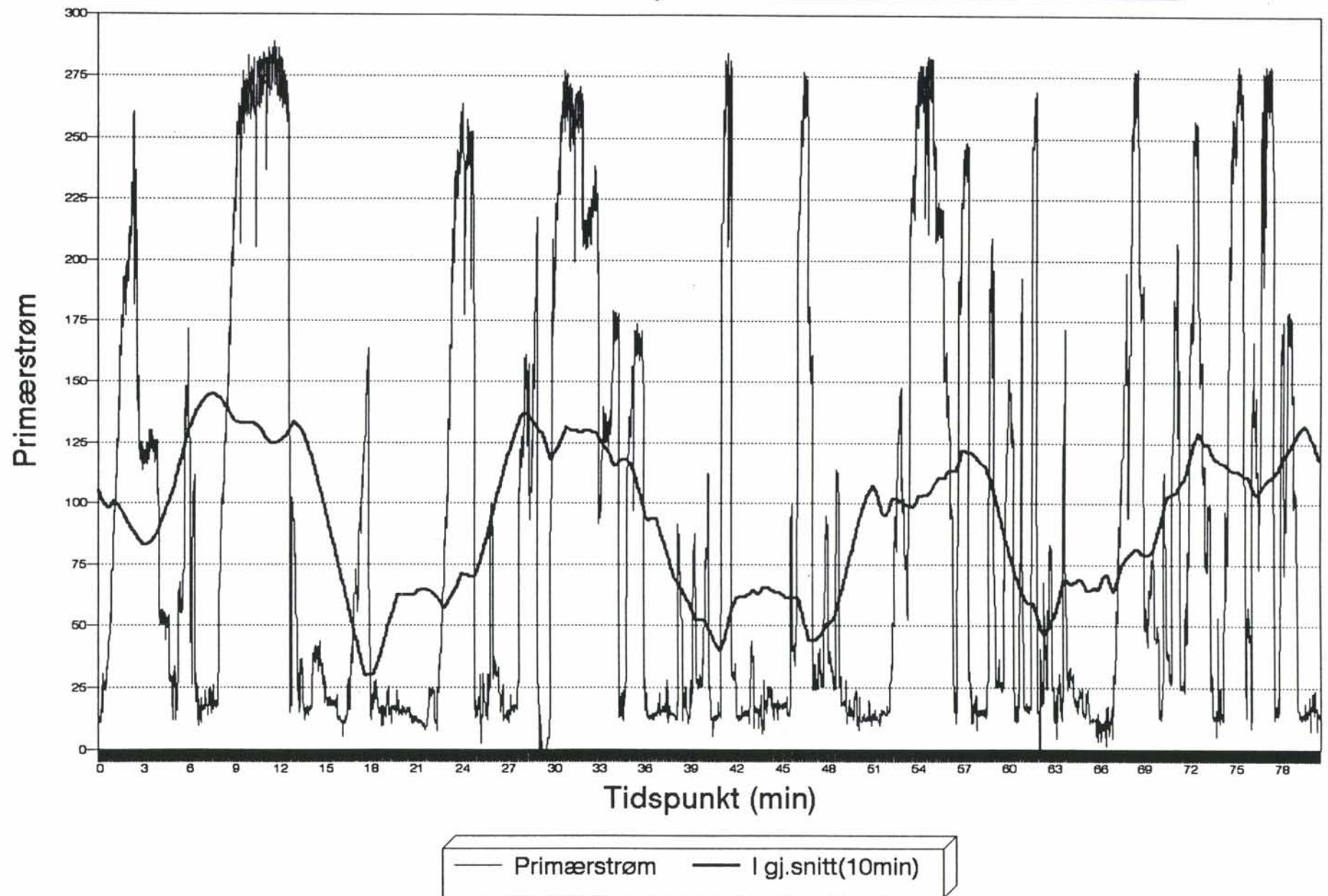
MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

EL-16 TANGEN-LILLEHAMMER



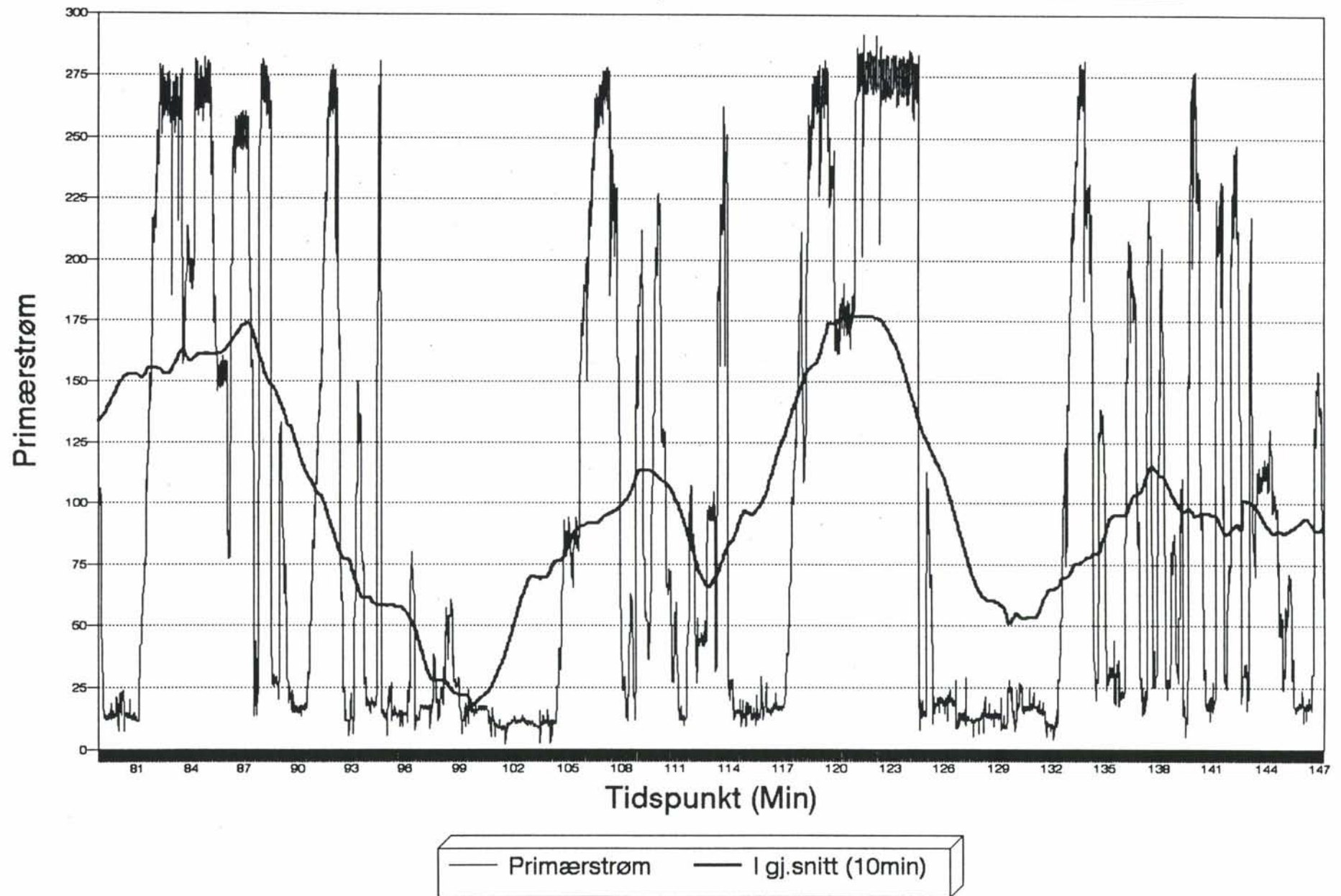
MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

EL-17 LILLESTRØM-TANGEN



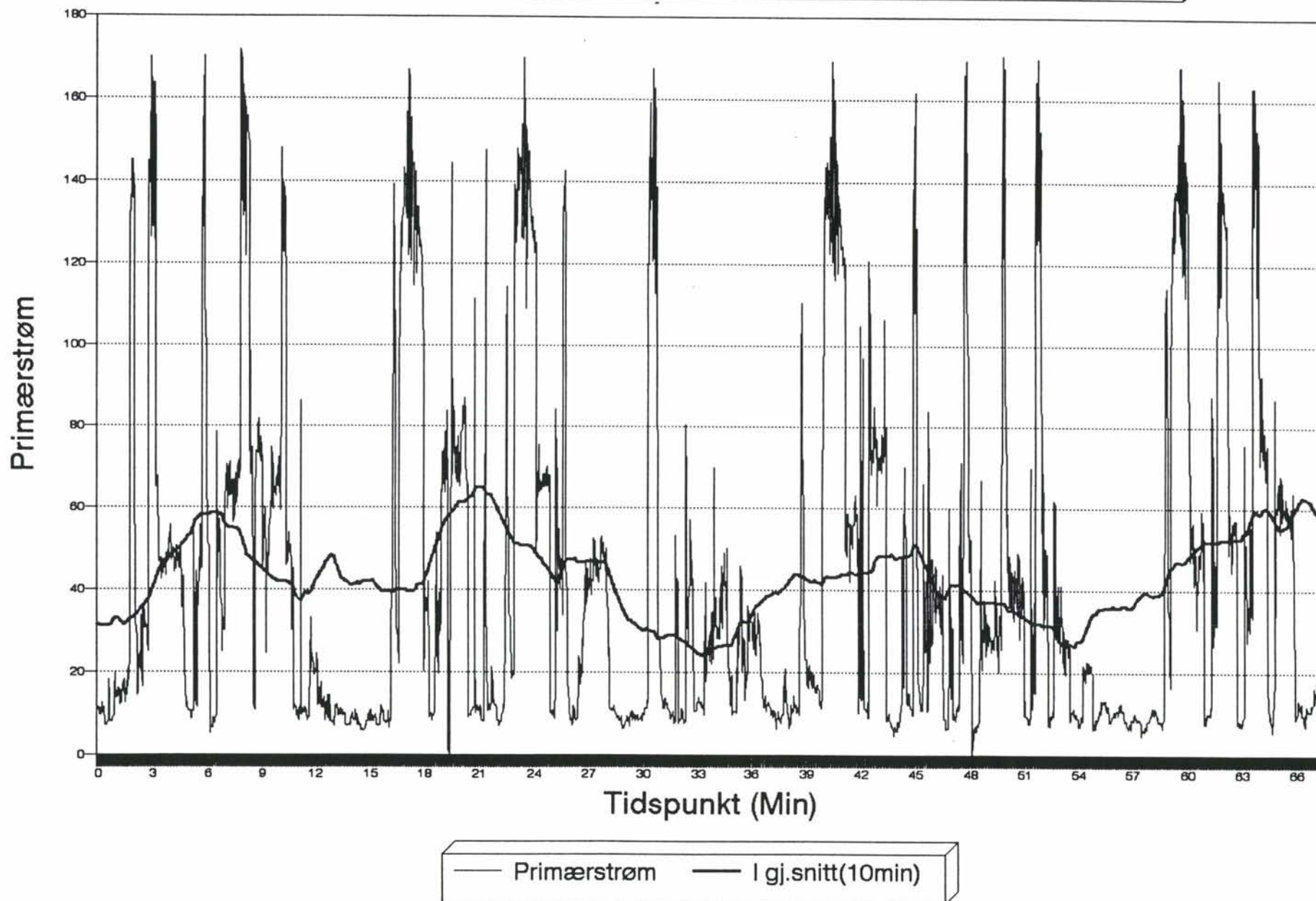
MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

EL-17 TANGEN-LILLEHAMMER



MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

1 SETT BM69D LILLESTRØM-TANGEN



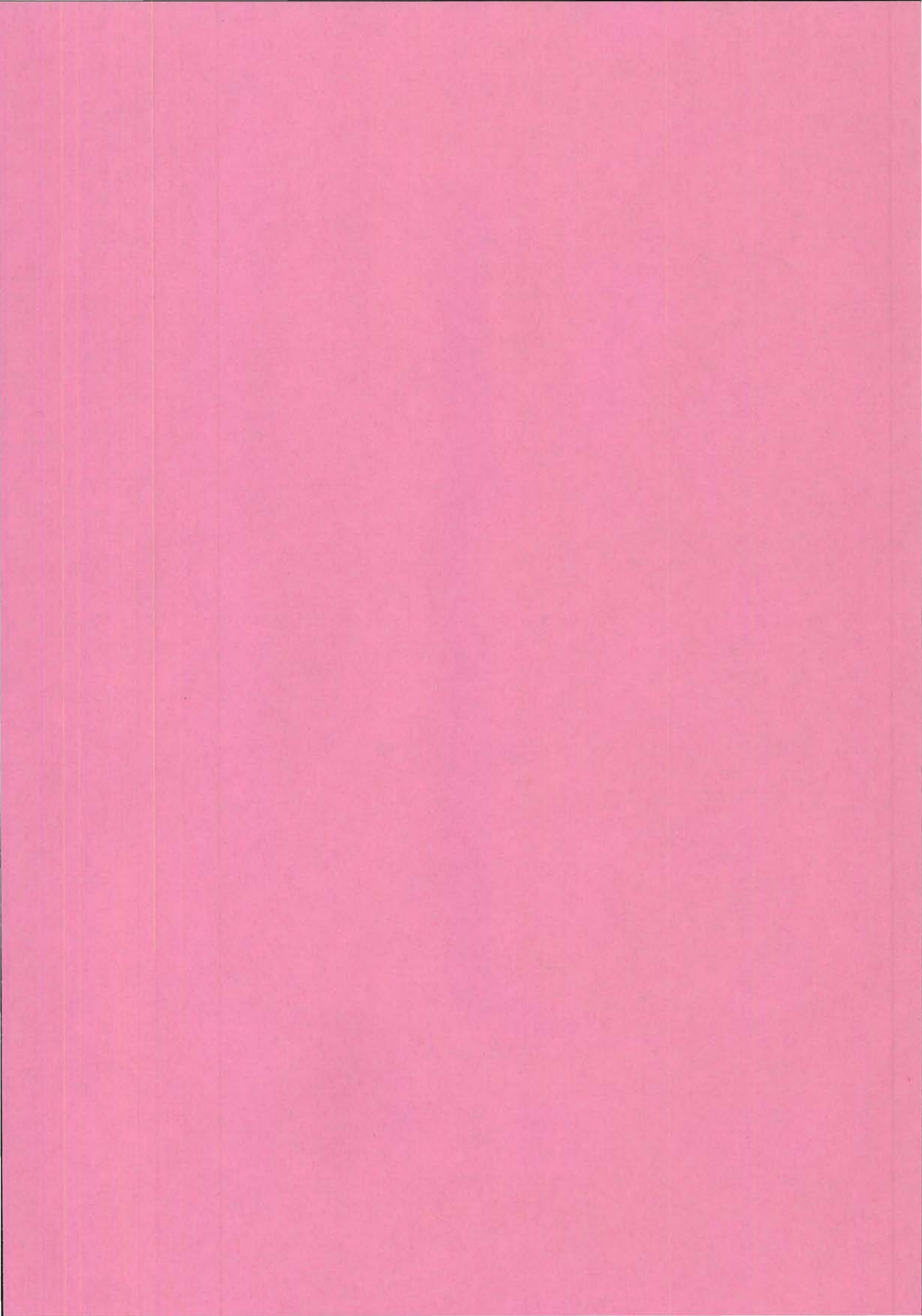
Måling av strømuttak

Tog 353 Oslo S - Lillehammer 14.9.90 kl. 14.55 - 17.45

Lok 14.2166 med togvekt 428 t (44 aksler)

Sted	TID	U_f	I_f	Hast.
Bryn	15.01	15	420	80
Lillestrøm	15.20	13,5	350	100
Lindeberg	15.33	12	400	100
Kløfta	15.35	12	280	100
Asper	15.38	14	280	110
Morskogen	16.12	13	330	80
Strandlykkja	16.17	13,5	300	100
Tangen	16.39	14,5	350	90
Brumunddal	17.12	12,5	310	80
Veldre	17.14	11,8	300	85
Rudshøgda	17.16	12,5	280	95

Ingen unormale inn og utkoblinger fra Fron og Lillestrøm.



NOTAT

Registrering av strøm- og spenningsforhold i kl-anlegget
på strekningen Lillestrøm - Fåberg

I oktober og november 1990 ble det foretatt følgende registreringer:

- I Lillestrøm omf.st.
 - * Sum èn-fase-strøm
 - * Strøm utg. linje Leirsund

- I Tangen omf.st.
 - * Sum èn-fase-strøm
 - * Strøm utg.linje Tangen
 - * Strøm utg.linje Steinsrud

- I Fåberg omf.st.
 - * Sum èn-fase-strøm
 - * Strøm utg.linje Lillehammer

- Ved sonegrensebryter Eidsvoll og Brumunddal
 - * Kontaktledn. spenningen.

Registreringsrullene oppbevares ved Hk/Ekm.

Ut fra registreringene er det utarbeidet følgende tabeller lagt ved dette notat:

Vedlegg 1

Strømtopper i Lillestrøm-, Tangen - og Fåberg omf.st. i tidsrommene kl. 0000 - 0600, 0600 - 1200 - 1800 og 1800 - 2400 angitt med tidspunkt og strømverdi.

Bilag B.

Vedlegg 2 og 3

Spenninger under henholdsvis 13-, 12- og 11 kV i kontaktledningsanlegget ved sonegrensebryteren ved Eidsvoll respektive Brumunddal.

Vedlegg 4

Strømtopper og anslåtte strømmiddelveidier i 15.-minuttersperioder i tidsrommet kl. 0845 - 0945 som middel av strømbe-
lastninger for to søndager i oktober og november 1990.

Høyeste topp i tidsrommene 0000 - 0600, 0600 - 1200, 1200 - 1800 og 1800 i hvert døgn er plukket ut fra registreringer

Dato	Dag	Lillestrøm				Tangen						Fåberg				Anmerkninger
		Utg.l. kl.	Leirsund A	Sum kl.	strøm A	Utg.l. kl.	Tangen A	Utg.l. kl.	Steinsr. A	Sum kl.	strøm A	Utg.l. kl.	Lilleh. A	Sum kl.	strøm A	
19.09.90	O n s d a g															1 Feil i registreringer
		1000	730													
		1453	670	1614	880											
20.09.90	T o r s d a g	0040	475	0537	480	0142	730	0108	690							
		0700	515	0741	775	0859	470	0808	415							
		1417	740	1615	915	1648	580	1349	590	1637	690	1531	445			
		1958	700	1807	795	2200	675	2256	475	2220	710	2358	555			
21.09.90	F r e d a g	0015	475	0542	440	0045	545	0021	595	0105	740	0109	580			
		0820	540	0740	930	0618	475	0653	335	0616	660	1151	445			
		1541	590	1636	840	1610	745	1645	520	1611	700	1222	565			
		2141	720	1936	740	2110	550	2310	500	2359	580	2359	540			
22.09.90	L ø r d a g	0002	440	0003	410	0012	720	0112	780	0016	910	0108	690			
		-	1	0638	355	0858	390	1016	350	0931	440	1056	395			
		-	1	1408	360	1620	480	1241	370	1620	435	1237	340			
		-	1	2235	345	2140	460	2000	485	2017	655	1909	770			
23.09.90	S ø n d a g	-	1	0518	140	0014	320	0016	290	0019	320	0352	320			
		-	1	1127	200	1020	305	1028	235	1121	255	1003	225			
		-	1	1611	230	1350	540	1435	440	1357	510	1748	320			
		-	1	2258	270	2322	490	1838	365	2330	400	2216	390			

OVERSIKT OVER STRØMTOPPER I LILLESTRØM-, TANGEN- OG FABERG OMFORMERSTASJON

Vedlegg 1, bl.2/7

Høyeste topp i tidsrommene 0000 - 0600, 06 - 1200, 1200 - 1800 og 1800 - 2400 r hvert døgn er plukket ut fra registreringen

Dato	Dag	Lillestrøm				Tangen						Fåberg				Anmerkninger
		Utg.l. kl.	Leirsund A	Sum strøm kl. A		Utg.l. kl.	Tangen A	Utg.l. kl.	Steinsr. A	Sum strøm kl. A		Utg.l. kl.	Lilleh. A	Sum strøm kl. A		
24.09.90	M a n d a g		1	0530	315	0006	505	0012	380	0013	750	0349	450			1 Feil i registreringen
			1	0713	995	0900	560	1024	395	0908	440	1147	440			
		1718	675	1651	925	1416	520	1332	450	1400	595	1230	460			2 Feil ved registrering
		2221	665	2308	590	2308	655	2307	495	2317	590	2321	485			
25.09.90	T i r s d a g	0256	515	0527	520	0007	585	0034	610	0045	680	0543	570			
		0647	555	0713	885	0856	405	1127	405	0854	500	1019	480			
		1639	785	1626	1085	1600	660	1335	585	1348	575	1203	620			
		1943	695	1807	785	2255	560	2122	450	2312	520	2357	685			
26.09.90	O n s d a g	0312	640	0005	615	0006	510	0208	590	0100	700	0220	575			
		0620	505	0717	950		2			0857	395	1104	595			
		1510	715	1625	975	1421	540	1330	590	1346	615	1223	585			
		2318	675	2037	690	2352	610	2028	330	2150	500	2322	385			
27.09.90	T o r s d a g	0012	740	0007	480	0002	820	0225	660	0125	795	0059	650			
		0910	730	0814	695	1158	490	1110	355	1118	445	0950	390			
		1640	760	1658	1000	1558	580	1637	565	1655	810	1216	605			
		2048	590	1802	585	2013	430	2037	430	1917	515	2359	585			
28.09.90	F r e d a g	0021	920	0034	835	0105	890	0216	680	0127	1045	0303	710			
		0945	775	0639	1090	0843	555	1158	480	1113	450	1105	625			
		1500	700	1541	900	1552	720	1607	565	1615	680	1213	565			
		1955	555	1943	645	2115	620	2304	420	2305	575	2231	515			

Hk/Ekm, 5.2.91/SRi

Høyeste topp i tidsrommene 0000 - 0600, 06 - 1200, 1200 - 1800 og 1800 - 2400 r hvert døgn er plukket ut fra registreringen

Dato	Dag	Lillestrøm				Tangen				Fåberg				Anmerkninger		
		Utg.l. kl.	Leirsund A	Sum strøm kl.	Sum strøm A	Utg.l. kl.	Tangen A	Utg.l. kl.	Steinsr. A	Sum strøm kl.	Sum strøm A	Utg.l. kl.	Lilleh. A		Sum strøm kl.	Sum strøm A
29.09.90	L ø r d a g	0302	600	0330	560	0210	620	0150	490	0233	580	0057	630			1 Feil i registreringen
		0826	475	0758	390	0834	350	1035	380	1100	425	1103	305			
		1421	470	1734	215	1328	500	1313	390	1353	430	1208	535			2 Feil ved registrering
		1952	490	2007	200	2052	465	2354	540	2117	385	2237	375			
30.09.90	S ø n d a g a g	0102	340	0016	110	0019	435	0007	460	0018	615	0101	320			3 Registrering av ampere i utg.linje, "Lillehammer" i Fåberg omf.st., er meget utydelig fra: 01.10. - 04.10. og verdiene kan derfor ikke stoles på fullt ut.
		1101	495	0728	25	1153	440	1156	430	1154	325	1023	255			
		1638	420	1200 1800	0	1425	435	1720	315	1222	450	1544	410			
		2126	405	2127	270	2143	395	2009	370	2128	475	2344	320			
01.10.90	M a n d a g	0004	495	0544	590	0046	490	0116	400	0057	505	0421	355			
		1006	480	0656	970	0930	485	0838	380	1010	420	0715	320			
		1730	640	1627	945	1634	625	1741	550	1708	630	1544	450			
		2224	575	2122	800	2305	630	2359	575	1812	620	2345	535			
02.10.90	T i r s d a g	0042	595	0542	510	0128	420	0244	525	0207	700	0140	480			
		1109	650	0649	840	0616	465	1051	285	0621	470	1020	260			
		1630	820	1551	900	1651	690	1351	570	1750	650	1229	575			
		2042	590	2019	540	2012	480	1916	470	2013	550	2341	420			
03.10.90	O n s d a g	0606	575	0544	420	0032	410	0202	525	0240	610	0108	505			
		0649	470	0711	840	0921	445	1146	330	0620	480	1132	455			
		1358	600	1645	1020	1639	400	1408	740	1443	760	1242	555			
		1959	560	2020	750	2050	440	1916	445	1958	525	2340	320			

Høyeste topp i tidsrommene 0000 - 0600, 0600 - 1200, 1200 - 1800 og 1800 - 2400 for hvert døgn er plukket ut fra registreringen

Dato	Dag	Lillestrøm				Tangen				Fåberg				Anmerkninger	
		Utg.l. kl.	Leirsund A	Sum strøm kl. A		Utg.l. kl.	Tangen A	Utg.l. kl.	Steinsr. A	Sum strøm kl. A		Utg.l. kl.	Lilleh. A		Sum strøm kl. A
04.10.90	T o r s d a g			0546	550					0322	575	0345	405		
				0715	910					0622	405	1031	350		
30.10.90	T i r s d a g											1025	500		
												1308	455		
												2302	640		
31.10.90	O n s d a g											0153	850		
												1017	610		
												1203	700		
												2318	625		
01.11.90	T o r s d a g											0239	860		
												1019	450		
												1206	710		
												2358	525		
02.11.90	F r e d a g											0341	655		
												1018	430		
												1543	470		
												1842	445		

Høyeste topp i tidsrommene 0000 - 0600, 06 - 1200, 1200 - 1800 og 1800 - 2400 r hvert døgn er plukket ut fra registreringen

Dato	Dag	Lillestrøm				Tangen				Fåberg				Anmerkninger	
		Utg.l. kl.	Leirsund A	Sum strøm kl.	strøm A	Utg.l. kl.	Tangen A	Utg.l. kl.	Steinsr. A	Sum strøm kl.	strøm A	Utg.l. kl.	Lilleh. A		Sum strøm kl.
03.11.90	L ø r d a g											0048	855		
												1159	575		
												1202	465		
												1844	530		
04.11.90	S ø n d a g											0152	350		
												1006	105		
												1742	415		
												2005	380		
05.11.90	M a n d a g											0146	440		
												1020	455		
												1632	530		
												2335	780		
06.11.90	T i r s d a g											0128	860		
												1105	730		
												1245	625		
												2253	455		
07.11.90	O n s d a g											0145	910		
												1128	690		
												1227	825		
												2357	655		
08.11.90	T o r s d a g											0050	755		
												1040	500		
												1242	550		
												2335	525		

OVERSIKT OVER STRØMTOPPER I LILLESTRØM-, TANGEN- OG FABERG OMFORMERSTASJON

Vedlegg 1, bl. b//

Høyeste topp i tidsrommene 0000 - 0600, 06 - 1200, 1200 - 1800 og 1800 - 2400 r hvert døgn er plukket ut fra registreringen

Dato	Dag	Lillestrøm				Tangen				Fåberg				Anmerkninger	
		Utg.l. kl.	Leirsund A	Sum strøm kl.	A	Utg.l. kl.	Tangen A	Utg.l. kl.	Steinsr. A	Sum strøm kl.	A	Utg.l. kl.	Lilleh. A		Sum strøm kl.
09.11.90	F r e d a g											0002	695		
												1103	420		
												1435	525		
												2023	410		
10.11.90	L ø r d a g											0156	965		
												1147	365		
												1206	485		
11.11.90	S ø n d a g											1925	550		
												0142	225		
												0645	225		
12.11.90	M a n d a g											1708	375		
												2247	325		
												0403	600		
												1021	250		
13.11.90	T i r s d a g											1246	580		
												2317	445		
												0125	595		
14.11.90	O n s d a g											1015	400		
												1246	525		
												2318	525		
												0030	670		
											1016	575			
											1239	455			
											2303	575			

Hk/Ekm, 5.2.91/SRi

OVERSIKT OVER STRØMTOPPER I LILLESTRØM-, TANGEN- OG FABERG OMFORMERSTASJON

Vedlegg 1, bl. 1/1

Høyeste topp i tidsrommene 0000 - 0600, 06 - 1200, 1200 - 1800 og 1800 - 2400 : hvert døgn er plukket ut fra registreringen

Dato	Dag	Lillestrøm				Tangen				Fåberg				Anmerkninger	
		Utg.l. kl.	Leirsund A	Sum strøm kl.	strøm A	Utg.l. kl.	Tangen A	Utg.l. kl.	Steinsr. A	Sum strøm kl.	strøm A	Utg.l. kl.	Lilleh. A		Sum strøm kl.
15.11.90	T o r s d a g											0100	590		
												1024	335		
												1208	475		
												2316	530		
16.11.90	F r e d a g											0015	745		
												1013	425		
												1755	460		
												2341	530		
17.11.90	L ø r d a g											0220	690		
												1146	740		
												1356	290		
												1947	440		
18.11.90	S ø n d a g											0142	255		
												1020	390		
												1743	410		
												2008	470		
19.11.90	M a n d a g											0406	420		
												1152	205		
												1245	510		
												2318	680		
. .90															

VEDLEGG 2

LAVE SPENNINGER I KONTAKTLEDN. ANLEGGET
VED SONEGRENSEBRYTER EIDSVOLL KM 69.29

Dato	Dag	Laveste sp.		Antall spisser under			Anmerkninger	
		kl.	kV	13 kV	12 kV	11 kV		
19.09	onsdag	1600	13,1	0	0	0	Antall "spisser" under de aktuelle spenningsnivåer er ikke telt dobbelt, event. tredobbelt. Eksempel:	
20.09	torsdag	0010	12,1	3	0	0		
21.09	fredag	0040	12,8	1)	1	0		0
22.09	lørdag	2140	12,2	5	0	0		0
23.09	søndag	2345	13,3	0	0	0		0
24.09	mandag	2340	10,4	2)	8	1	1	10,8 kV "spiss" anmerkes bare som én "spiss" under 11 kV og ikke under 12- og 13 kV. 1) Brudd i samkjøringen (utmating fra Lillestrøm) 2) Begge omf.aggr. i Tangen ute av drift
25.09	tirsdag	1535	13,2	0	0	0	0	
26.09	onsdag	1040	11,5	18	2	0	0	
27.09	torsdag	0855	11,4	15	4	0	0	
28.09	fredag	0110	11,0	31	9	0	0	
29.09	lørdag	1330	13,6	0	0	0	0	
30.09	søndag	1115	13,0	1	0	0	0	
01.10	mandag	2135	13,3	0	0	0	0	
02.10	tirsdag	1110	11,0	1)	14	4	0	
03.10	onsdag	1100	12,6	1)	4	0	0	
04.10	torsdag	1100	9,2	1)	3	1	1	

VEDLEGG 3

LAVE SPENNINGER I KONTAKTLEDN.ANLEGGET
VED SONEGRENSEBRYTER BRUMUNDDAL KM 137.56

Dato 1990	Dag	Laveste sp.		Antall spisser under			Anmerkninger
		k1.	kV	13 kV	12 kV	11 kV	
20.09	torsdag	1257	11,8	4	2	0	1) Brudd i samkjøringen
21.09	fredag	1336	12,1	12	0	0	
22.09	lørdag	2106	10,8 1)	14	3	2	
23.09	søndag	1445	12,8	1	0	0	
24.09	mandag	2325	10,75	5	0	1	
25.09	tirsdag	1103	11,85	18	6	0	
26.09	onsdag	1308	12,0	14	0	0	
27.09	torsdag	0239	12,3	6	0	0	
28.09	fredag	0345	10,4	17	6	2	
29.09	lørdag	0155	11,2	9	1	0	

Hk/Ekm, desember 1990/SRi

Middelverdiene er anslått ut fra strømregistreringer i oktober - november 1990

Vedlegg 4

O m f. Linje s t.	Største topp mellom 0845 - 0945			0845 - 0900			15 minutters middelverdier						Anmerkninger			
							0900 - 0915		0915 - 0930		0930 - 0945					
	1.sønd.	2.sønd.	Midelv	1.sønd.	2.sønd.	Midelv	1.sønd.	2.sønd.	Midelv	1.sønd.	2.sønd.	Midelv		1.sønd.	2.sønd.	Midelv
(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	
L i l l e L e i r s u n d s t r ø m	1) -	275	275	1) -	130	130	1) -	105	105	1) -	70	70	1) -	80	80	1) Registrering ut av drift
T a n S u m g 1-f a s e n	220	130	175	70	95	85	105	92	99	80	100	90	75	95	85	
F å b L i l l e h m r. e r g	216	145	180	38	32	35	62	48	55	80	60	70	72	52	62	

1. søndag: 23.09.90

2. søndag: 30.09.90

STRØMBELASTNINGER I LILLESTRØM-, TANGEN- OG BERG OMF.ST.
Sammenlignet med simuleringsresultater

(1. søndag 23.09.90 og 2. søndag 30.09.90 1) Reg. ut av drift)

O m f.	Største topp mellom																				Gj.snitt av 4 mål- inger og 4 stimul. 0845 - 0945	
	0845 - 0945				0845 - 0900				0900 - 0915				0915 - 0930				0930 - 0945					
s Linje t.	1.sønd (A)	2.sønd (A)	Middelv (A)	Sim (A)	1.sønd (A)	2.sønd (A)	Middelv (A)	Sim (A)	1.sønd (A)	2.sønd (A)	Middelv (A)	Sim (A)	1.sønd (A)	2.sønd (A)	Middelv (A)	Sim (A)	1.sønd (A)	2.sønd (A)	Middelv (A)	Sim (A)	Målinger (A)	Sim (A)
L i l l e Leir- sund t r ø m	1) -	275	275	263	1) -	130	130	116	1) -	105	105	83	1) -	70	70	108	1) -	80	80	52	96	90
T a n Sum g 1-fase e n	220	130	175	307	70	95	85	131	105	92	99	138	80	100	90	82	75	95	85	88	90	110
F å b Lille- hammer r g	216	145	180	173	38	32	35	16	62	48	55	24	80	60	70	36	72	52	62	80	55	39

Simuleringene er basert på en del forenklinger, bl.a. med tolkning av matestasjonenes spenningsnivå og fordeling mellom matestasjonene.

Målingene er basert på målekurver (strøm/tid) med gj.snitt vurdert med hånd.

Forskjell mellom målingene kan være større enn forskjell mellom målinger og simuleringsresultater. Forskjell kan skyldes bl.a. forskjell i kjøring/uregelmessigheter, forskjell i materiell, forskjellige forutsetninger.

Med alle disse forskjellene sammen med et altfor lavt statistisk grunnlag (dvs. kun én simulering og kun to målinger) kan man bare si at tallene er av samme størrelsesorden. Simuleringsresultatene ligger innenfor de praktiske avvik som målingene demonstrerer. En grundig undersøkelse ville trenge flere simuleringer (følsomhetsanalyse) og flere målinger med samme forutsetninger.

VERIFISERING AV OSLO-PROGRAMMETS
SIMULERTE STRØMFORSYNING FOR OL 94
VED STATISKE BEREGNINGER UTFØRT VED
HJELP AV PC PROGRAMMET ACCAN

Bilag C

1. INNLEDNING

Det er tatt utgangspunkt i simuleringsalternativ K15 for tidspunktet 0900, 0915, 0930 og 0945, på strekningen Lillestrøm-Fåberg.

Beregningene er utført etter følgende forutsetninger når det gjelder mateforholdene på strekningen:

- Oppgraderte matestasjoner på Lillestrøm, Tangen og Fåberg.
- Tilleggsmatestasjoner på Minnesund og Rudshøgda.
- Nåværende kondensatorbatterier på Jessheim og Morskogen.

Dette skulle bety følgende matestasjons- og kondensatorbatteridata:

MS Lillestrøm:	S = 21,4 MVA	Z = 2,39 j
MS Minnesund :	S = 10 MVA	Z = 4,9 j
MS Tangen :	S = 17 MVA	Z = 2,85 j
MS Rudshøgda :	S = 10 MVA	Z = 4,9 j
MS Fåberg :	S = 14 MVA	Z = 3,35 j

DS Jessheim : Z = -7,35 j

DS Morskogen : Z = -7,35 j

Total kontaktledningsimpedans mellom Lillestrøm og Fåberg er 35,9 + 35,9 j.

Nødvendige input verdier til dataprogrammet ACCAN er:

- Matestasjonsspenninger
- Matestasjonsimpedanser
- Kondensatorbatteriimpedanser
- Kontaktledningsimpedanser mellom ulike matestasjoner, kondensatorbatterier og togsett
- Forbruk av aktiv og reaktiv effekt i ulike togsett.

Data for matestasjoner og kondensatorbatterier er gitt.

Kontaktledningsimpedansene kan beregnes utifra togsettene's posisjon på strekningen ved et gitt tidspunkt.

Effektforbruket i ulike togsett kan bestemmes utifra data for hastighet, trekkraft, virkningsgrad, effektfaktor og togvarme.

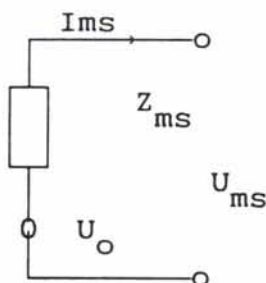
Verdiene for virkningsgrad og effektfaktor vil være bestemt av trekkraftmateriell og kjørehastighet. Når det gjelder togvarmen, vil den kunne anslås på grunnlag av trekkraft- og vognmateriell.

Beregningsresultatene er statiske strømmer og spenninger angitt med tallverdi og fasevinkel i et kretsskjema for strekningen det regnes på.

Det er laget to sett med beregninger:

1. Beregninger med inputdata mest mulig lik inputdata for simuleringene med OSLO-programmet (alternativ K).
2. Beregninger med forbedret matestasjonsmodell og inkludert togvarme også for vognsettene med E1 16 og E1 13 lok.

Ulike matestasjonsmodeller:



Alternativ 1 benyttet i OSLO-programmet:

$$U_O = 16,5 \text{ kV} \Rightarrow U_{ms} = 16,5 \text{ kV} - Z_{ms} * I_{ms}$$

Alternativ 2:

$$U_{ms} = U_O + Z_{ms} \cdot I_{ms} = 16,2 \text{ kV} + \frac{0,3}{16,5} * |I_{ms}| \leq 16,5 \text{ kV}$$

2. VERIFISERING AV OSLO SIMULERINGER

Ulike beregningsalternativ med simuleringresultatene fra OSLO-programmet finnes i vedlegg 1.

Beregningsresultatene for de ulike klokkeslettene følger på de neste sidene med strøm- og spenningsverdier angitt i skjematisk kretstegninger. Navn på matestasjoner, kondensatorbatterier og tog er skrevet inn for hånd. Det samme gjelder simuleringresultatene fra OSLO-programmet som skal verifiseres.

Avgitt tilsynelatende effekt fra ulike matestasjoner er beregnet utifra oppnådde resultater fra henholdsvis OSLO-programmet og ACCAN for alle beregningsalternativ, og det henvises til tabell 2.1 for sammenligning. Verdiene viser god overensstemmelse mellom resultatene fra OSLO-programmet og statistiske beregninger utført ved hjelp av ACCAN.

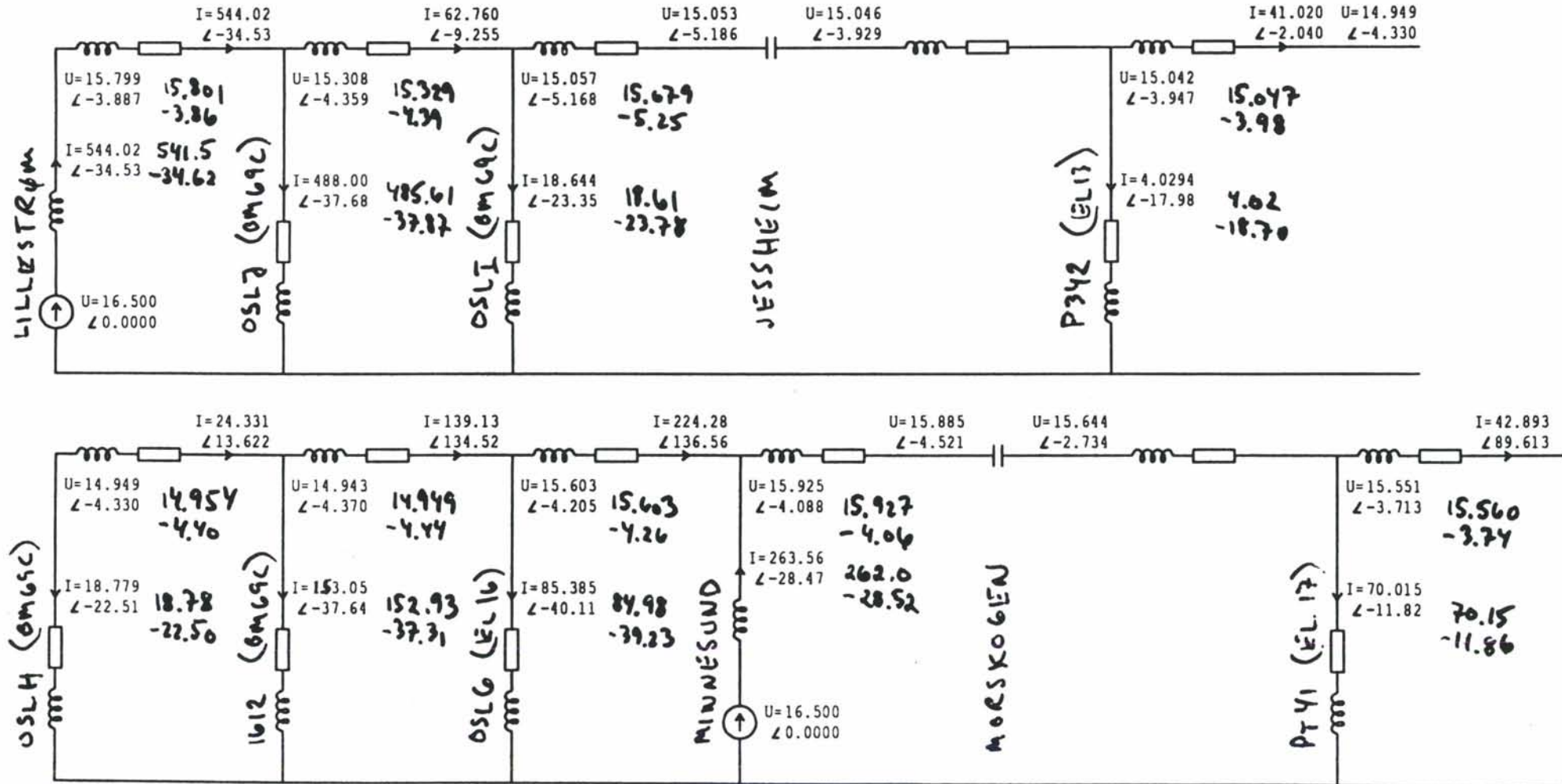
		0900		0915		0930		0945	
Matestasjon	S	OSLO	ACCAN	OSLO	ACCAN	OSLO	ACCAN	OSLO	ACCAN
Lillestrøm	21,4	8,56	8,59	8,01	8,11	10,40	10,46	3,17	3,19
Minnesund	10	4,17	4,20	2,60	2,66	4,24	4,13	4,09	4,16
Tangen	17	7,68	7,76	3,28	3,32	4,97	4,82	9,24	9,44
Rudshøgda	10	7,50	7,60	2,13	2,14	2,87	2,79	6,29	6,41
Fåberg	14	5,14	5,23	1,18	1,18	2,72	2,67	3,52	3,58
Totalt	72,4	33,05	33,38	17,20	17,41	25,20	24,87	26,31	26,78

Tabell 2.1 Sammenligning av tilsynelatende effekt i MVA for ulike beregningsalternativ

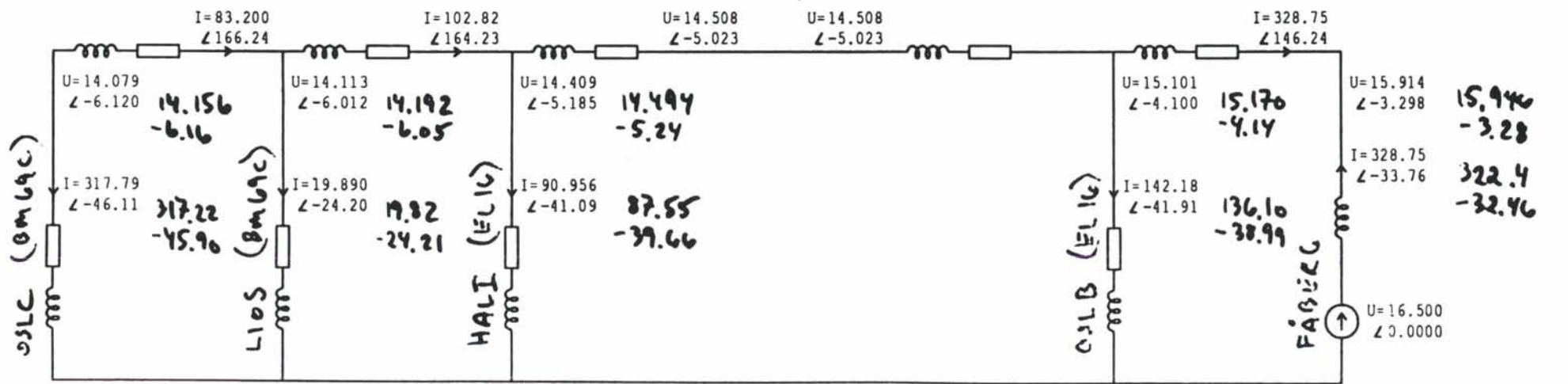
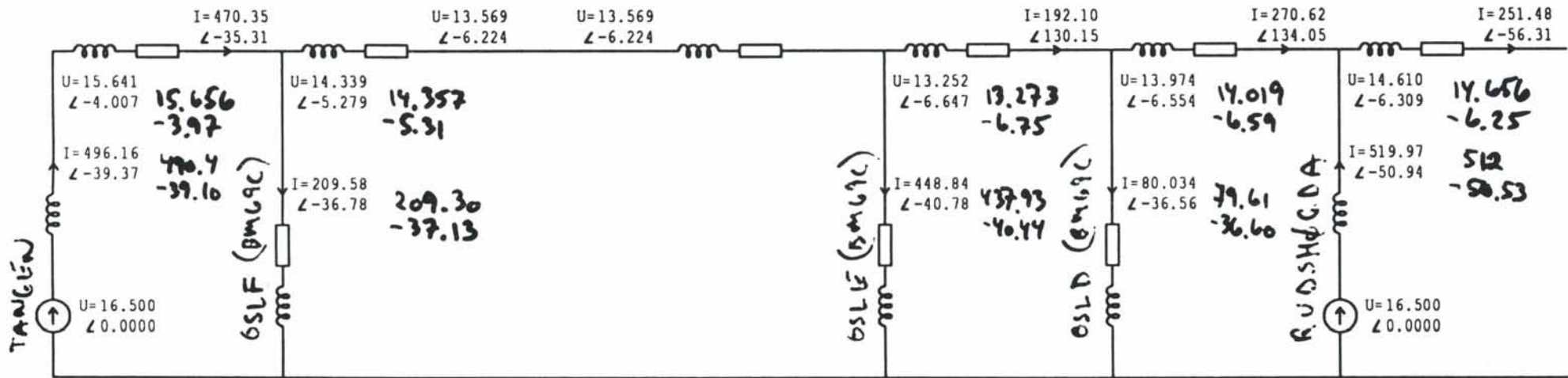
OSLO: Simuleringer utført av British Rails OSLO-program.

ACCAN: Statistiske beregninger utført ved hjelp av PC-programmet ACCAN.

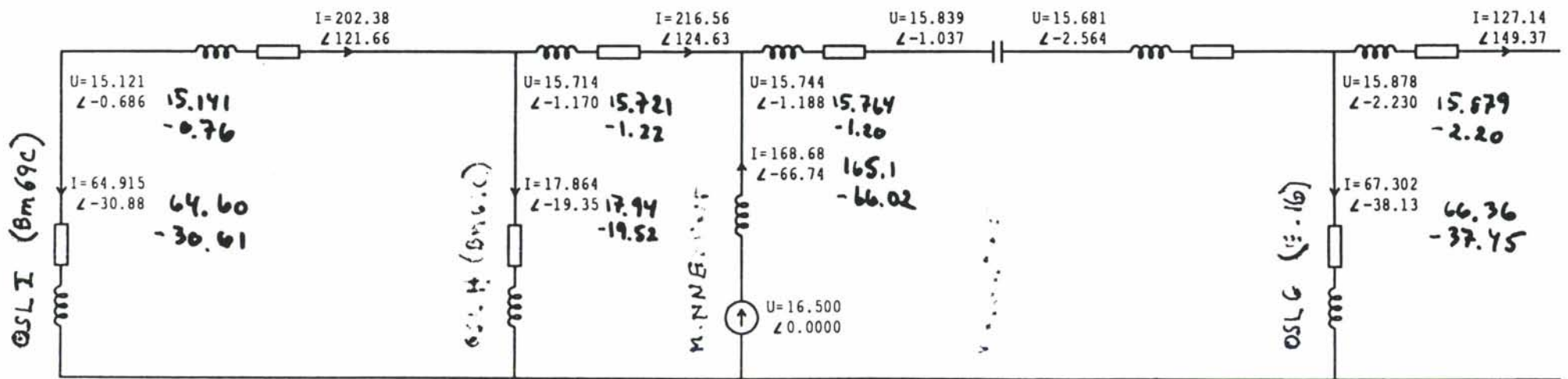
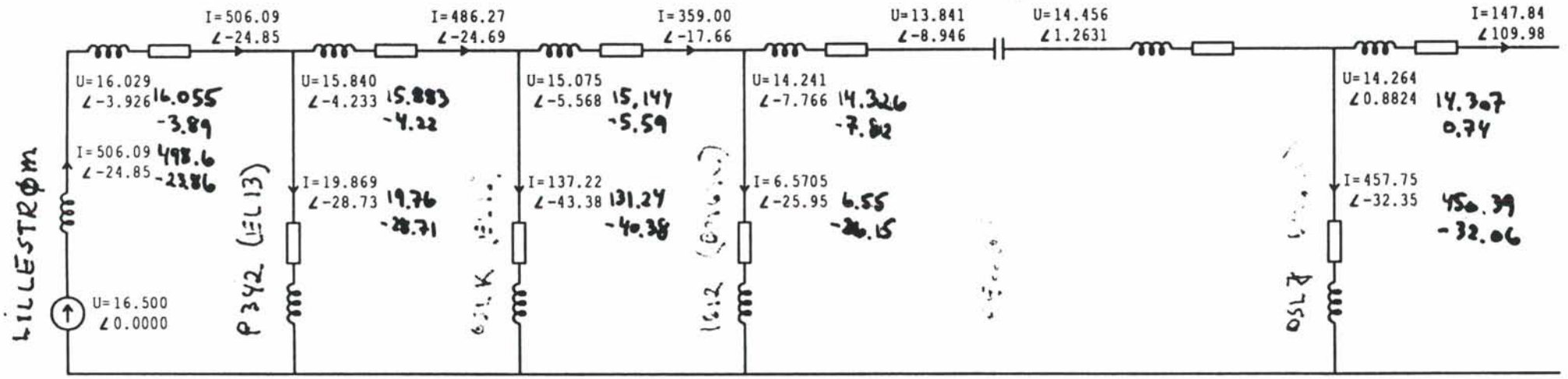
S&NDAG KL 09.00 I



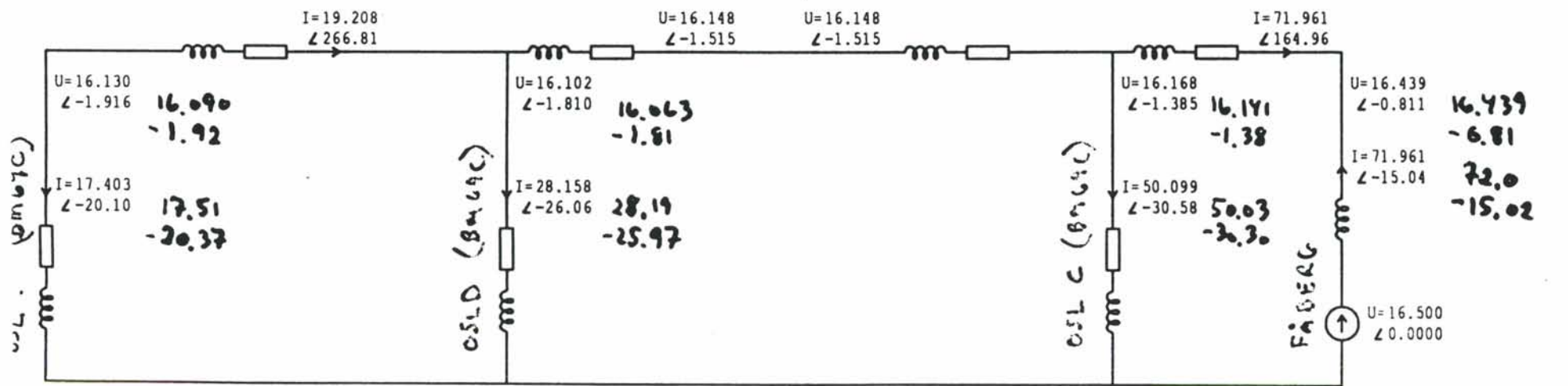
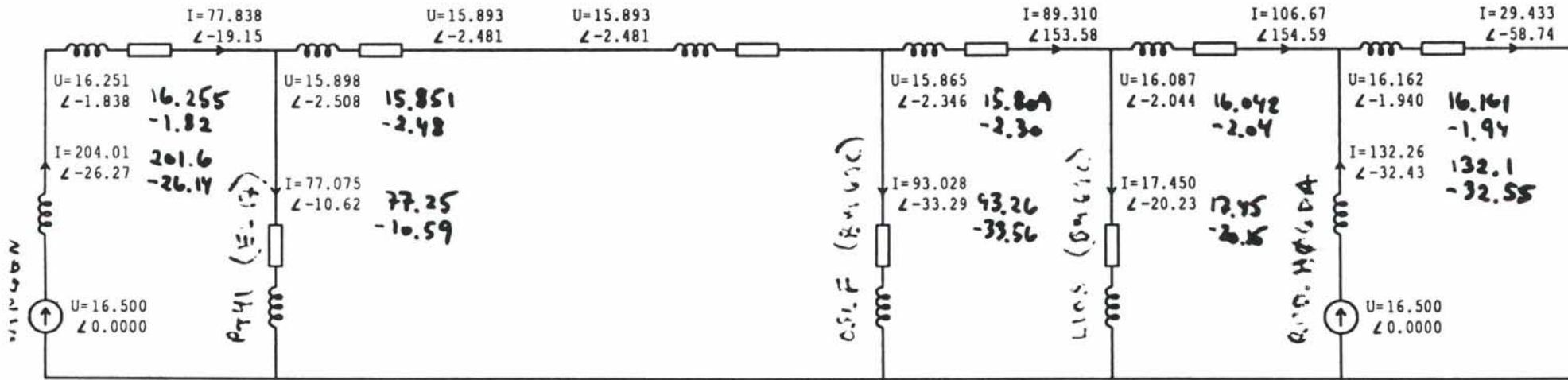
SØNDAG KL 09.00 II



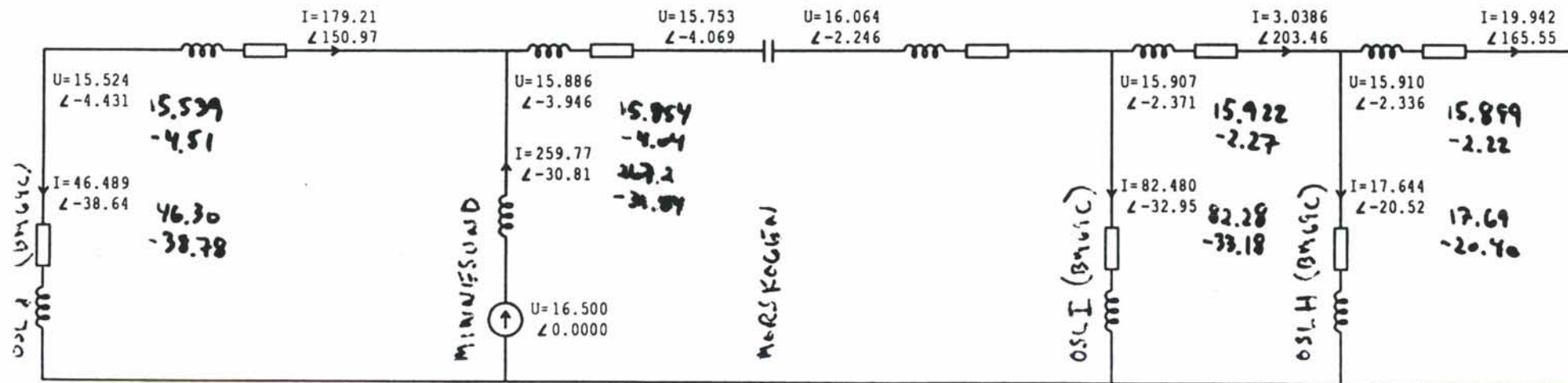
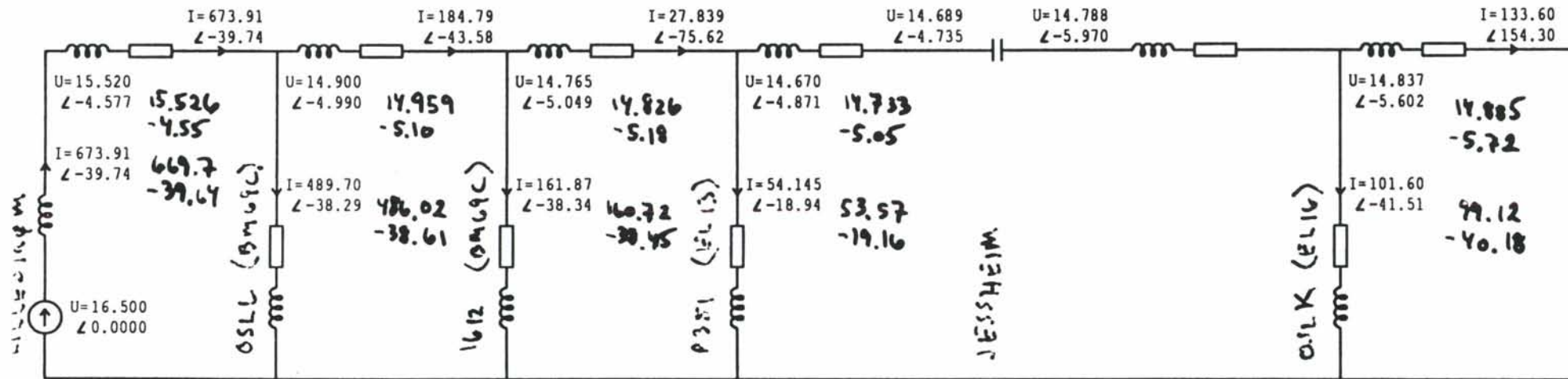
SØNDAG KL 09.15 I



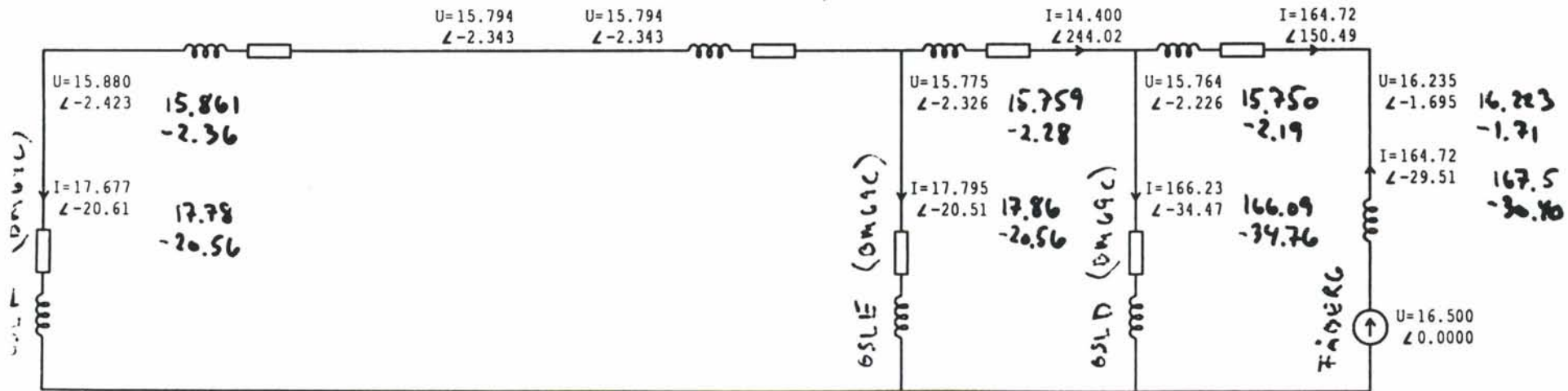
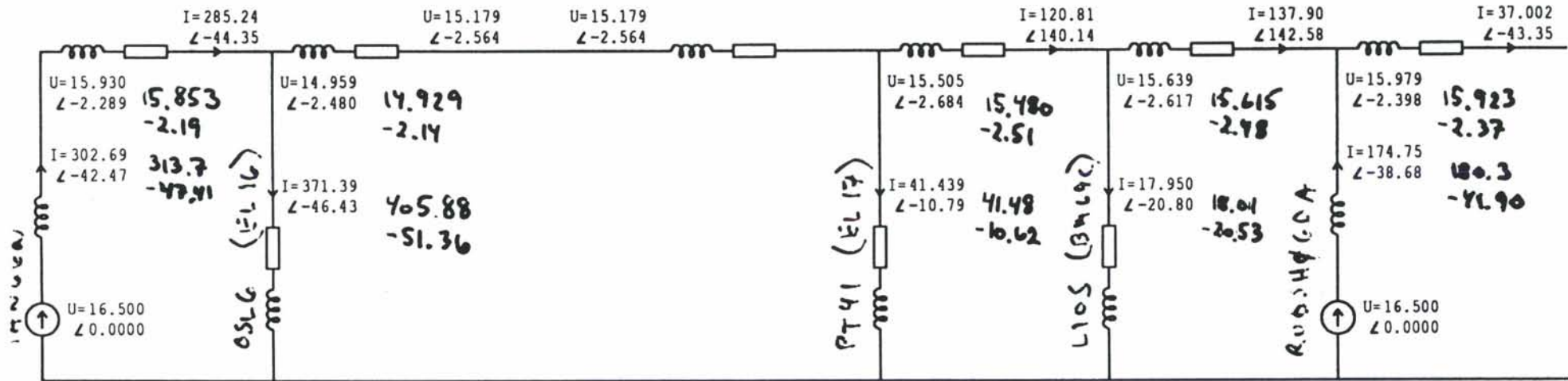
SØNDAG KL 09.15 II



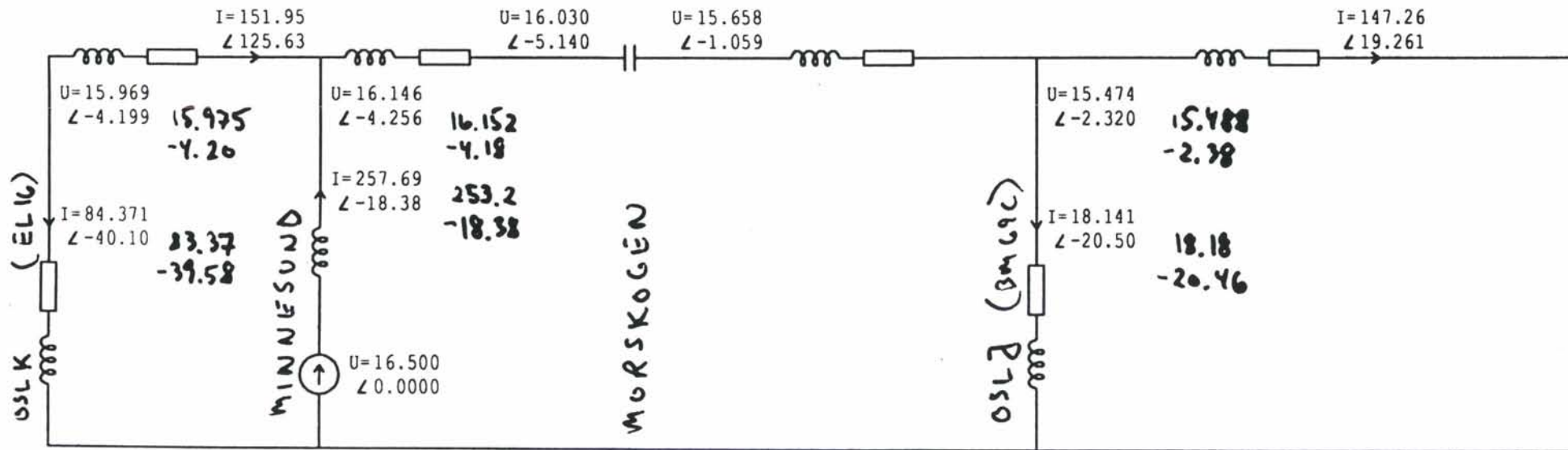
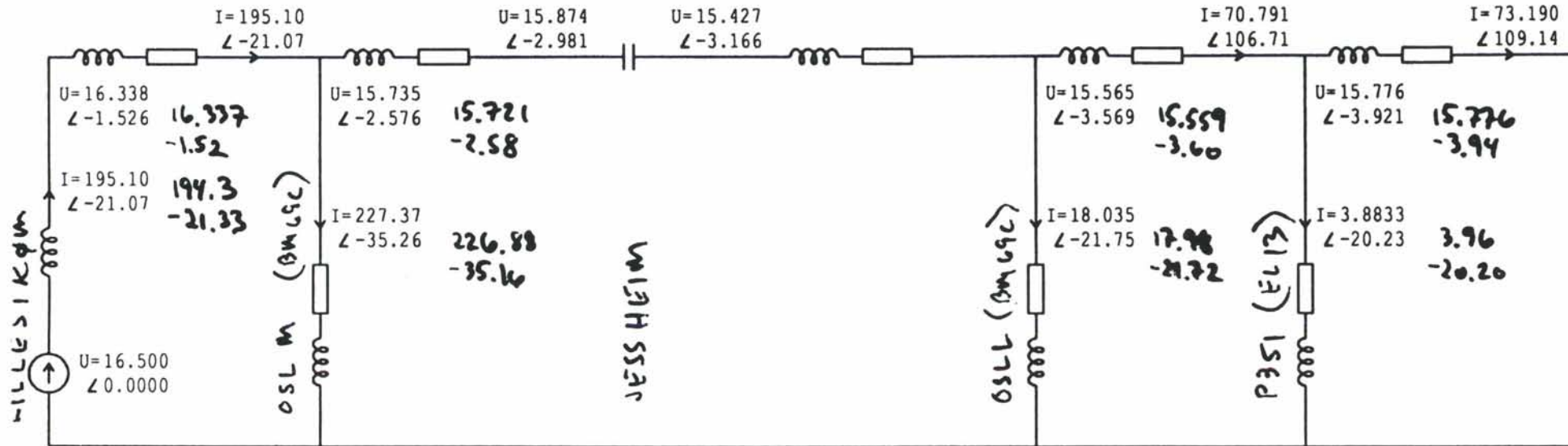
SØNDAG KL 09.30 I



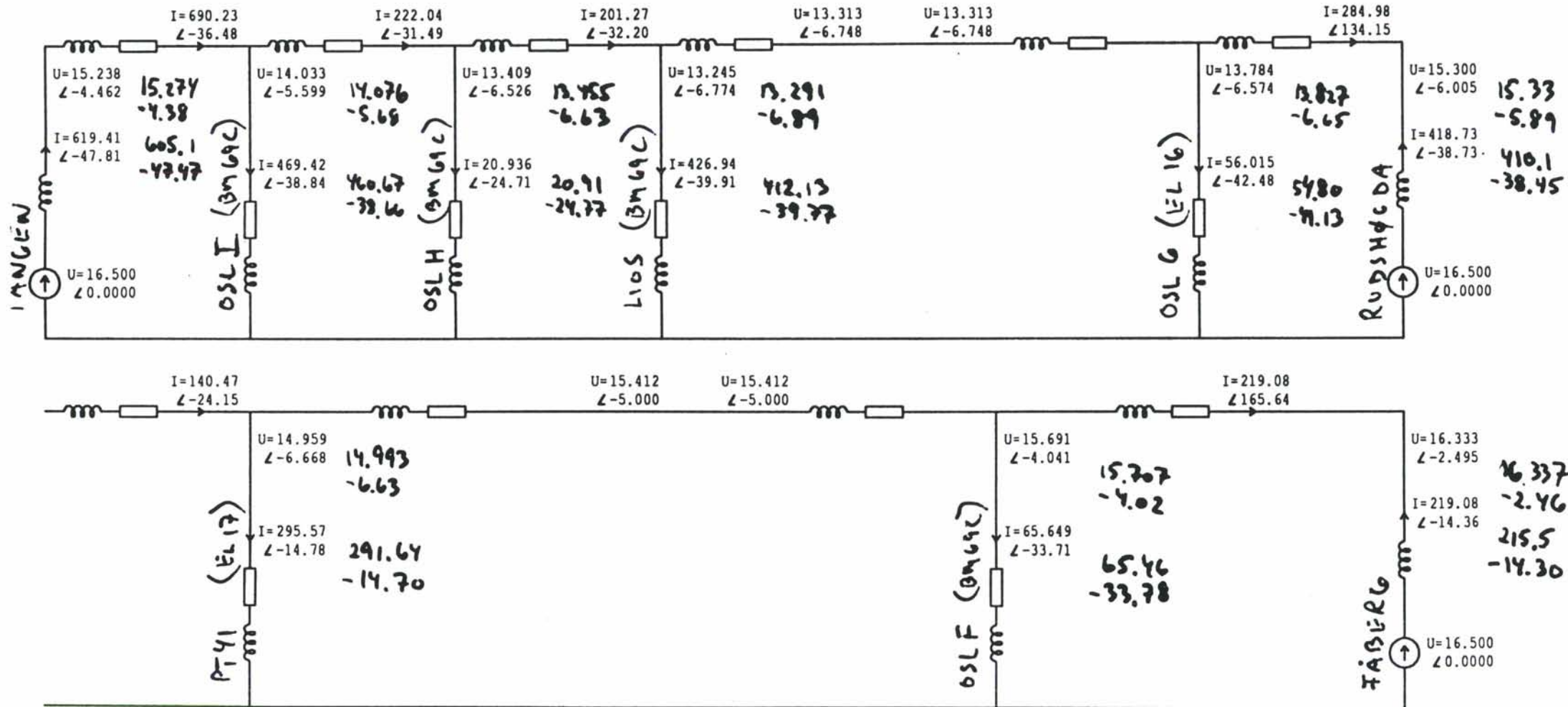
SØNDAG KL 09.30 II



SØNDAG KL 09.45 I



SØNDAG KL 09.45 II



3. ALTERNATIVE BEREGNINGER

Matestasjonene er her modellert slik at spenninger ut på kontaktledningen ligger mellom 16,2 og 16,5 kV avhengig av belastningen.

I tillegg er det lagt til en togvarme på 20 kW pr. vogn for togsettene med E1 13 og E1 16 lok.

Ellers er forholdene på strekningen uendret.

Oppnådde resultater for ulike beregningsalternativ følger på de neste sidene. Gjennomgående tendenser er høyere kontaktledningsspenning ut fra matestasjonene og noe endret belastning på stasjonene:

K1 0900 : Rudshøgda vil overbelastes med 1,3 MVA.

K1 0915 : Belastningen på Minnesund øker fra 2,60 til 7,33 MVA, mens belastningene på Tangen og Fåberg avtar noe.

K1 0945 : Tangen får øket belastningen fra 9,24 til 13,52 MVA. Det blir en noe mindre økning på Rudshøgda, mens Minnesund og Fåberg får litt mindre belastning.

Det henvises ellers til tabell 3,1 for nærmere detaljer her.

		0900		0915		0930		0945	
Matestasjon	S	OSLO	ACCAN	OSLO	ACCAN	OSLO	ACCAN	OSLO	ACCAN
Lillestrøm	21,4	8,56	8,96	8,01	8,19	10,40	11,38	3,17	3,07
Minnesund	10	4,17	3,60	2,60	7,33	4,24	3,74	4,09	2,15
Tangen	17	7,68	6,93	3,28	1,57	4,97	5,41	9,24	13,52
Rudshøgda	10	7,50	11,30	2,13	2,67	2,87	3,21	6,29	8,02
Fåberg	14	5,14	4,07	1,18	0,87	2,72	2,33	3,52	2,66
Totalt	72,4	33,05	34,86	17,20	20,63	25,20	26,07	26,31	29,42

Tabell 3.1 Sammenligning av tilsynelatende effekt i MVA ved bruk av forskjellige matestasjonsmodeller og ulike togvarme.

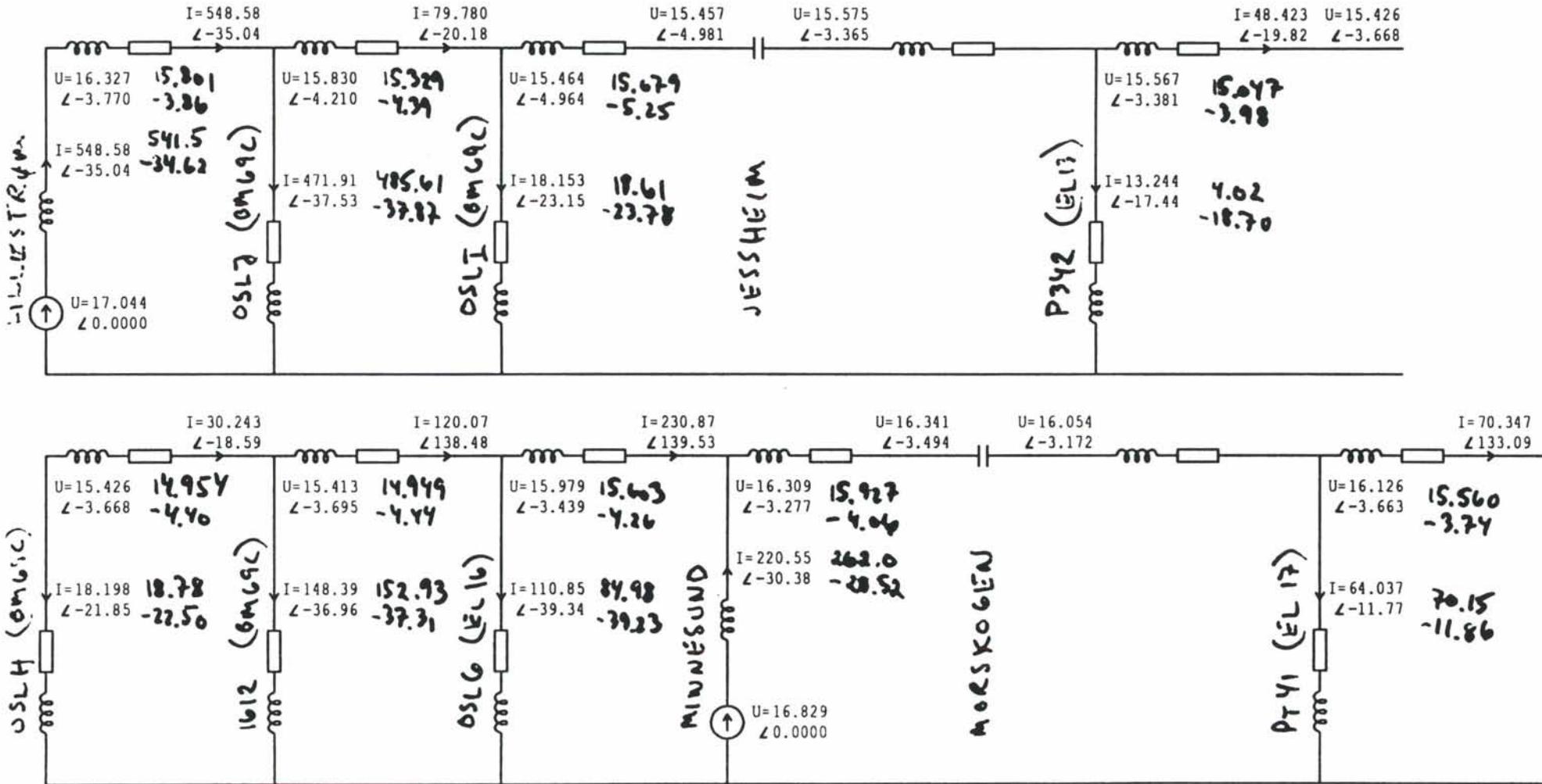
$$\text{OSLO: } U_{ms} = 16,5 \text{ kV} - Z_{ms} * I_{ms}$$

Uten togvarme på vognene til togene med E1 13 og E1 16 lok.

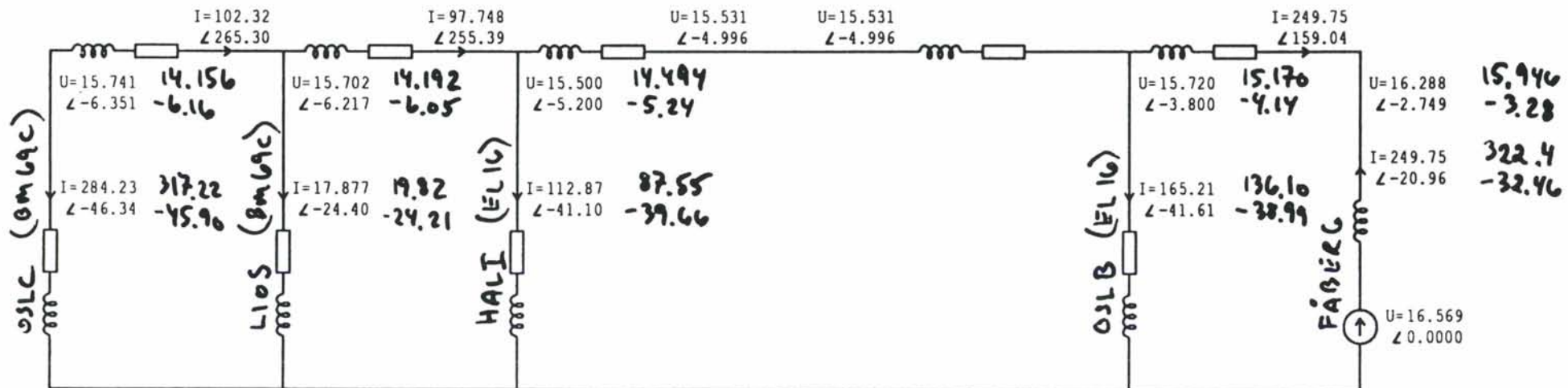
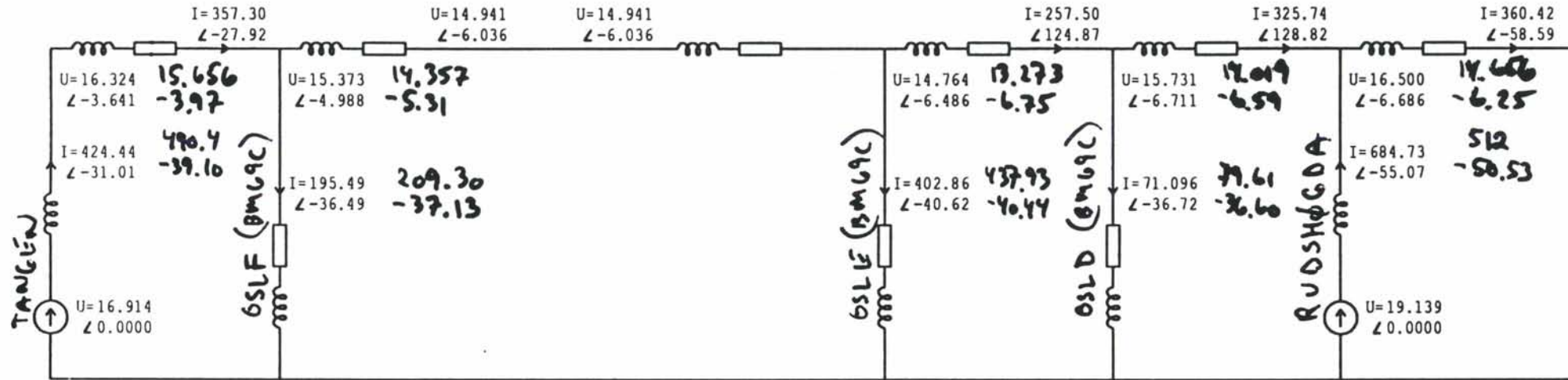
$$\text{ACCAN: } U_{ms} = 16,2 \text{ kV} + \frac{0,3}{\frac{S}{16,5}} * |I_{ms}|$$

20 kW togvarme pr. vogn i togsettene med E1 13 og E1 16 lok.

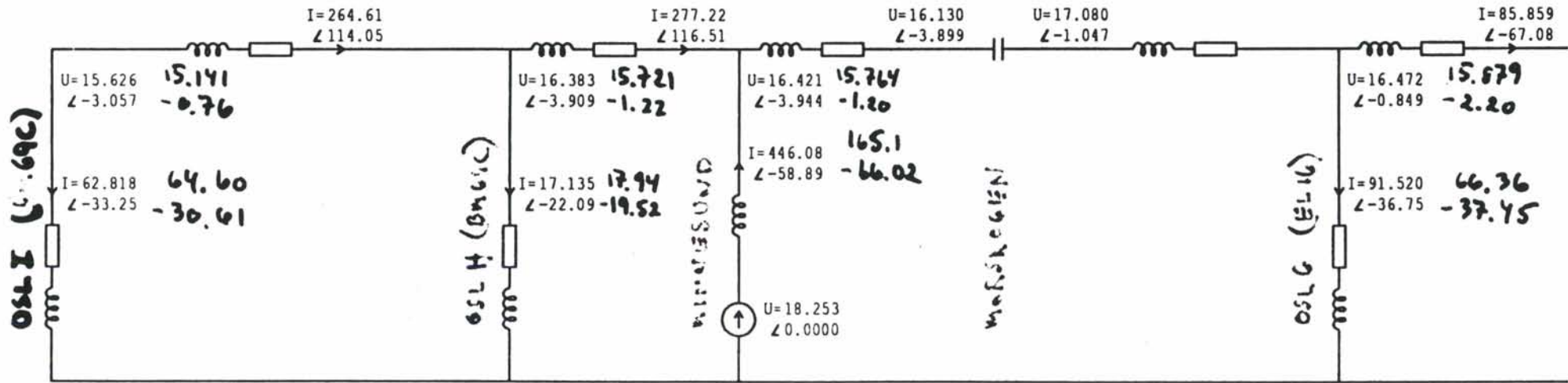
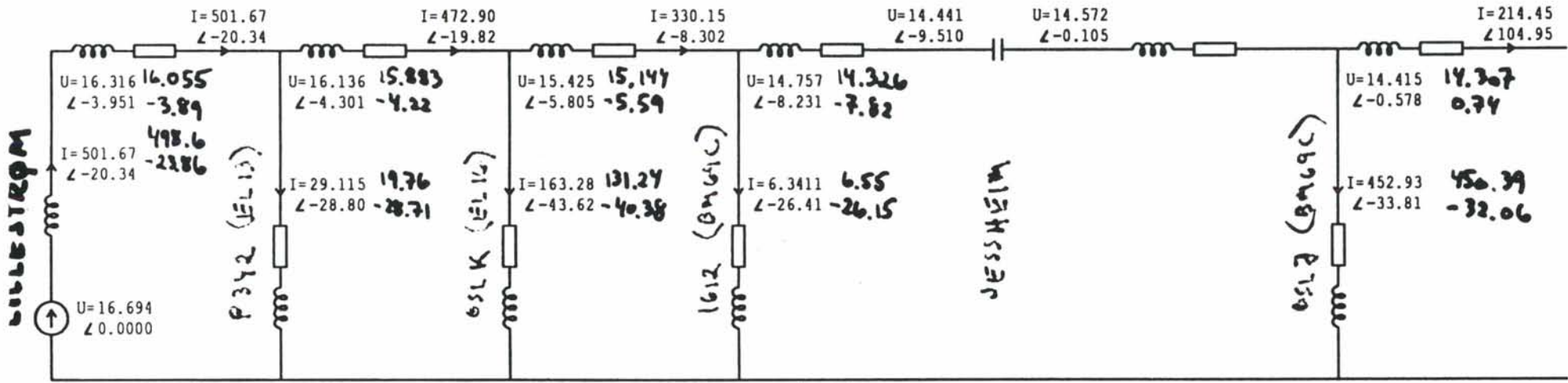
SØNDAG KL 09.00 I



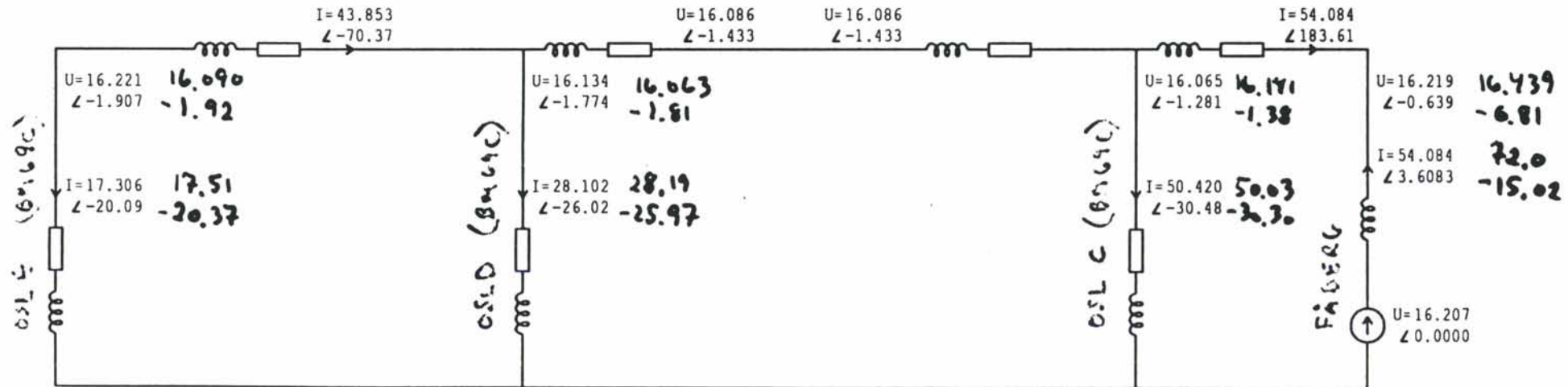
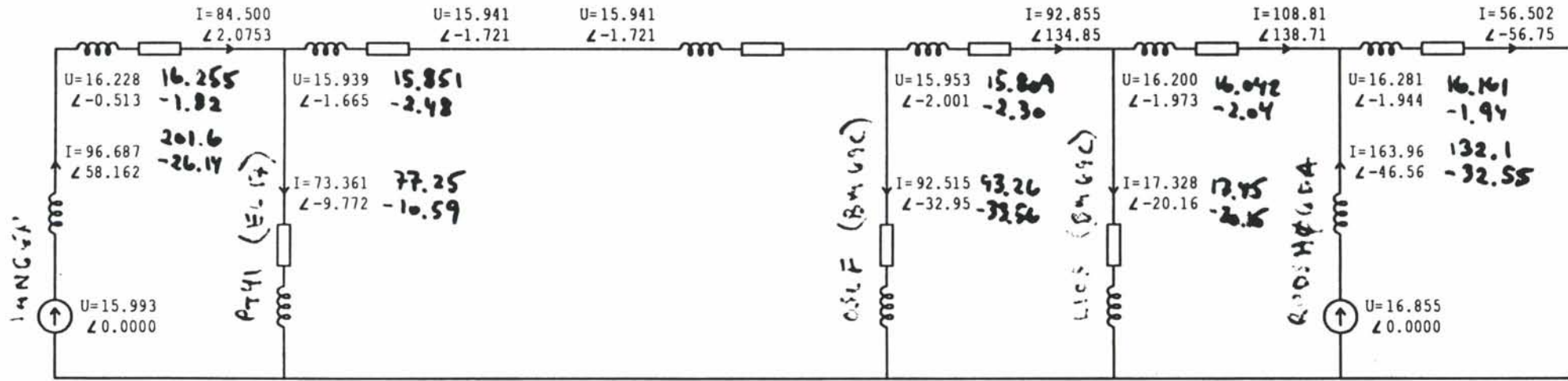
S&NDAG KL 09.00 II



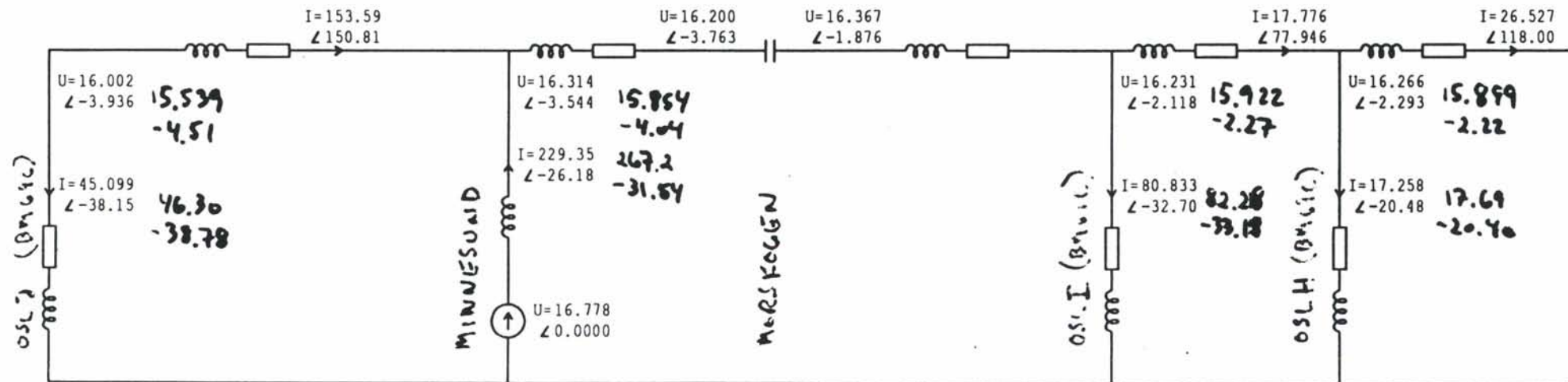
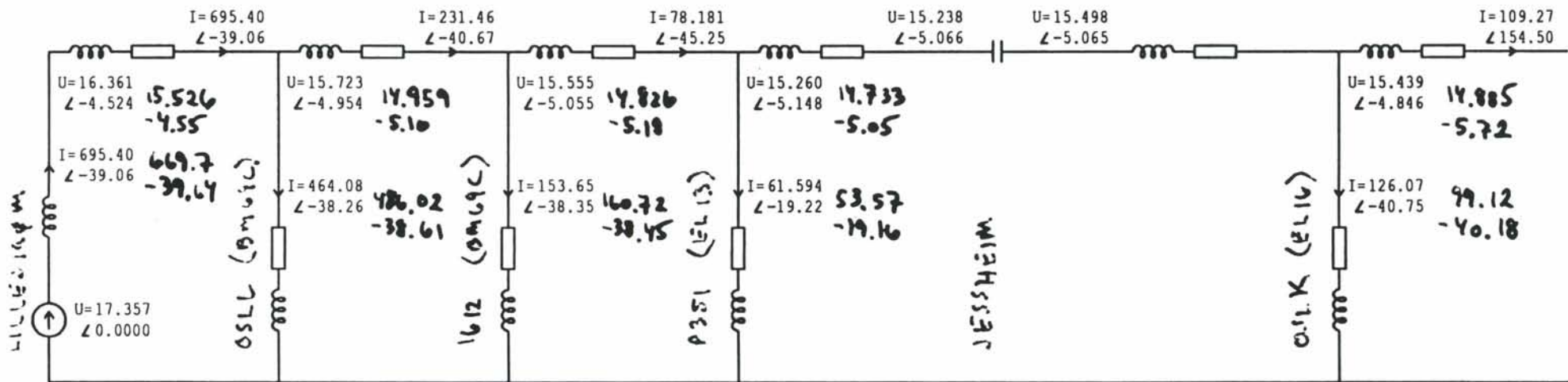
SØNDAG KL 09.15 I



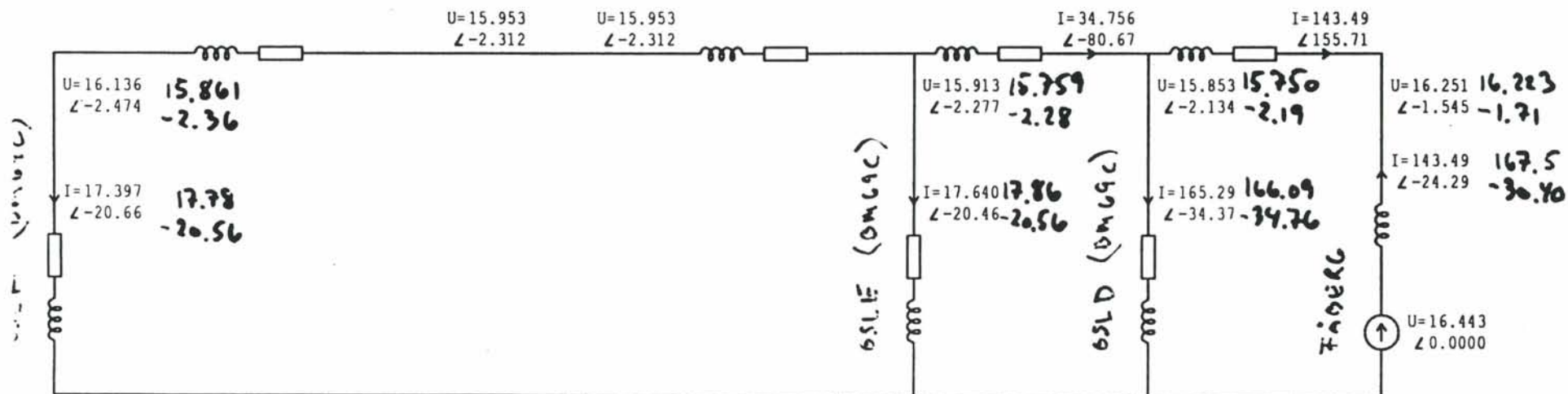
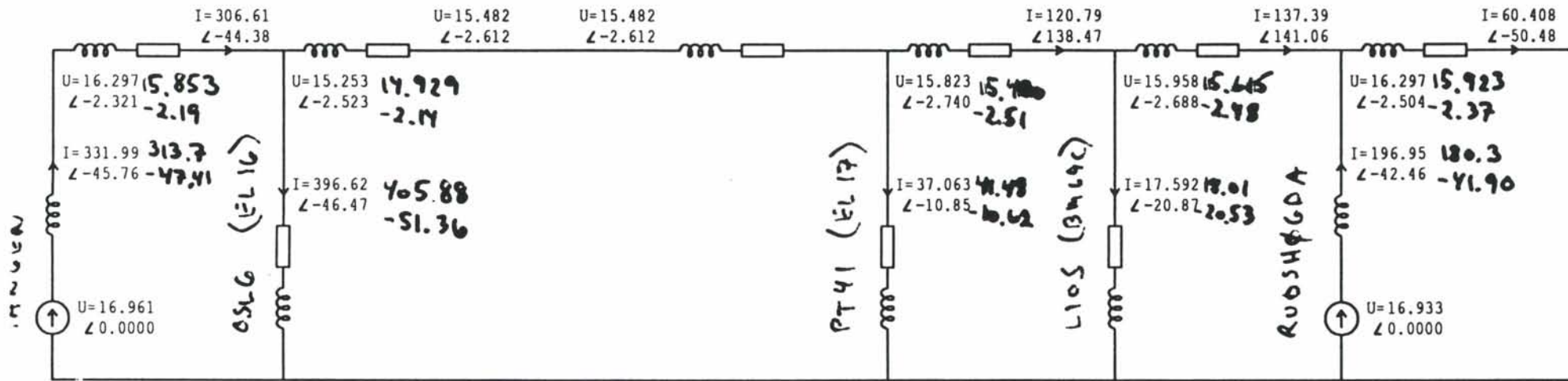
SØNDAG KL 09.15 II



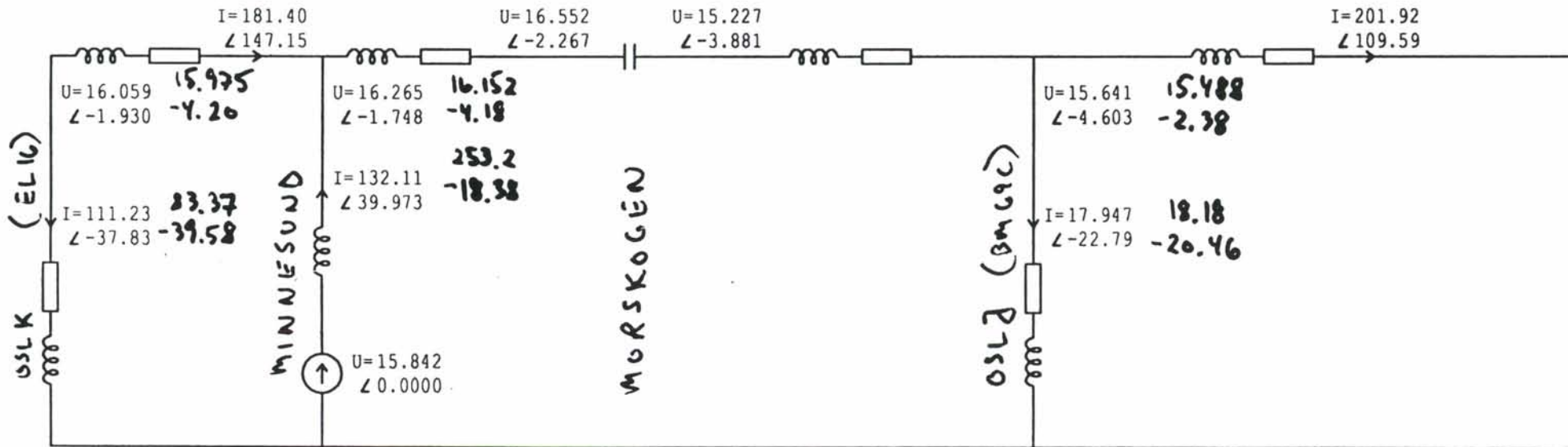
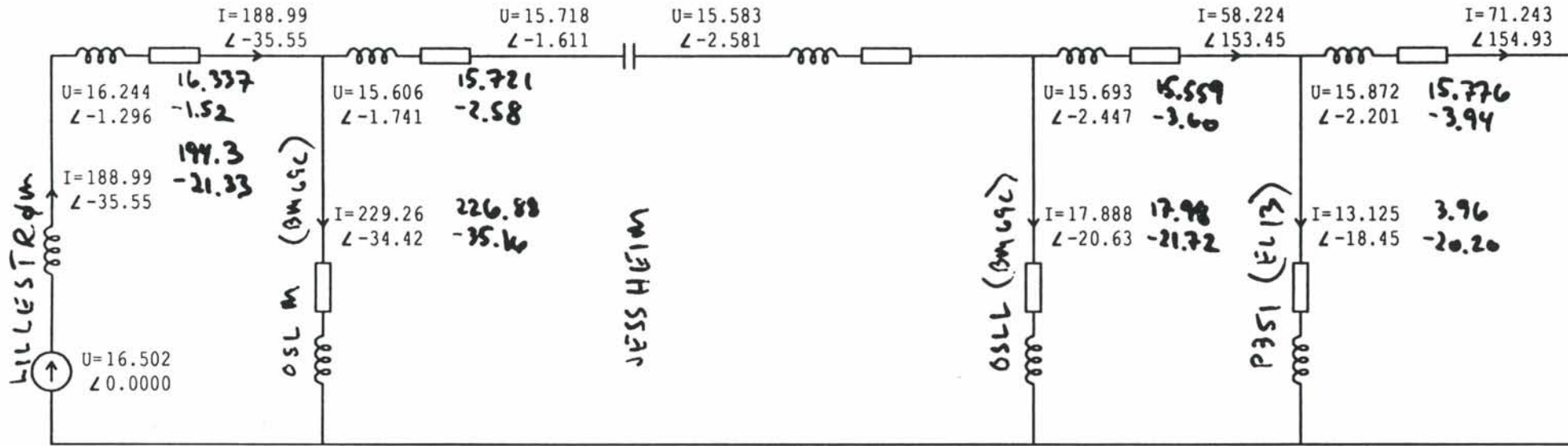
SØNDAG KL 09.30 I



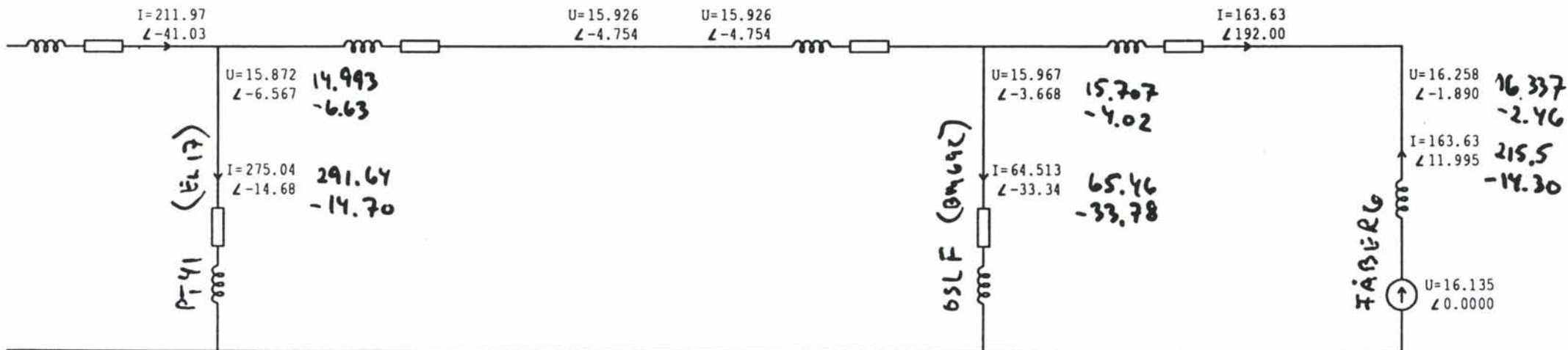
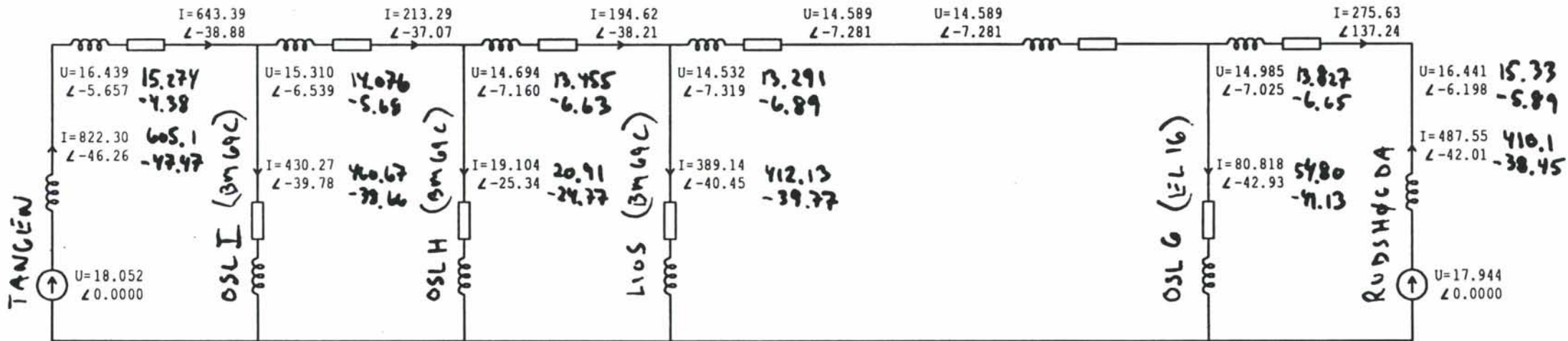
S&NDAG KL 09.30 A



SØNDAG KL 09.45 I



SØNDAG KL 09.45 II



VEDLEGG 1

ULIKE BEREGNINGSLTERNATIV

OG

SIMULERINGSRESULTATER FRA

OSLO-PROGRAMMET

OSLO/GATTS SIMULATOR (JLJ04NSB) RUN ON 22/10/90 AT 17.51.37

LILLSTROEM-LILLHAMMER OLYMPIC GAMES SINJAY K15 L72A1 221090

OUTPUT OF ELECTRICAL RESULTS : SNAPSHOT STEP OUTPUT AT 01 9.00 00

TIME DHH:MM:SS	TRAIL	BRANCH	DELTA	LS	LSCIST	IFGONT	VEL (KI/H)	TL/LF USER (I)	X TE/FF	CURRENT		VOLTAGE		INSIM NPG	
										MAG (AMPS)	PHASE (DEGS)	MAG (KV)	PHASE (DEGS)		
01 9.00.00	2 (PSLB)	BP24	0.5679	1	18220A	20056	80.00	56182	29.2	136.10	-3A.99	15.170	-4.14	1	2
01 9.00.00	3 (IALI)	BR21	0.9165	1	168961	21809	90.00	31155	18.1	87.55	-39.66	14.494	-5.24	1	2
01 9.00.00	4 (CSLC)	BF21	0.3165	1	256390	2327A	19.55	390000	100.0	317.22	-45.90	14.156	-6.15	1	2
01 9.00.00	5 (CSIC)	BF16	0.2526	1	140257	23145	100.00	20464	13.0	79.61	-36.60	14.019	-6.59	1	2
01 9.00.00	6 (CSLE)	BF20	0.2909	1	127577	25592	79.93	169073	106.0	437.93	-40.44	13.273	-6.78	1	2
01 9.00.00	7 (CSLF)	BR14	0.4601	1	112903	25790	128.74	51355	47.4	209.30	-37.13	14.357	-6.31	1	2
01 9.00.00	8 (CSLG)	BF0A	0.1934	1	70459	19308	120.00	23702	20.4	84.9A	-39.27	15.603	-4.26	1	2
01 9.00.00	9 (CSLM)	BR06	0.4153	1	52840	1672A	0.00	C	C.0	16.7A	-22.50	14.954	-4.40	1	1
01 9.00.00	10 (CSLI)	BR03	0.0739	1	40A6A	19A67	19.98	0	0.0	18.61	-23.78	15.079	-5.26	1	1
01 9.00.00	11 (CSLJ)	BR03	0.0250	1	22057	195A	94.87	183075	100.0	465.61	-37.87	15.329	-4.39	1	2
01 9.00.00	15 (LIFS)	BF21	0.3550	1	157164	14724	90.64	0	0.0	19.82	-24.21	14.192	-6.06	1	1
01 9.00.00	17 (FJ42)	BF06	0.0163	1	41615	20411	100.00	0	0.0	4.02	-18.07	15.047	-3.98	1	1
01 9.00.00	18 (1612)	BF06	0.4720	1	54452	12A80	11A.74	44779	100.0	152.93	-37.31	14.949	-4.44	1	2
01 9.00.00	19 (T41)	BF11	0.7529	1	9JA25	24726	95.00	23983	18.4	70.15	-11.86	15.560	-3.74	1	2

OSLO/GATTS SIMULATOR (JLJ04NSB) RUN ON 22/10/90 AT 17.51.37

LILLSTROEM-LILLHAMMER OLYMPIC GAMES SINJAY K15 L72A1 221090

OUTPUT OF ELECTRICAL RESULTS : SNAPSHOT TABLE AT 01 9.00 00

NODE	NODE VOLTAGE		BRANCH	BRANCH START CURRENT		BRANCH END CURRENT		FEEDER	FEEDER CURRENT	
	MAG (KV)	PHASE (DEG)		MAG (AMP)	PHASE (DEG)	MAG (AMP)	PHASE (DEG)		MAG (AMP)	PHASE (DEG)
ND01	15.601	-3.66	BF01	541.5	-34.62	541.5	-34.62	FF01	541.5	-34.62
ND02	15.385	-4.26	BF03	541.5	-34.62	45.3	-2.64	FF20	262.0	-26.52
ND03	15.385	-4.26	BF04	45.3	-2.64	45.3	-2.64	FF12	490.4	-39.10
ND04	15.058	-5.17	BF06	45.3	-2.64	139.0	134.57	FF21	512.0	-60.53
ND05	15.047	-3.40	BF08	139.0	134.56	223.7	136.90	FF15	322.4	-32.46
ND06	15.550	-4.20	BF17	72.4	22.49	72.4	22.49			
ND07	15.556	-4.20	BF09	72.4	22.49	72.4	22.49			
ND20	15.927	-4.06	BF11	72.4	22.49	42.1	92.42			
ND08	15.888	-4.48	BF13	42.1	92.42	42.1	92.42			
ND09	15.654	-2.75	BF14	463.5	-35.20	254.4	-33.62			
ND10	15.604	-3.82	BF20	254.4	-33.62	187.8	130.29			
ND11	15.604	-3.82	BF16	187.8	130.29	266.1	134.19			
ND12	15.656	-3.97	BF21	247.8	-55.59	187.8	152.26			
ND16	13.625	-6.17	BF24	187.8	152.26	322.4	147.54			
ND17	13.626	-6.17								
ND13	13.873	-6.51								
ND14	13.673	-6.51								
ND21	14.650	-6.25								
ND18	14.564	-5.04								
ND19	14.564	-5.04								
ND15	15.946	-3.28								

OSLO/GATTS SIMULATOR (JLJ04HSB) RUN ON 22/10/90 AT 17.51.37

LILLESTROEM-LILLEHAMMER OLYMPIC GAMES SUNDAY K15 L72A1 221090

OUTPUT OF ELECTRICAL RESULTS : SNAPSHOT STEP OUTPUT AT 01 9.15 00

TIME DHH.MM.SS	TRAIN	BRANCH	DELTA	LS	LSDIST	ICGNT	VEL (KM/H)	TE/DE USER (K)	X TE/BE	CURRENT		VOLTAGE		INSIM	MPC
										MAG (AMPS)	PHASE (DEGS)	MAG (KV)	PHASE (DEGS)		
01 9.15.00	4 (CSLC)	BP24	0.2599	1	17604A	43936	80.00	16063	7.0	50.03	-30.30	16.141	-1.36	1	2
01 9.15.00	5 (CSLD)	BR21	0.4826	1	159146	42033	105.00	4074	2.4	28.19	-25.97	16.063	-1.81	1	2
01 9.15.00	6 (CSLE)	BR21	0.1619	1	181A71	49906	85.00	0	0.0	17.51	-20.37	16.090	-1.92	1	1
01 9.15.00	7 (CSLF)	BR20	0.2436	1	136755	49642	85.00	34275	16.2	93.26	-33.66	15.809	-2.30	1	2
01 9.15.00	8 (CSLG)	BF11	0.7065	1	93036	41865	105.00	21261	15.1	66.36	-37.45	15.879	-2.20	1	2
01 9.15.00	9 (CSLH)	BF08	0.9180	1	74835	38723	95.47	0	0.0	17.94	-19.52	16.721	-1.22	1	1
01 9.15.00	10 (CSLI)	BP06	0.8389	1	64757	43757	80.00	21203	9.9	64.60	-30.61	15.141	-0.76	1	2
01 9.15.00	11 (CSLJ)	BF06	0.0722	1	43188	22189	119.05	125663	100.0	450.39	-32.06	14.307	0.74	1	2
01 9.15.00	12 (CSLK)	BP03	0.2427	1	27020	6021	80.00	55918	28.6	131.24	-40.38	15.144	-5.69	1	2
01 9.15.00	15 (LINS)	BR16	0.7620	1	145691	26197	12A.74	0	0.0	17.46	-20.15	16.042	-2.04	1	1
01 9.15.00	17 (F342)	BF01	0.5146	2	21184	40842	40.00	14949	10.8	19.76	-28.71	15.883	-4.22	1	2
01 9.15.00	18 (1012)	BF03	0.7475	2	36442	30900	75.54	0	0.0	6.55	-26.15	14.326	-7.82	1	1
01 9.15.00	19 (FT41)	BF14	0.8649	1	120599	51501	130.01	20465	22.7	77.26	-10.59	16.851	-2.48	1	2

OSLO/GATTS SIMULATOR (JLJ04HSB) RUN ON 22/10/90 AT 17.51.37

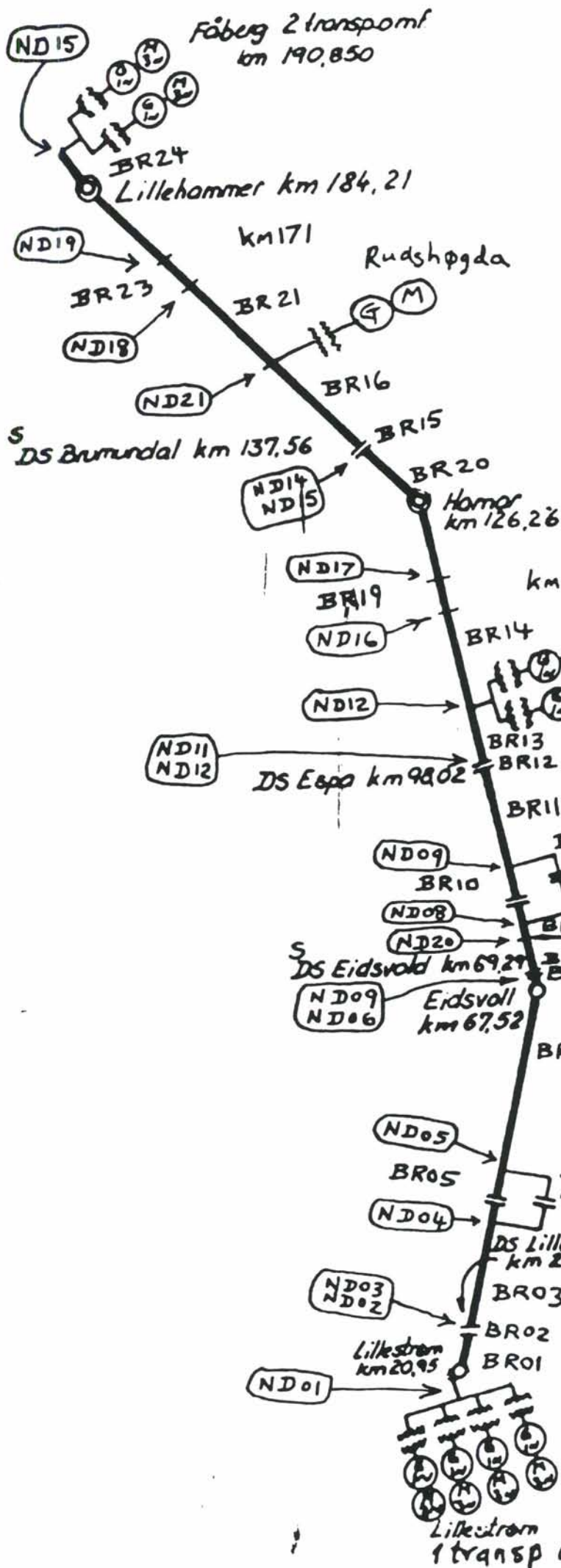
LILLESTROEM-LILLEHAMMER OLYMPIC GAMES SUNDAY K15 L72A1 221090

OUTPUT OF ELECTRICAL RESULTS : SNAPSHOT TAKEN AT 01 9.15 00

NODE	VOLTAGE		BRANCH	BRANCH START CURRENT		BRANCH END CURRENT		FEEDER	FEEDER CURRENT	
	MAG (KV)	PHASE (DEG)		MAG (AMP)	PHASE (DEG)	MAG (AMP)	PHASE (DEG)		MAG (AMP)	PHASE (DEG)
ND01	16.055	-3.89	BP01	498.6	-23.66	478.0	-23.66	ND01	498.6	-23.66
ND02	15.705	-4.49	BP03	479.0	-23.66	346.8	-17.40	ND20	165.1	-66.02
ND03	15.705	-4.49	BF04	348.8	-17.40	346.8	-17.40	ND12	201.6	-26.14
ND04	13.909	-8.89	BR06	348.8	-17.40	197.5	121.92	ND21	132.1	-32.65
ND05	14.511	1.17	BR08	197.5	121.92	211.9	124.95	ND15	72.0	-16.02
ND06	15.415	-0.93	BF17	58.8	157.23	58.8	157.23			
ND07	15.415	-0.93	BF09	58.8	157.23	58.8	157.23			
ND20	15.764	-1.20	BR11	58.8	157.23	124.2	145.44			
ND06	15.856	-1.05	BR13	124.1	149.44	124.1	149.44			
ND09	15.701	-2.52	BR14	78.4	-19.13	11.7	-99.11			
ND10	16.068	-2.01	BR20	11.6	-99.12	89.1	153.28			
ND11	16.068	-2.01	BP16	89.1	153.28	106.4	164.36			
ND12	16.255	-1.62	BR21	29.4	-58.36	27.1	-160.96			
ND16	15.894	-2.47	BP24	27.1	-166.96	72.0	164.99			
ND17	15.894	-2.47								
ND13	15.886	-2.31								
ND14	15.385	-2.31								
ND21	16.161	-1.94								
ND16	16.147	-1.52								
ND19	16.147	-1.52								
ND15	16.439	-0.61								

(15)

ALT. K



Matestasjoner (MVA)

Fåberg	7.0	7.0
Rudshøgda	10.0	
Tangen	7.0	10.0
Minnesund	10.0	
Lillestrøm	3 @ 3.58	10.0

Kondensatorbatterier (Ω)

Km 171	—
km 123	—
km 81	7.35
km 41	7.35

nordgående tog

OSLA	Oslo-Lillehammer A	BM69C + 9vogn
OSLB	Oslo-Lillehammer A B	- EL16 + 16vogn
HALI	Hamar-Lillehammer	- EL16 + 16vogn
OSLC	Oslo-Lillehammer C	BM69C + 9vogn
OSLD	Oslo-Lillehammer D	BM69C + 9vogn
OSLE	Oslo-Lillehammer E	BM69C + 9vogn
OSLF	Oslo-Lillehammer F	BM69C + 9vogn
FT41	Oslo-Trondheim	EL17 + 7vogn
OSLG	Oslo-Lillehammer G	- EL16 + 16vogn
OSLH	Oslo-Lillehammer H	BM69C + 9vogn
OSLI	Oslo-Lillehammer I	BM69C + 9vogn
OSLJ	Oslo-Lillehammer J	BM69C + 9vogn
OSLK	Oslo-Lillehammer K	- EL16 + 16vogn
F351	Oslo-Andalsnes	EL17 + 6vogn
OSLL	Oslo-Lillehammer L	BM69C + 9vogn
OSLM	Oslo-Lillehammer M	BM69C + 9vogn

materieill

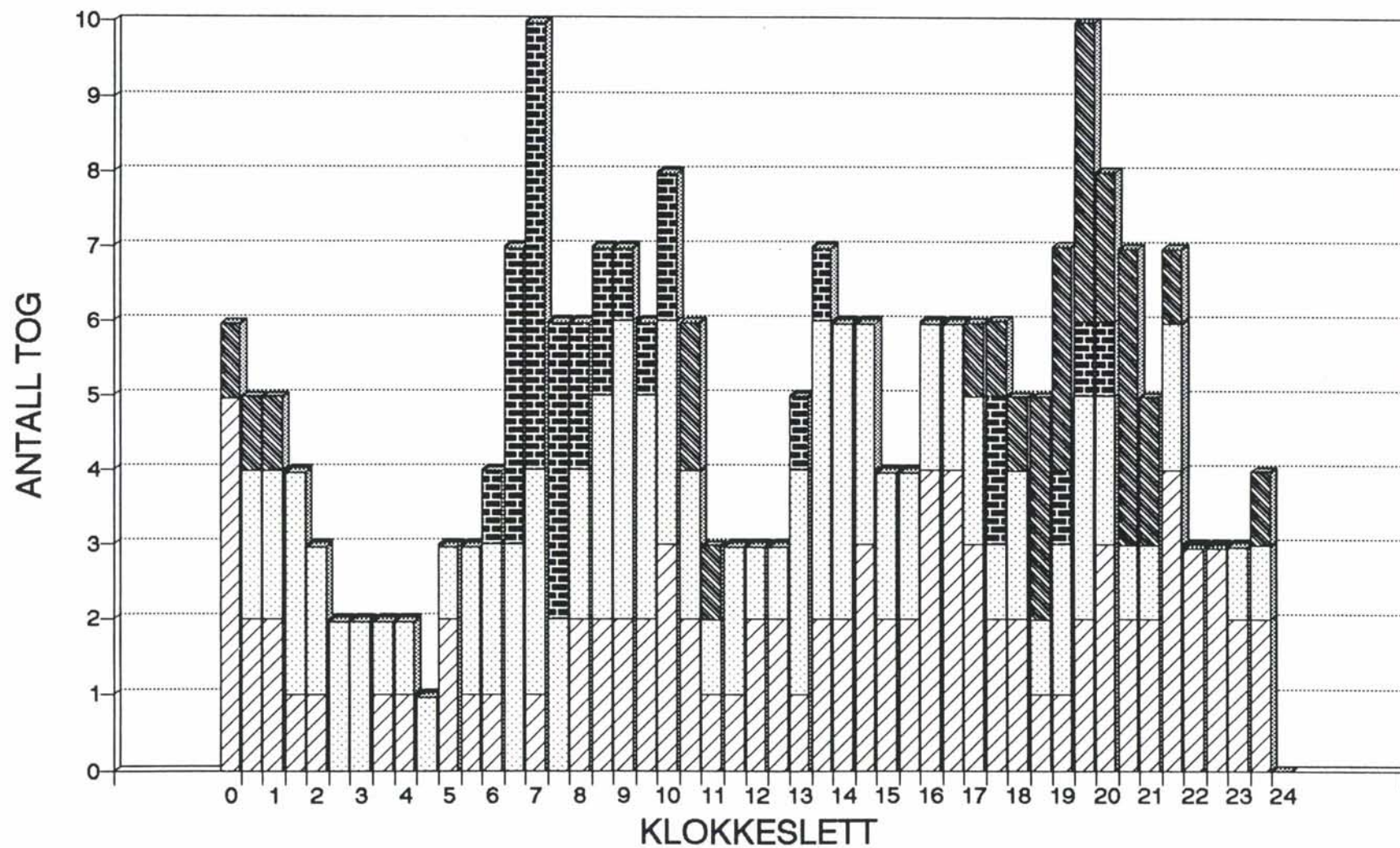
sørgående tog

L10S	Lillehammer-Oslo	BM69C + 9vogn
F372	Hamar-Oslo	BM69C
1612	Eidsvoll-Skøyen	BM69C + 3vogn
F342	Lillehammer-Oslo	EL17 + 6vogn

materieill

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

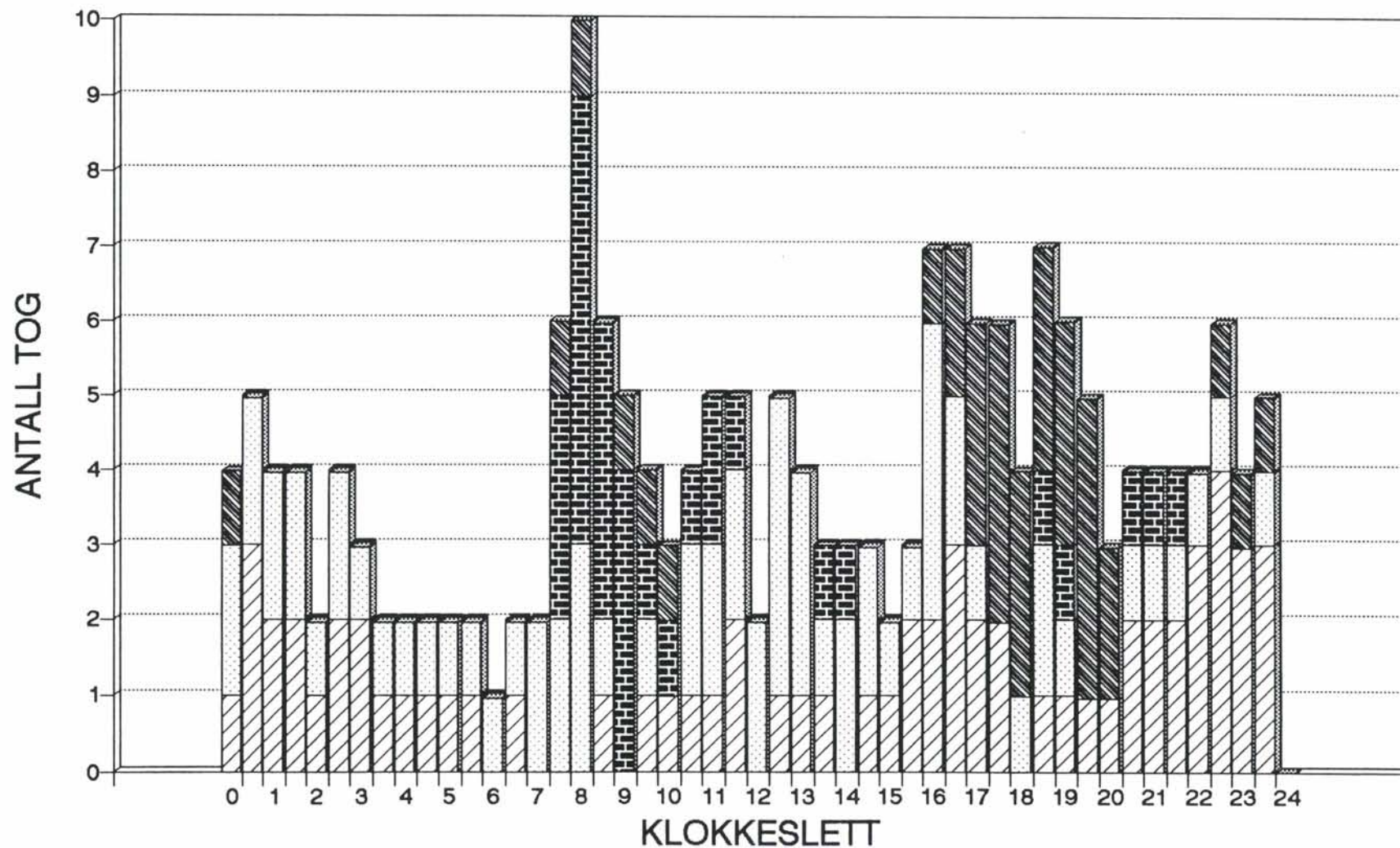
ANTALL TOG LILLESTRØM - TANGEN Hverd.



Ord. Tog mot LHMR
 Ord. Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

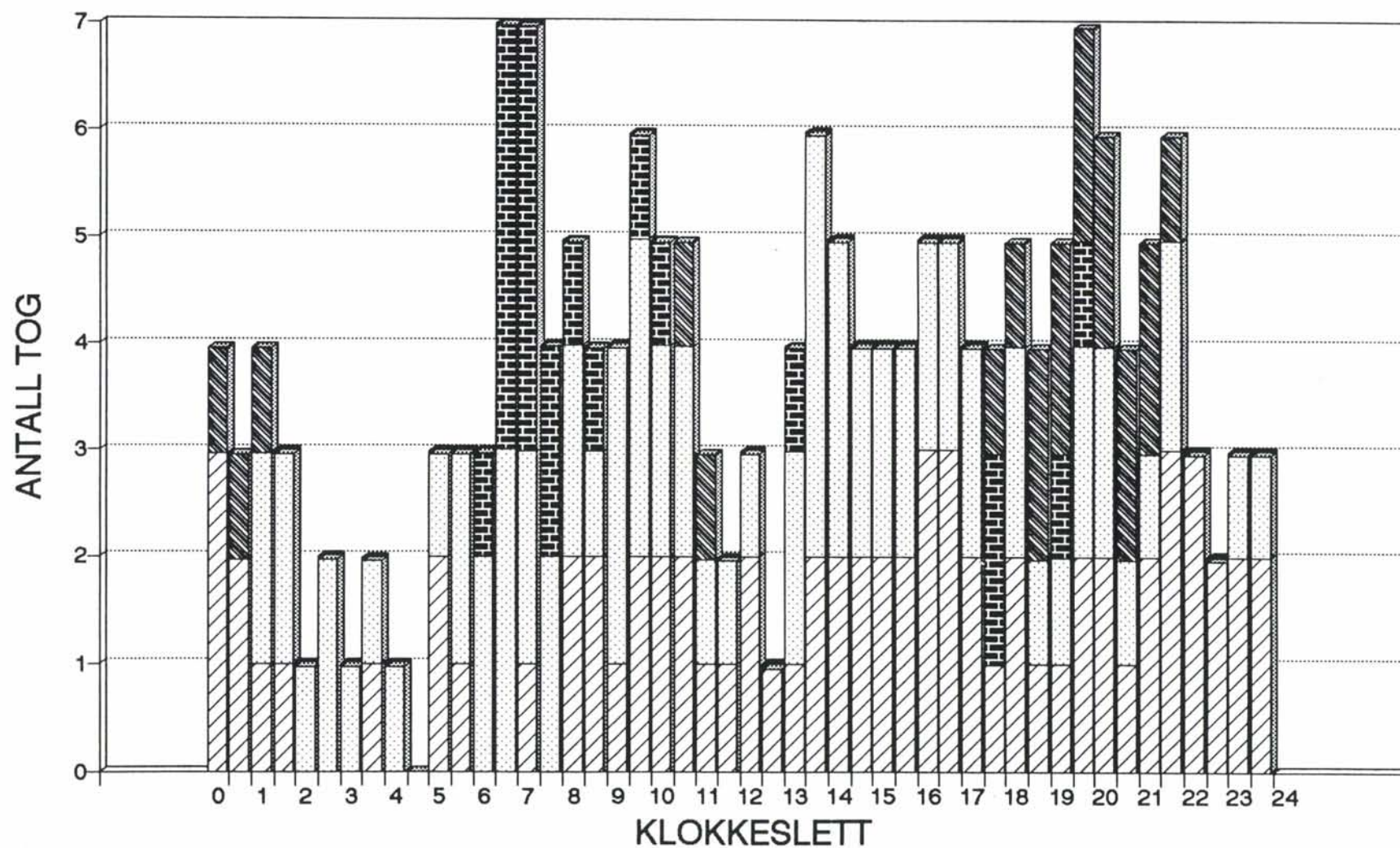
ANTALL TOG TANGEN-LILLEHAMMER Hverd.



Ord. Tog mot LHMR
 Ord. Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

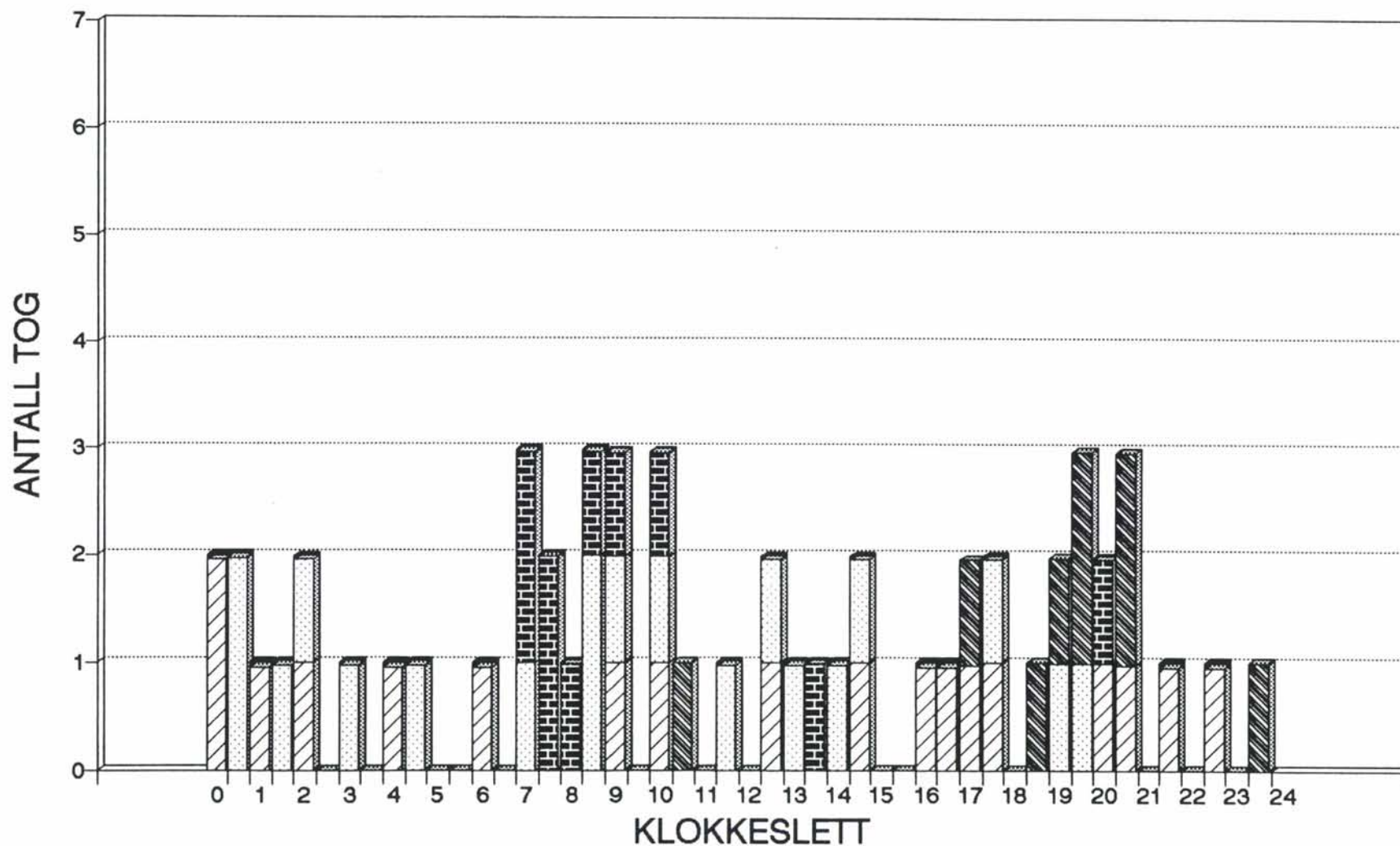
ANTALL TOG LILLESTRØM - MINNESUND Hverd



Ord.Tog mot LHMR Ord.Tog fra LHMR OL-Tog mot LHMR OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

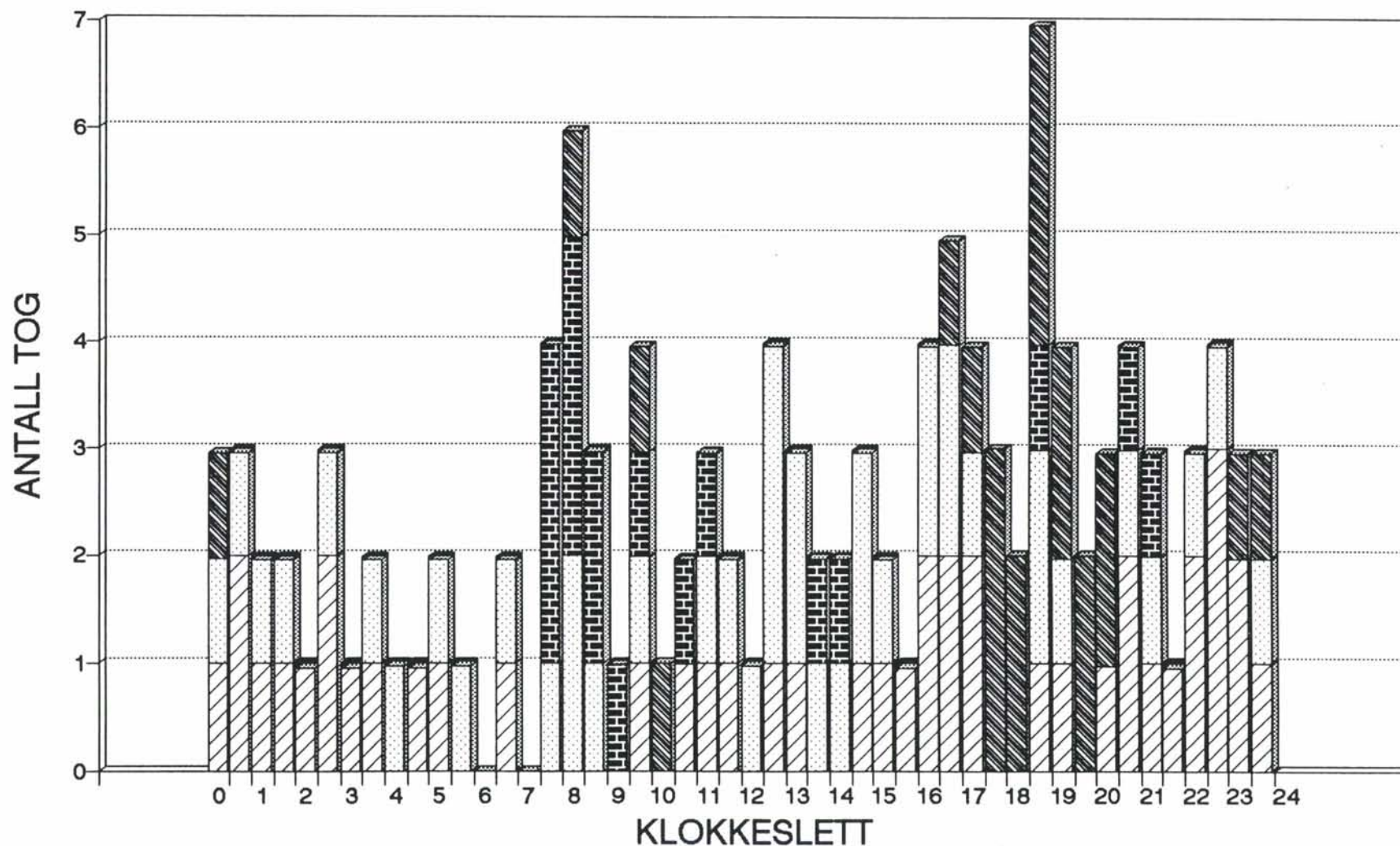
ANTALL TOG MINNESUND-TANGEN Hverd.



Ord.Tog mot LHMR
 Ord.Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

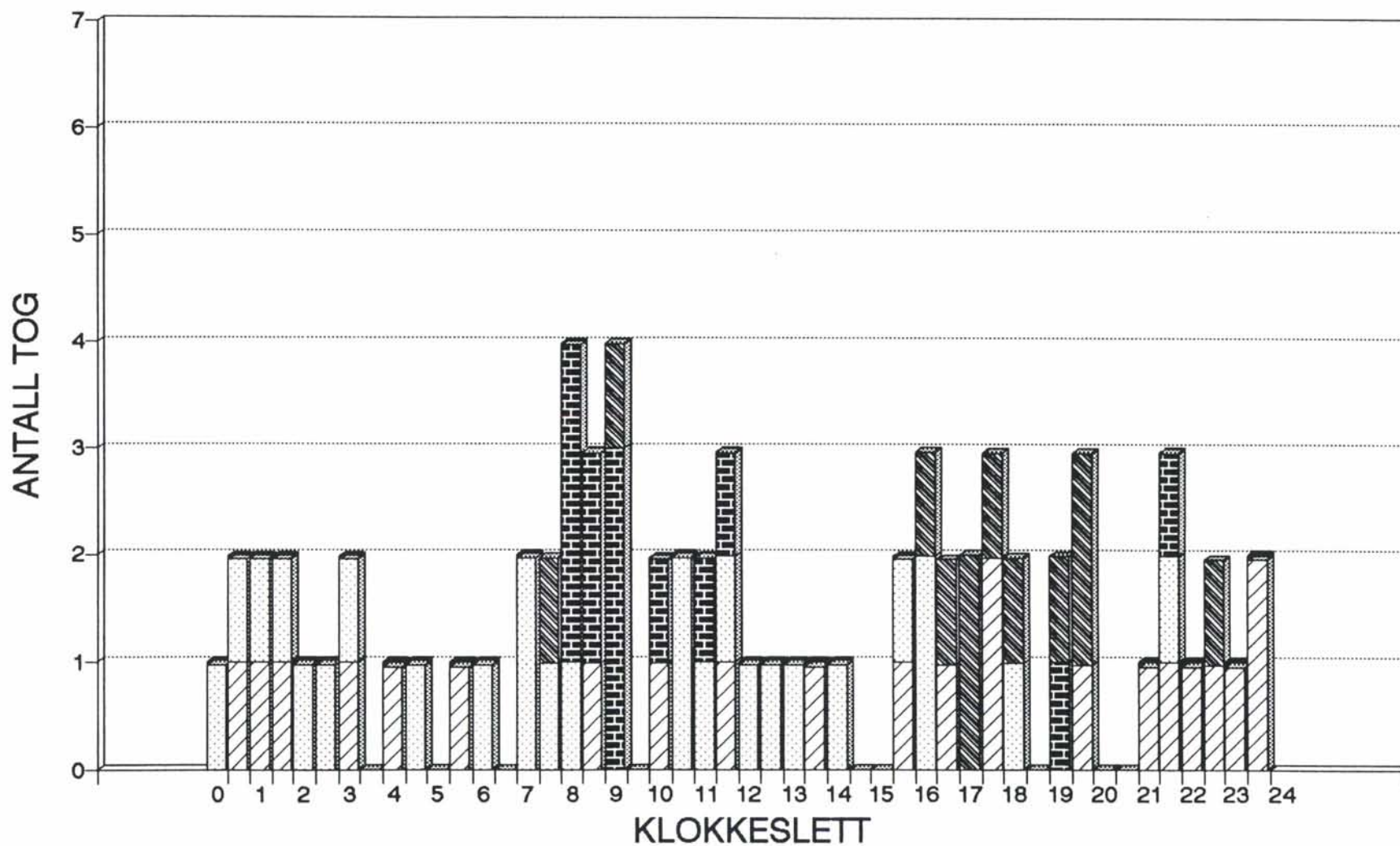
ANTALL TOG TANGEN - RUDSHØGDA Hverd.



Ord.Tog mot LHMR
 Ord.Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

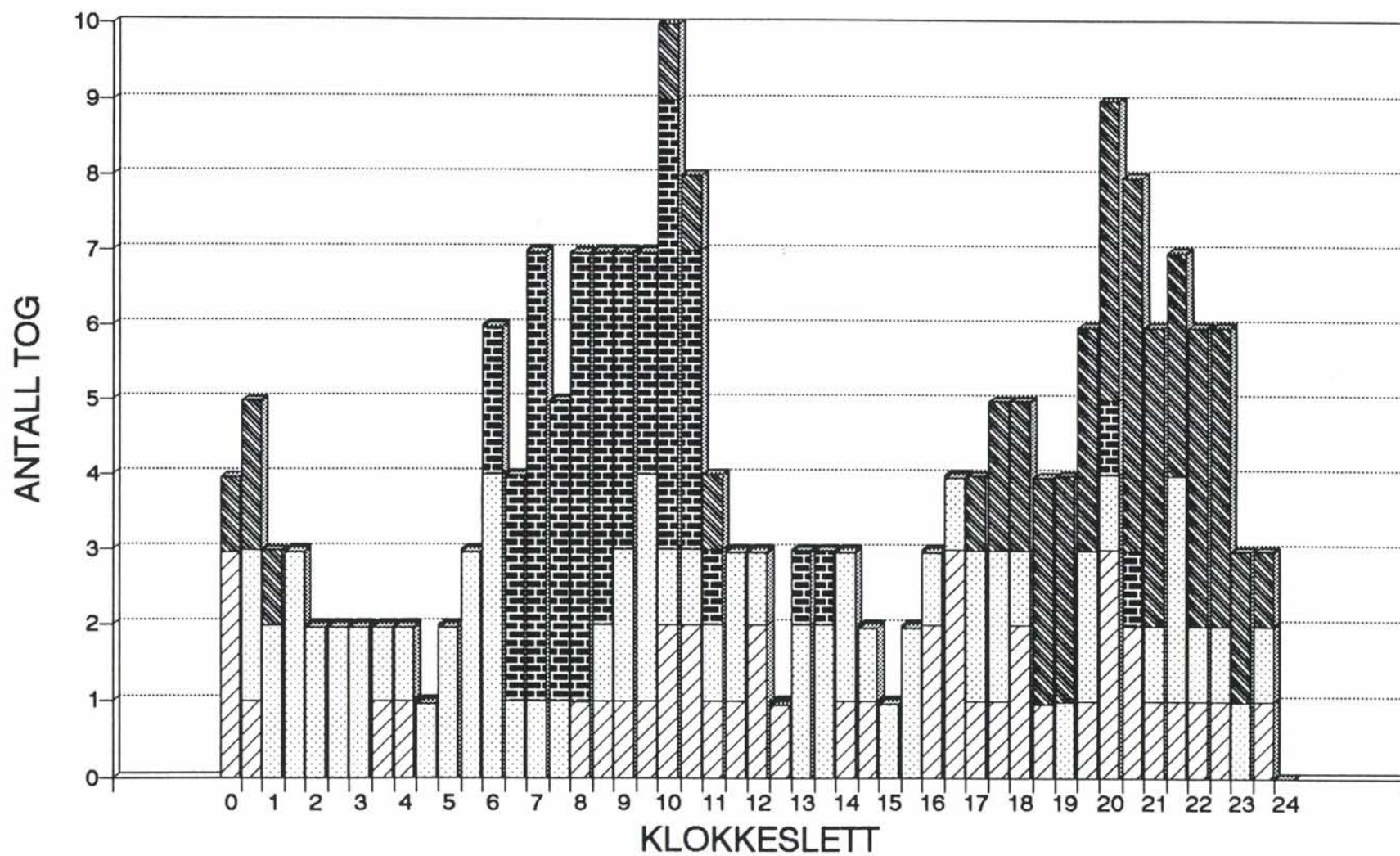
ANTALL TOG RUDSHØGDA-LILLEHAMMER Hverd.



Ord. Tog mot LHMR
 Ord. Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

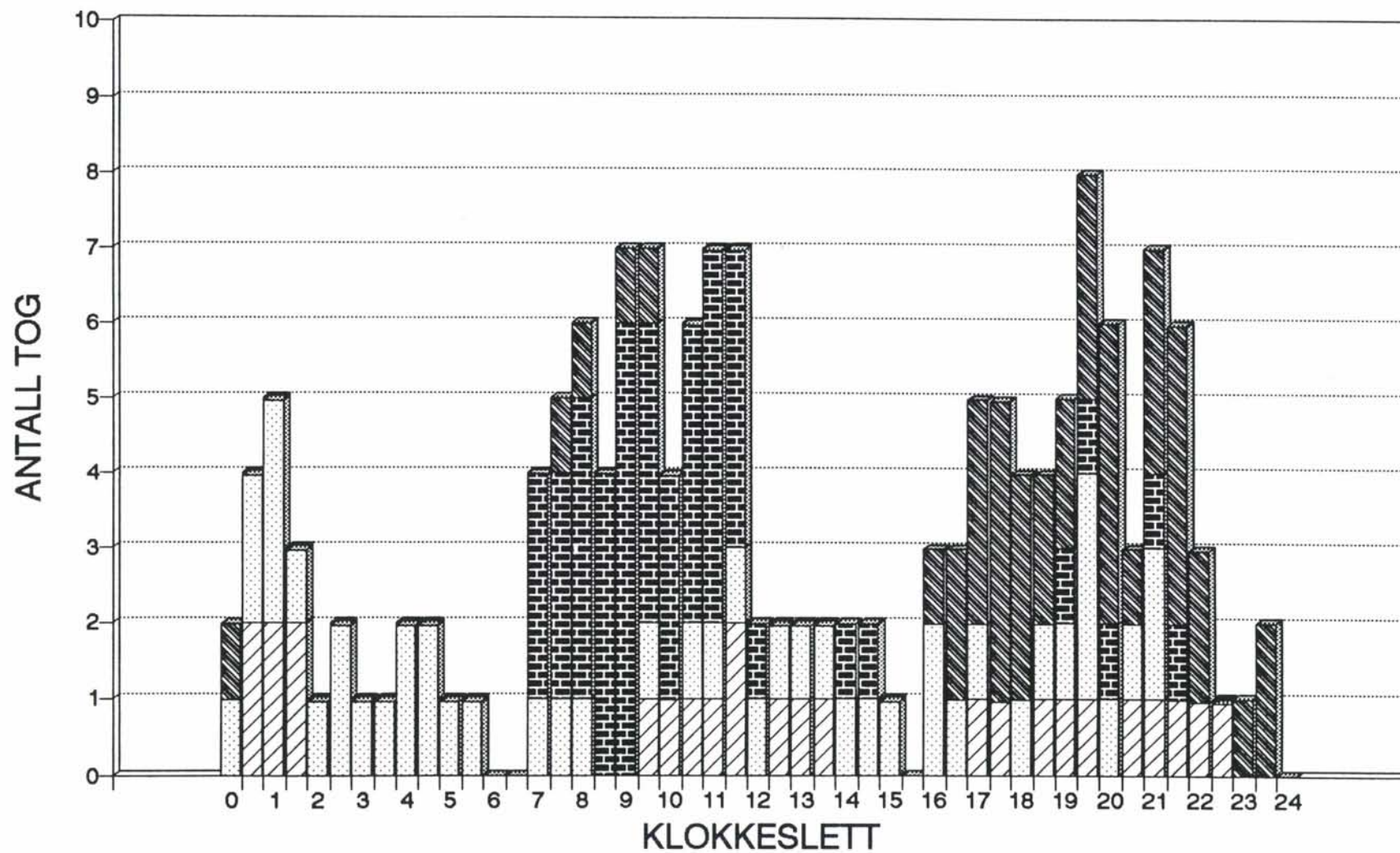
ANTALL TOG LILLESTRØM - TANGEN Lørdag



 Ord.Tog mot LHMR
  Ord.Tog fra LHMR
  OL-Tog mot LHMR
  OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

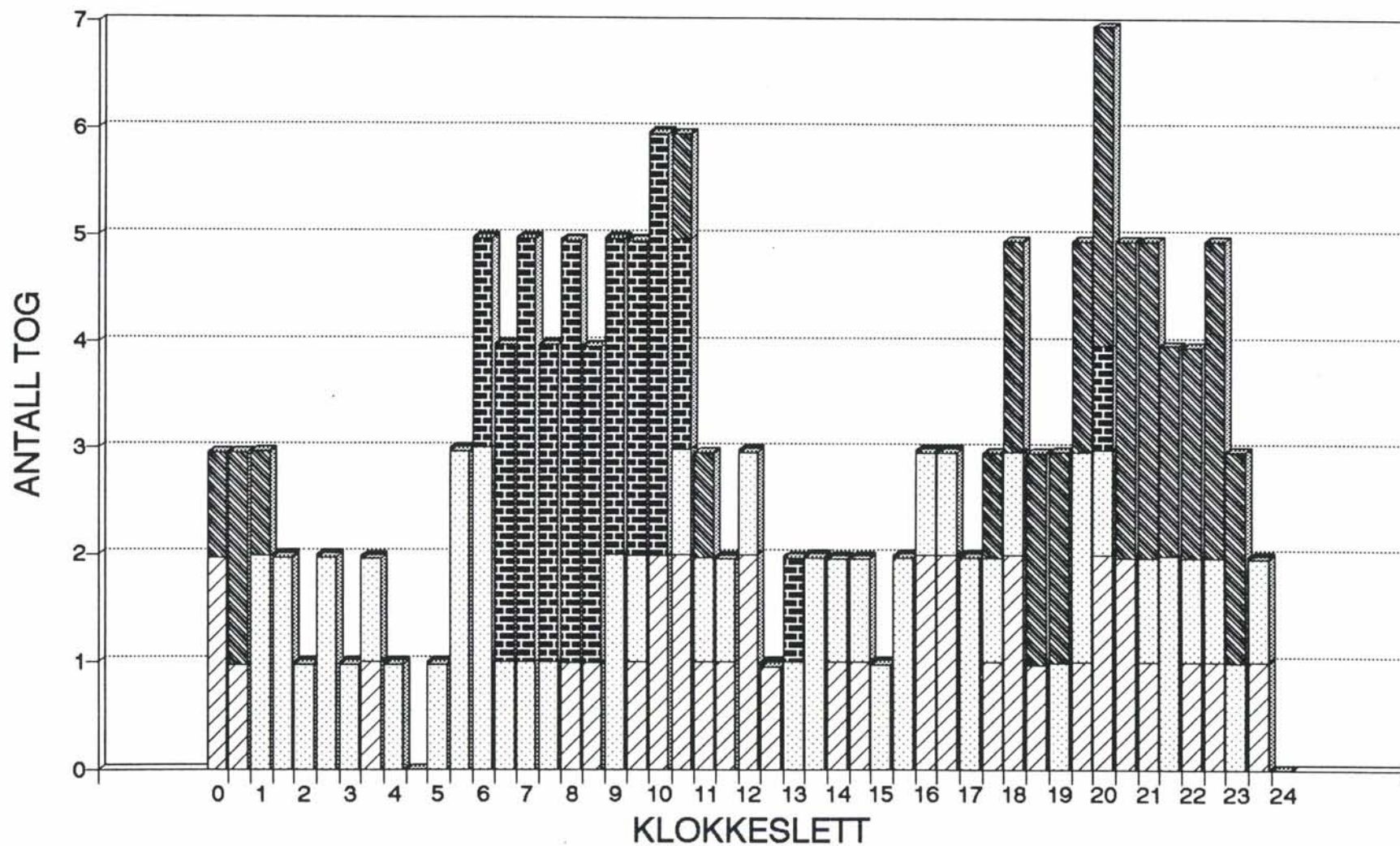
ANTALL TOG TANGEN-LILLEHAMMER Lørdag



Ord.Tog mot LHMR
 Ord.Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

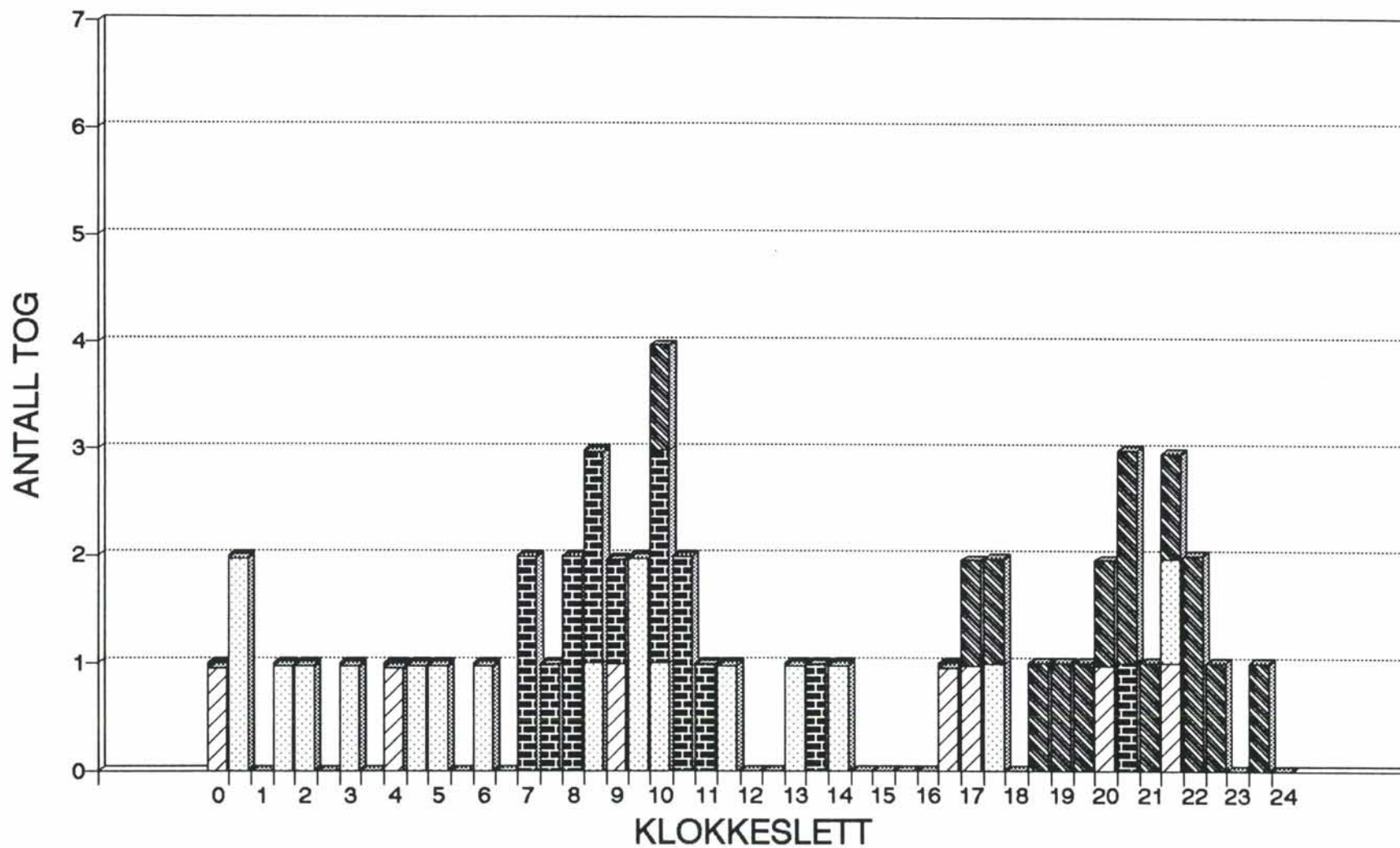
ANTALL TOG LILLESTRØM - MINNESUND Lørda



Ord. Tog mot LHMR
 Ord. Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

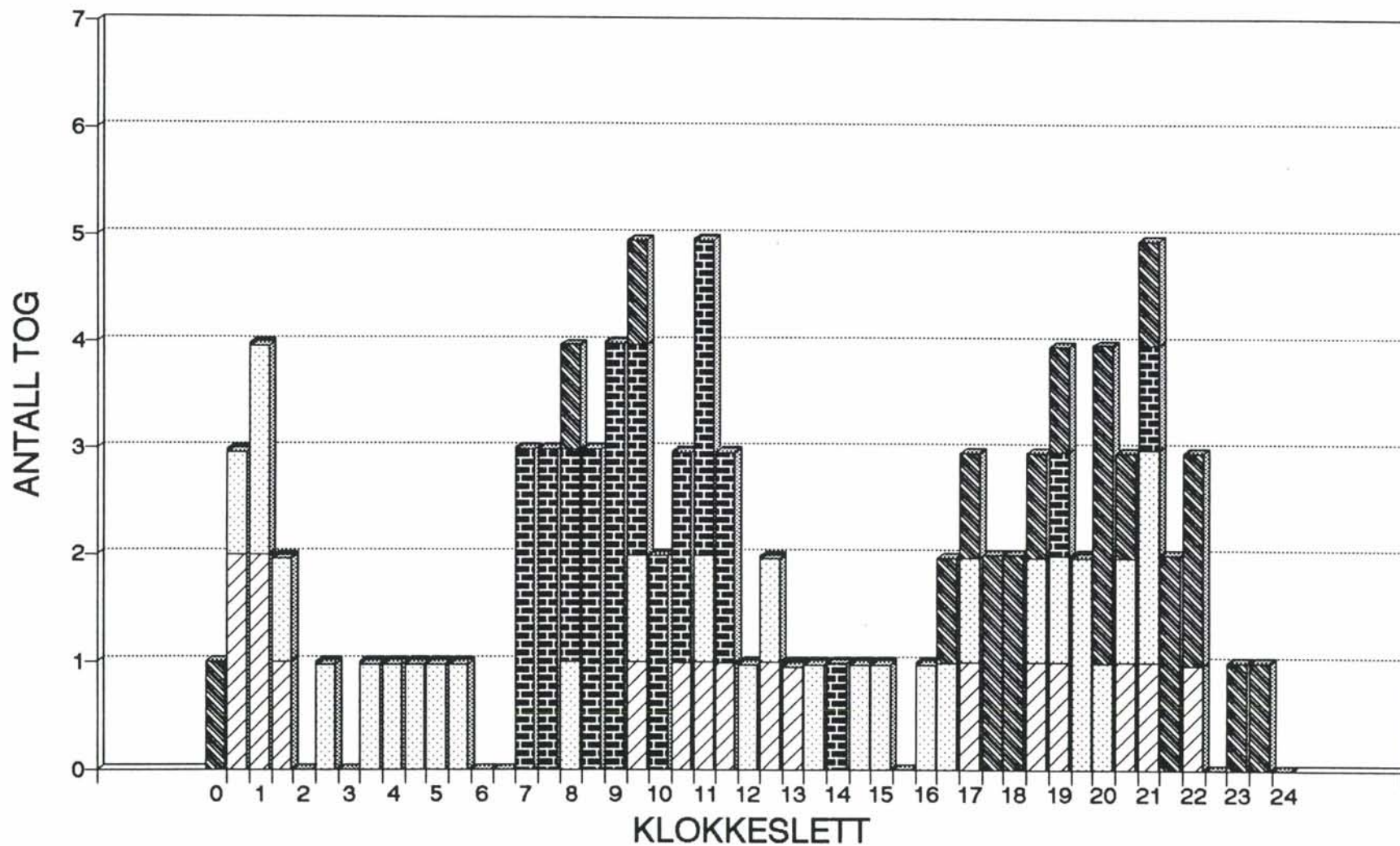
ANTALL TOG MINNESUND-TANGEN Lørdag



Ord.Tog mot LHMR
 Ord.Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

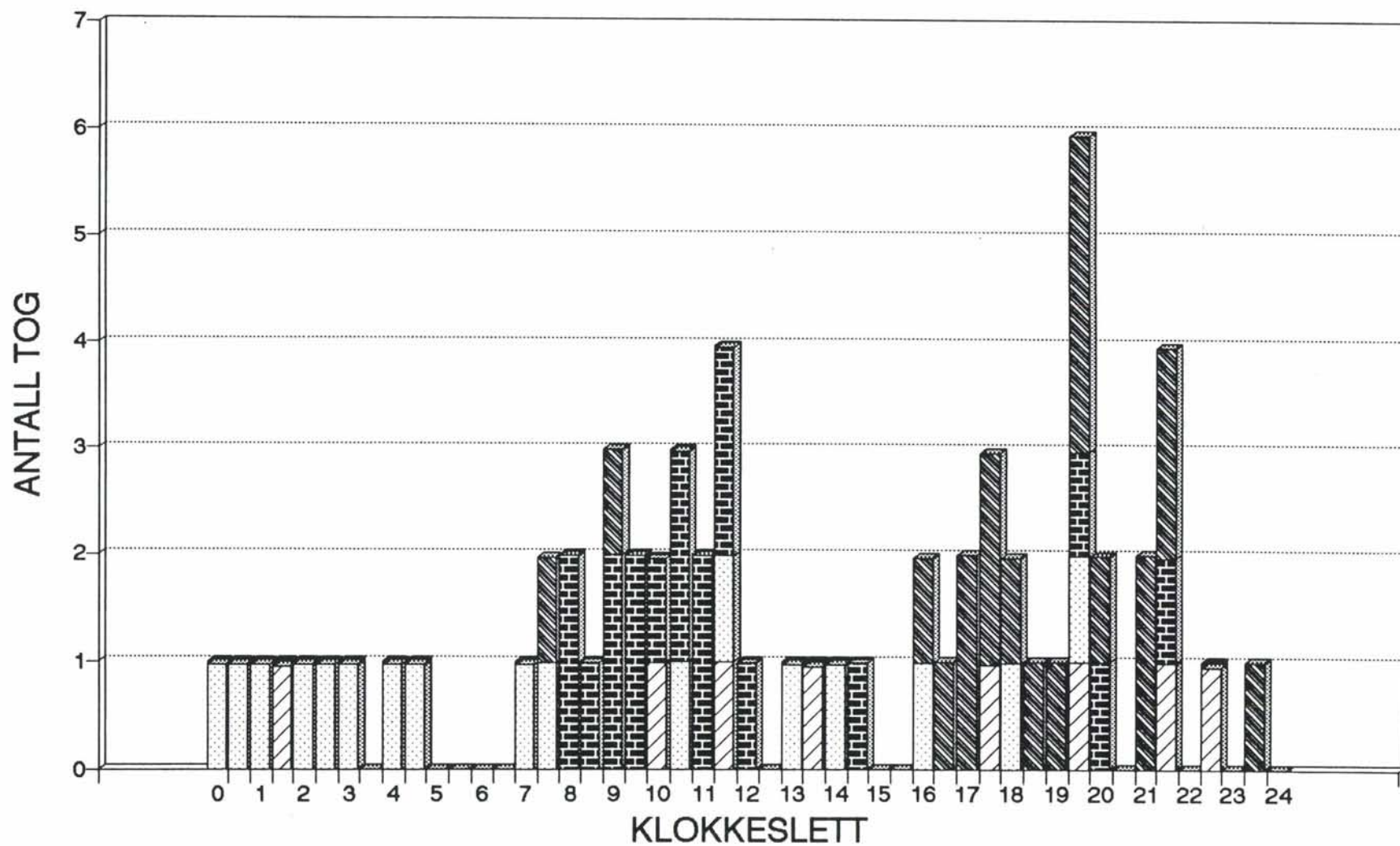
ANTALL TOG TANGEN - RUDSHØGDA Lørdag



Ord.Tog mot LHMR
 Ord.Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

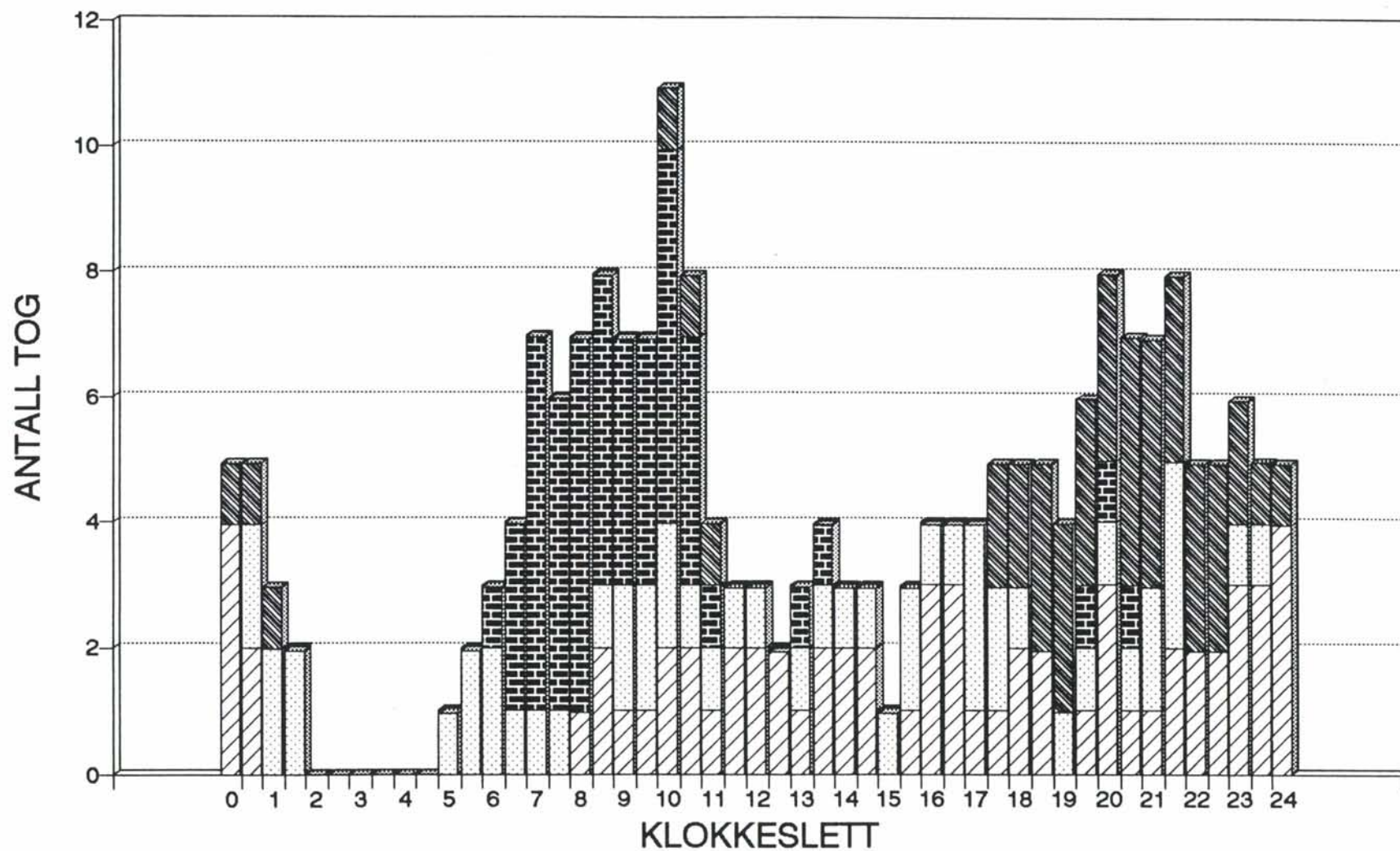
ANTALL TOG RUDSHØGDA-LILLEHAMMER lørdag



Ord.Tog mot LHMR Ord.Tog fra LHMR OL-Tog mot LHMR OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

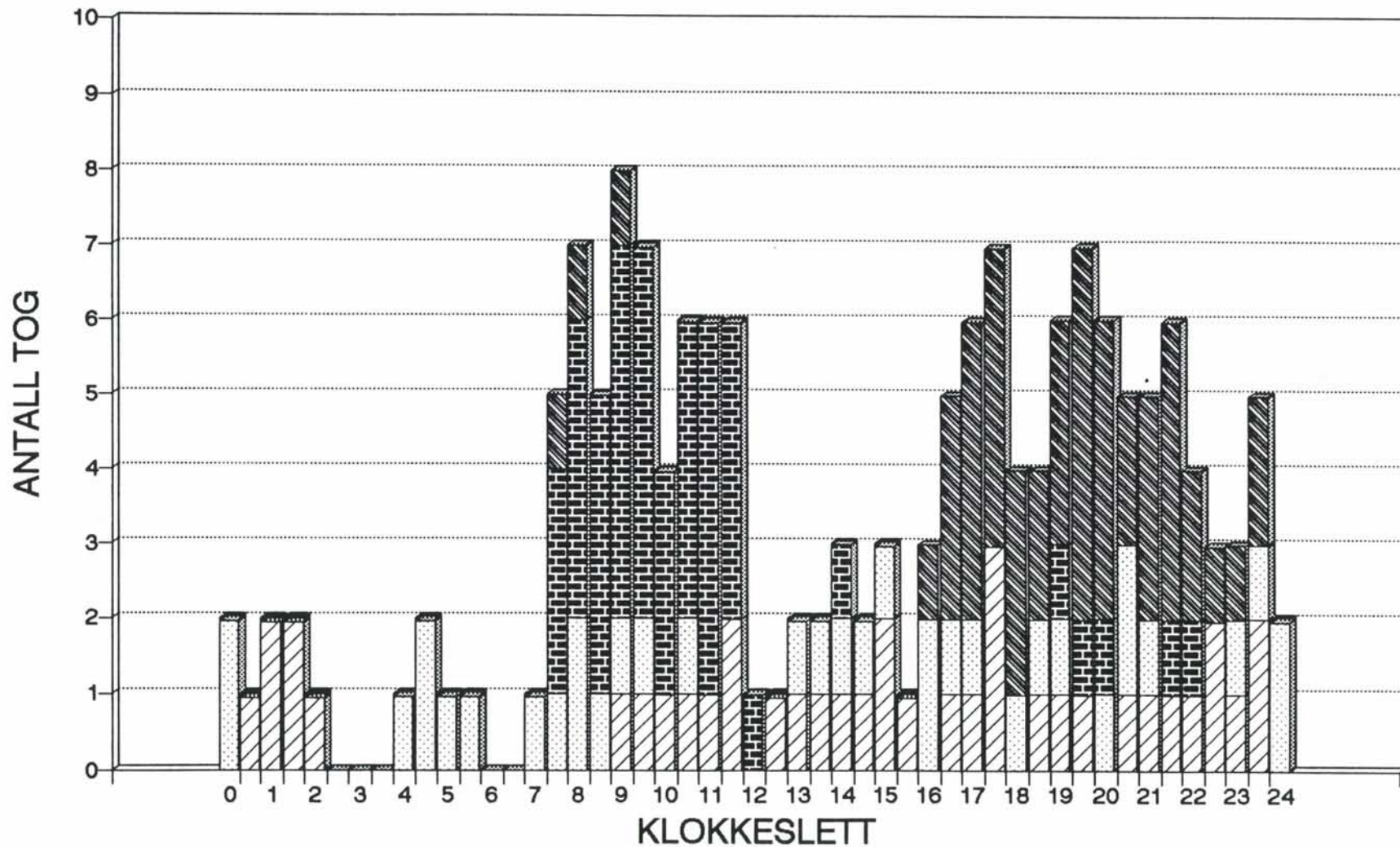
ANTALL TOG LILLESTRØM - TANGEN Søndag



Ord. Tog mot LHMR
 Ord. Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

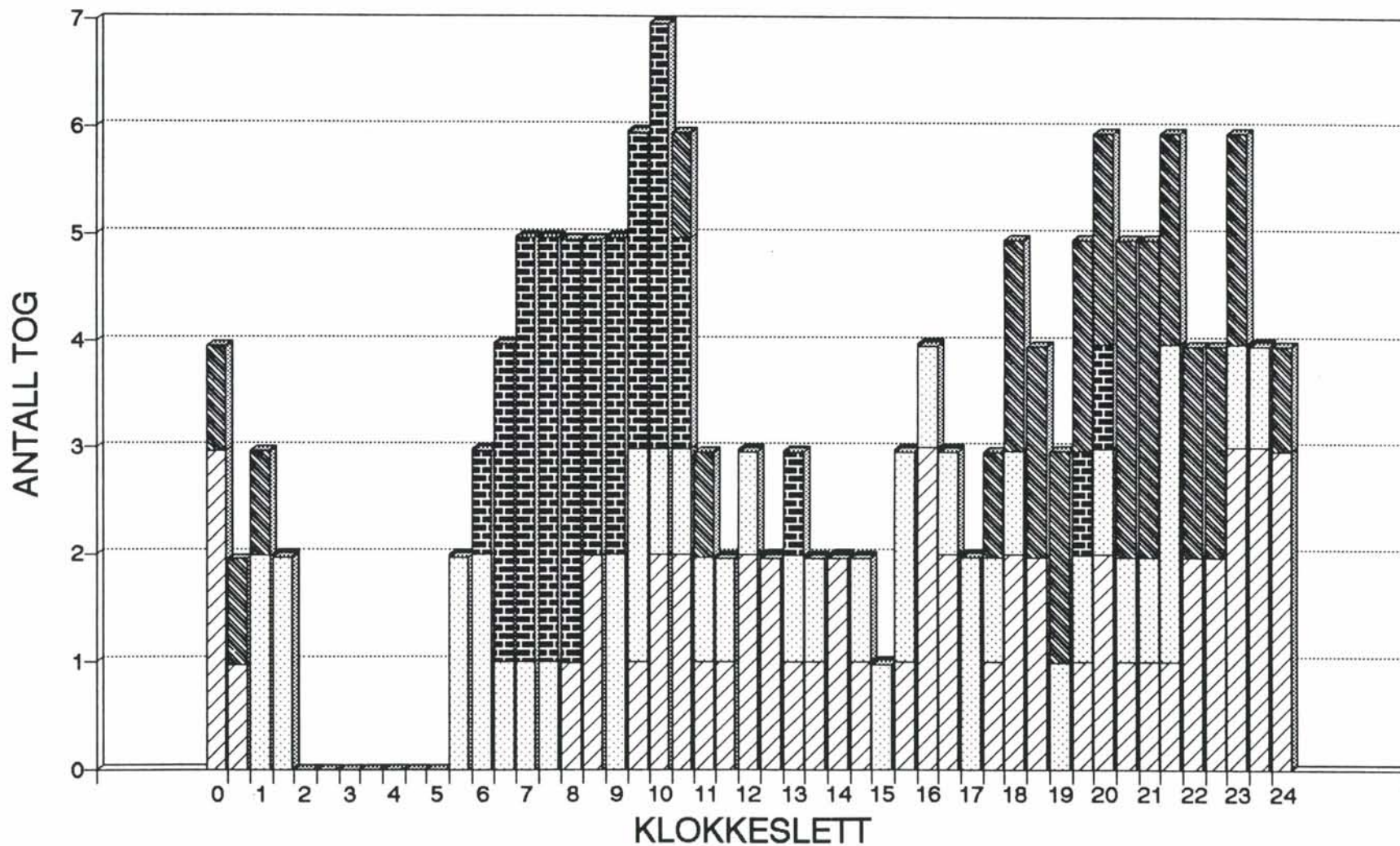
ANTALL TOG TANGEN-LILLEHAMMER Søndag



 Ord. Tog mot LHMR
  Ord. Tog fra LHMR
  OL-Tog mot LHMR
  OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

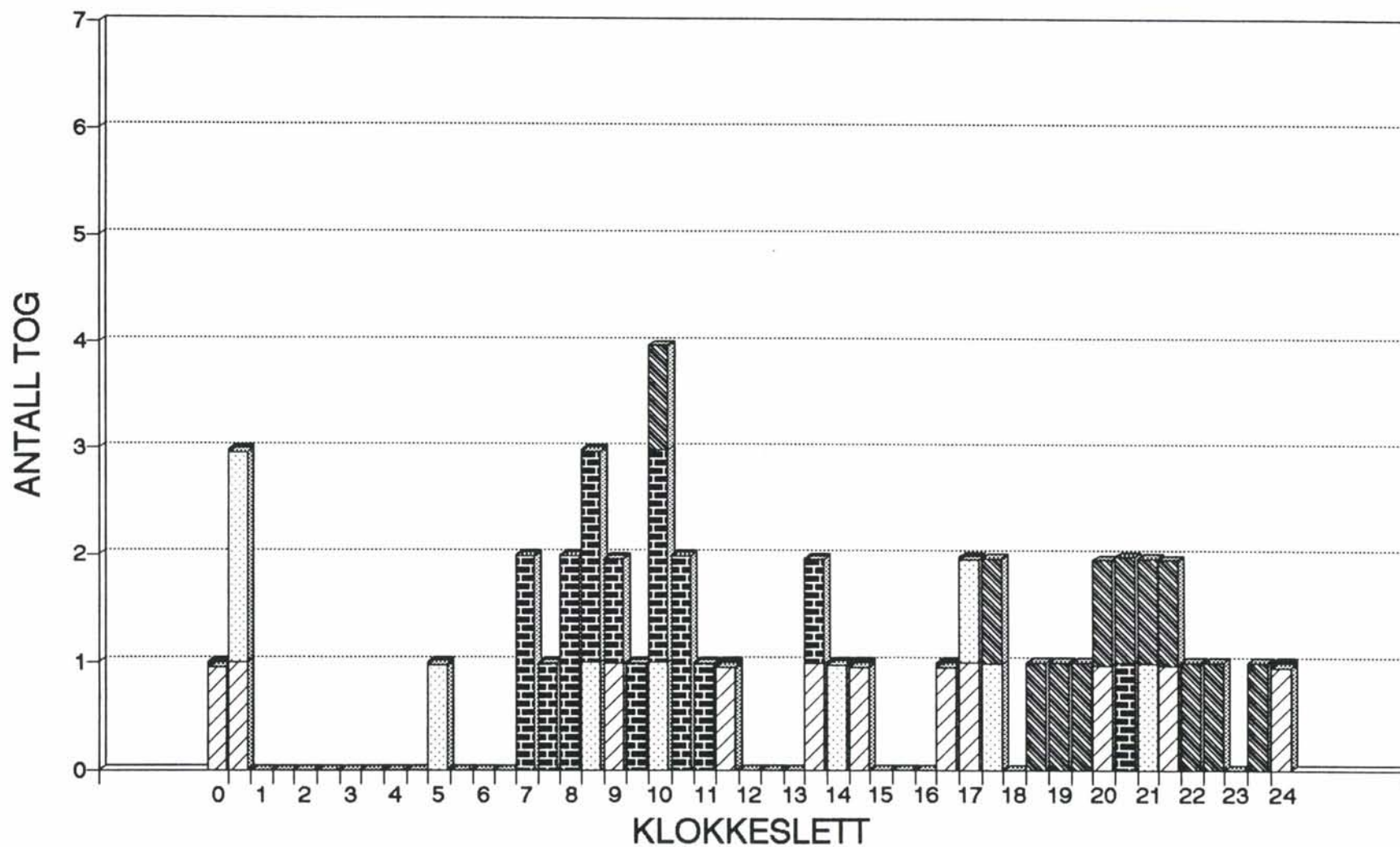
ANTALL TOG LILLESTRØM-MINNESUND Søndag



Ord.Tog mot LHMR
 Ord.Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

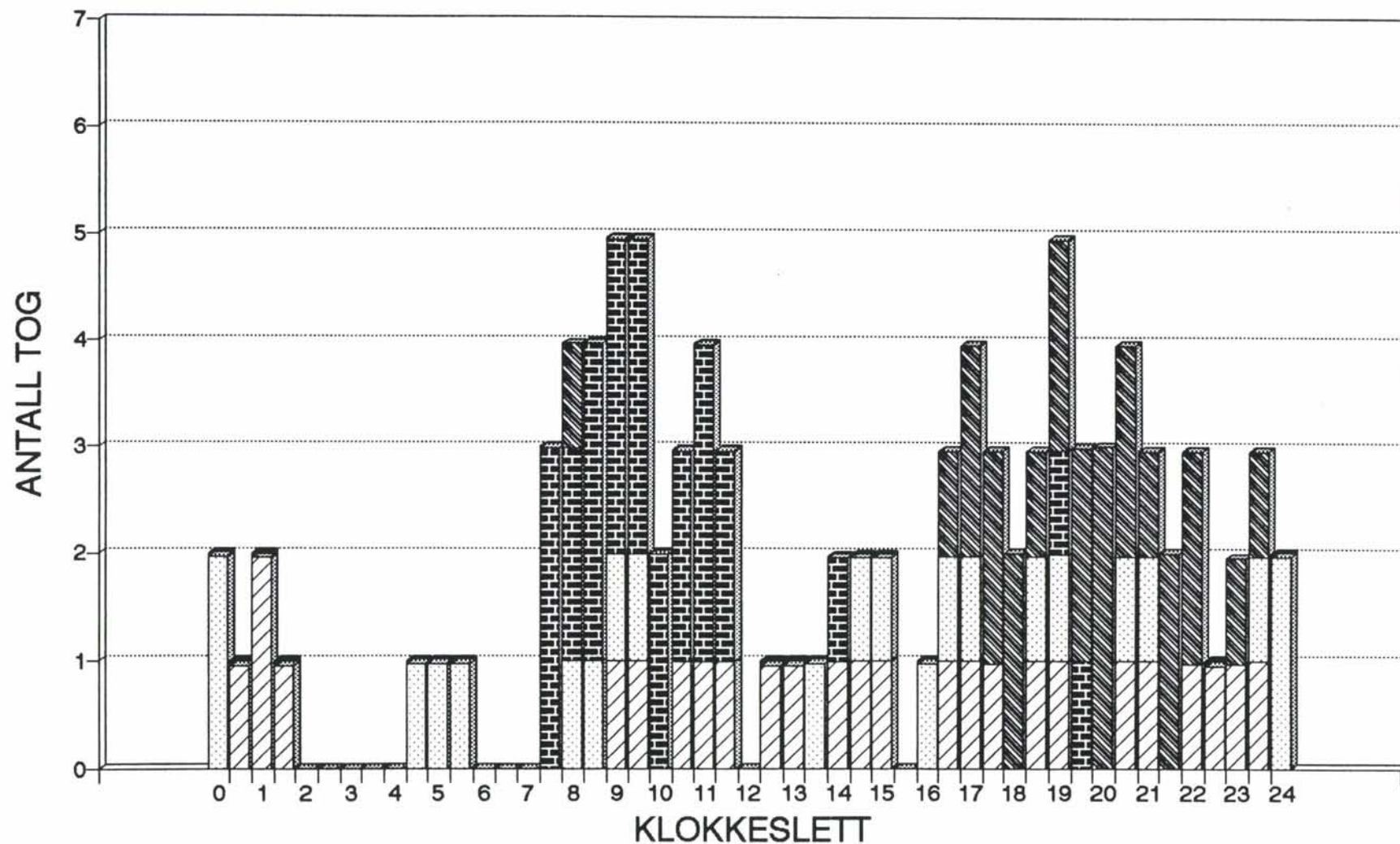
ANTALL TOG MINNESUND-TANGEN Søndag



Ord.Tog mot LHMR
 Ord.Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

MED TOGET TIL LILLEHAMMER-OL 1994

ANTALL TOG TANGEN - RUDSHØGDA Søndag



Ord.Tog mot LHMR
 Ord.Tog fra LHMR
 OL-Tog mot LHMR
 OL-Tog fra LHMR

N

Jernbaneverket
Biblioteket

JBV



09TU04494

200000024115