

# 30 TONN på Ofotbanen



Rapport 3.10

## INFRASTRUKTUR

Signal- og sikringsanlegg



Jernbaneverket

Jernbaneverket  
biblioteket

desember 1996

## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD -----	II
SAMMENDRAG -----	III
1. PROBLEMBESKRIVELSE/ TILSTANDSVURDERING-----	1
2. FORSLAG TIL LØSNINGER-----	2
3. KOSTNADER -----	4
4. KONKLUSJON /ANBEFALINGER -----	5
5. VIDERE ARBEID-----	6
6. APPENDIKSLISTE -----	7

## FORORD

LKAB ønsker at aksellasten på Ofotbanen økes fra 25 til 30 tonn og at antall vogner økes fra 52 til 68 vogner for malmtog, dette for å effektivisere malmtransporten.

Hensikten med denne rapporten er å vurdere konsekvenser for signal og sikringsanlegg og sambandsanlegg på Ofotbanen ved økning av aksellast og antall vogner for malmtog. Rapporten skal gi en teknisk og økonomisk oversikt over nødvendige tiltak.

## SAMMENDRAG

LKAB ønsker at aksellasten på Ofotbanen økes fra 25 til 30 tonn og at antall vogner økes fra 52 til 68 vogner for malmtog, dette for å effektivisere malmtransporten.

Denne rapporten gir en vurdering av tiltak for signal og sikringsanlegg og sambandsanlegg ved økt aksellast på Ofotbanen.

Signal og sikringsanleggene nærmer seg i henhold til årgangsanalyse sin antatte levetid og er således modne for utskifting.

Det forutsettes at samband for CTC, blokkstyring og blokkindikering overføres på fiber ved utskifting av anleggene. Ved utskifting av sikringsanleggene anbefales det å innføre standard forsignlavstand for innkjørhovedsignalene på 1000 meter.

Ved økt aksellast er det nærliggende å tro at det oppstår større mekaniske påkjenninger på banelegemet som igjen kan medføre økt slitasje på isolerte skinneskjøter, og forbindere som er PIN-loddet til skinnegangen. Problematikk vedrørende isolerte skinneskjøter blir vurdert i rapporten for overbygging.

Problematikk vedrørende PIN-loddinger blir vurdert i et eget prosjekt i regi av Ofotbanen.

Tiltak som bør settes iverk:

- legge fiberkabel på Ofotbanen.
- oppgradere eksisterende sambandsanlegg.
- utflytting av signaler.

Kostnader for tiltakene er estimert til 8,6 millioner kroner (inkl. nødvendige avgifter), usikkerhet i estimatet er +/- 20%.

Kostnader for signal og sikringsanlegg ved eventuelle traseomlegginger/kryssingsporforlengelser p.g.a. økt aksellast inngår ikke i denne rapporten.



## 1. PROBLEMBESKRIVELSE/ TILSTANDSVURDERING

På Ofotbanen er 5 stasjoner utbygd med komplett sikringsanlegg (NSI-63). Linjeblokkkonseptet er basert på endematede vekselstrømsporfelter med blokkposter mellom stasjonene. Fjernstyringen er basert på bruk av releteknikk (R-CTC).

Anleggene ble tatt i bruk i 1963, med unntak av sikringsanleggene ved Narvik stasjon (1955) og Rombak stasjon (1977).

Anleggene nærmer seg i henhold til årgangsanalyse sin antatte levetid og er således modne for utskifting.

Samband for CTC overføres idag via telekabler. Det vises til appendiks 2, hovedplan "Sambandsanlegg Ofotbanen" versjon 2.0 utarbeidet av NSB Ingeniørtjenesten, hvor problematikk vedrørende støy på sambandsanleggene er beskrevet.

Blokkstyring overføres i egen signalkabel. Signalkabler er i sin helhet skiftet ut iløpet av de siste år (type EEBE). Overføring i signalkabler er mindre utsatt for støy enn overføring i telekabler. Signalkablene er seksjonert slik at induerte spenninger ikke har muligheten til å bygge seg opp over lengre avstander.

Feilstatistikk for sikringsanlegg de 10 siste år er vist i appendiks 1.

Hovedtyngden av feil fordeler seg på sporfeltutstyr og sporvekselutstyr.

Feil på sporfeltutstyr er i hovedsak løse forbindere som er PIN-loddet til skinnegangen.

Ved økning av aksellast fra 25 til 30 tonn og antall vogner fra 52 til 68, vil ifølge rapporten "Baneenergiforsyning; 30 tonn akseltrykk på Ofotbanen", behovet for elektrisk energi til fremføring av malmtog øke. Støy og drifforstyrrelser på sambandsanleggene er sterkt avhengig av utmatet strøm på kontaktledningsanlegget.

Videre vil bremsekarakteristikk for lengre og tyngre tog endres i forhold til idag.

Når aksellasten øker er det nærliggende å tro at det oppstår større mekaniske påkjenninger på banelegemet som igjen kan medføre økte vedlikeholdskostnader for anleggene.

## 2. FORSLAG TIL LØSNINGER

### Sambansanlegg:

Støy og driftsforstyrrelser på sambandet er sterkt avhengig av utmatet strøm på kontaktledningsanlegget og vil øke i vesentlig grad ved økt aksellast på Ofofbanen. Konklusjonen i hovedplanen "Sambandsanlegg Ofofbanen", versjon 2.0, er at det bør legges fiberkabel på Ofofbanen samtidig med at eksisterende sambandsanlegg oppgraderes. Fjernstyringen er basert på releteknikk (R-CTC) og det antas i hovedplanen at samband for CTC ikke vil påvirkes i vesentlig grad av støy. Dagens sambandskabel må beholdes inntil CTC er utskiftet. Ved utskifting av CTC og sikringsanlegg på Ofofbanen forutsettes det at samband for CTC, blokkstyring og blokkindikering overføres på fiber, og eventuelle problemer med overføring i lange signalkabler unngås. Konsept for blokkstyring på fibersamband må godkjennes av Banes tekniske kontor.

### Signalplassering:

Bremsekarakteristikk for tyngre og lengre tog vil endres i forhold til idag.

FORUTSETNINGER:	MALMTOG	PERSONTOG
Max. hastighet	50 km/h	70 km/h
Retardasjon ved full bremskraft	0,55 m/s <sup>2</sup>	0,7 m/s <sup>2</sup>
Bremsenes fordrøyingstid	15 sek.	8 sek.

I henhold til Jernbaneverket's regelverk for plassering av signaler med ovenstående forutsetninger er dagens signalplassering tilfredsstillende med unntak av:

- Innkjørhovedsignal A Rombak st. (92 meter lengre ut).
- Innkjørhovedsignal A Katterat st. (113 meter lengre ut).
- Innkjørhovedsignal B Bjørnefjell st. (32 meter lengre ut).

Utflytting av innkjørhovedsignalene betinger ikke i henhold til regelverket utflytting av tilhørende forsignaler.

Ved utskifting av sikringsanleggene på Ofofbanen synes det hensiktsmessig å innføre en standard forsignalavstand. På øvrige baner i Jernbaneverket benyttes normalt 1200 meter forsignalavstand mens det på svensk side på malmbanen benyttes 1000 meter forsignalavstand.

**Sporfelter:**

Dagens sporfelter på Ofotbanen er endematede vekselstrømssporfelter (95Hz), med lengder på ca. 1000 meter. Ved økt aksellast er det nærliggende å tro at det oppstår større mekaniske påkjenninger på banelegemet som igjen kan medføre økt slitasje på isolerte skinneskjøter og forbindere som er PIN-loddet til skinnegangen.

Problematikk vedrørende isolerte skinneskjøter blir vurdert i rapporten for overbygging. Problematikk vedrørende PIN-loddinger blir vurdert i et eget prosjekt i regi av Ofotbanen.

I henhold til Jernbaneverket's regelverk kreves utstyr for å overvåke innhold av overharmoniske strømmer i returstrømmen. Lokomotiv må ikke generere støystømmer over 1A i 95-105Hz-området. Det skal anordnes utstyr som varsler og tidsforsinket kopler ut høyspenningsbryter ved støystømmer over 2A i det nevnte frekvensområdet.

Dette er ivaretatt (95Hz) i kravspesifikasjonen for de nye lokomotiver på Ofotbanen.

### 3. KOSTNADER

**Investeringskostnader:**

Fiber i kanal og kontaktledningsmast:	7.472.777.-	<sup>1)</sup>
Oppgradering av eksisterende sambandsanlegg:		
- jording av eksisterende sambandsanlegg:	429.570.-	<sup>1)</sup>
- bygging av forbigangsledning på stasjoner:	487.620.-	<sup>1)</sup>
Utflytting av innkjørhovedsignaler:	200.000.-	

**TOTALT** **8.589.967.-**

<sup>1)</sup> Kostnadsoverslag hentet fra hovedplan "Sambandsanlegg Ofotbanen", versjon 2.0.

Kostnadsoverslaget er på hovedplannivå, med usikkerhet +/- 20%.  
Overslaget inkluderer nødvendige avgifter.

Kostnader for signal og sikringsanlegg ved eventuelle traseomlegginger/kryssingsporforlengelser p.g.a. økt aksellast inngår ikke i denne rapporten.



## 4. KONKLUSJON /ANBEFALINGER

Konklusjonen i hovedplanen "Sambandsanlegg Ofotbanen", versjon 2.0, er at det bør legges fiberkabel på Ofotbanen samtidig med at eksisterende sambandsanlegg oppgraderes.

I henhold til Jernbaneverket's regelverk for plassering av signaler bør følgende signaler flyttes ut:

- Innkjørhovedsignal A Rombak st. (92 meter lengre ut).
- Innkjørhovedsignal A Katterat st. (113 meter lengre ut).
- Innkjørhovedsignal B Bjørnfjell st. (32 meter lengre ut).

Kostnad for tiltakene er estimert til 8,6 millioner kroner (inkl. nødvendige avgifter), usikkerhet i estimatet +/-20%.

Signal og sikringsanleggene på Ofotbanen er stort sett bygd i 1960-årene og er således i henhold til årgangsanalyse snart modne for utskifting. Det forutsettes at samband for CTC, blokkindikering og blokkstyring overføres på fiber ved utskifting av anleggene. Ved utskifting av sikringsanleggene anbefales det å innføre standard forsignalavstand for innkjørhovedsignalene på 1000 meter.

## 5. VIDERE ARBEID

Følgende hovedplaner vedrørende signal og sikringsanlegg på Ofotbanen er under utarbeidelse:

- Narvik stasjon, nytt sikringsanlegg.
- Narvik, ny CTC på Ofotbanen.
- Utskifting av sikringsanlegg på Ofotbanen.

Tekniske løsninger, kostnadsoverslag og fremdriftsplaner for utbyggingen skal drøftes i hovedplanene.

Det forutsettes at utskifting av linjeblokk (blokkposter) inngår i hovedplanen for utskifting av sikringsanlegg på Ofotbanen.

## 6. APPENDIKSLISTE

Appendiks 1: Feilstatistikk de siste 10 år for sikringsanlegg.

Appendiks 2: Hovedplan "Sambandsanlegg Ofotbanen", versjon 2.0.

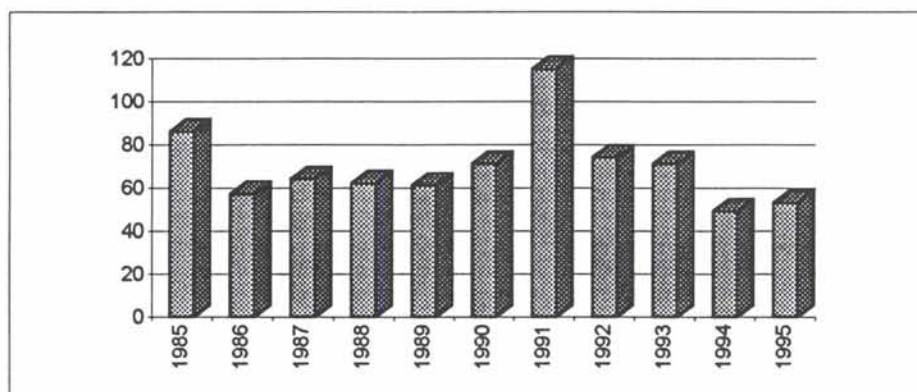
## SIKRINGSANLEGG

### Fordeling av ulike feiltyper.

Utstyr	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Stillerapparat		0	0	2	1	2	2	6	1	0	1
Strømforsyning		0	1	2	3	3	6	2	3	3	2
Releer		2	0	4	0	3	5	5	7	0	3
CTC-utstyr		2	1	3	5	8	11	9	6	3	1
Signaler		3	2	2	3	3	8	9	3	2	2
ATS-utstyr		2	0	0	0	4	3	5	9	0	0
Sporfeltutstyr		25	25	26	28	25	44	12	15	17	29
Kabel		2	3	2	3	1	6	7	2	1	3
Sporveksel		11	14	11	11	16	12	14	11	8	8
Veibom		2	6	6	1	2	5	5	7	2	1
Ingen feil funnet		8	12	4	6	4	13		7	13	3
	86	57	64	62	61	71	115	74	71	49	53

#### Fordelt på stasjon/linje

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Straumsnes	6	5	1	2	10	13	15	11	6	6	11
Rombak	11	6	1	5	10	6	10	2	5	7	5
Katterat	6	7	5	3	5	5	9	5	11	5	6
Bjørnfjell	9	8	8	3	8	4	11	10	9	3	4
Narvik	35	22	33	39	21	34	55	41	32	10	18
Linja Ofotbanen	18	9	16	10	7	9	15	5	8	18	9
	85	57	64	62	61	71	115	74	71	49	53







**NSB Bane Region Nord**

**Sambandsanlegg Ofotbanen  
Hovedplan Versjon 2.0**

**NSB Bane  
Ingeniørtjenesten**

Oppdragsgiver: **NSB Bane Region Nord**

Prosjekt: **Sambandsanlegg Ofotbanen  
Hovedplan Versjon 2.0**

Rapport nr.: 1  
Dato: 04.03.96

---

**Rapporten omhandler (stikkord):**

Hovedplan for utbedring og oppgradering av sambandsanleggene på Ofotbanen.

**For NSB Bane, Ingeniørtjenesten**

Prosjekansvarlig:   
Bjørn Halvorsen

Prosjektleder:   
Per-Ole Sætren

Rapport utarbeidet av:   
Eivind Skorstad Per-Ole Sætren

Dato for siste revisjon: 09.04.96  
Revisjons nr.: 01  
Antall sider: 27

**Dokumentkontrollside**

Oppdragsgiver: Banereion Nord							
Prosjektbeskr.: Sambandsanlegg Ofotbanen							
Prosjektnr.: 195055							
Dokumenttittel: Sambandsanlegg Ofotbanen - Hovedplan						Dokument nr.:	
Utarbeidet av : Eivind Skorstad Per-Ole Sætren						Sign	
Skal kontrolleres av:	Kontrolltype	Rev. 01		Rev. 02		Rev.	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
SL	Helhetsvurdering	09.04.96	BH				
PL	Språk	09.04.96	POS				
PL	Logisk oppbygging /disposisjon	09.04.96	POS				
SL	Teknisk: - faglig - tverrfaglig	09.04.96	BH				
PL	Presentasjonsform	09.04.96	POS				
PL	Kopieringen er kontrollert(sign original)						
Generelle kommentarer:							
Dokument godkjent for utsendelse		Dato 9/4-96		Sign. Bjørn Halvorsen			

# Innholdsfortegnelse

<b>1. KONKLUSJON</b> .....	<b>4</b>
<b>2. INNLEDNING</b> .....	<b>4</b>
2.1 BAKGRUNN .....	4
2.2 MAL .....	5
2.3 FORUTSETNINGER .....	5
<b>3. PROBLEMANALYSE</b> .....	<b>5</b>
3.1 GENERELT.....	5
3.2 PROBLEMER .....	6
3.2.1 Støy på sambandsanlegg.....	6
3.3 ÅRSAKER .....	6
3.3.1 Kabelanleggenes utforming .....	6
3.3.2 Kontaktledningsanleggets utforming .....	7
3.3.3 Induksjon på sambandsanlegg .....	7
3.3.4 Teletekniske rom.....	7
3.4 KONSEKVENSER.....	8
3.4.1 Togtrafikken .....	8
<b>4. BEHOVSANALYSE</b> .....	<b>8</b>
4.1 GENERELT.....	8
4.2 DAGENS BEHOV.....	9
4.3 FREMTIDIG BEHOV .....	9
<b>5. ALTERNATIVE LØSNINGER</b> .....	<b>9</b>
5.1 GENERELT.....	9
5.2 RADIOLINJE .....	10
5.2.1 Generelt .....	10
5.2.2 Anleggsbeskrivelse.....	10
5.2.3 Vurdering .....	11
5.2.4 Kostnader.....	11
5.3 FIBER I KANAL .....	13
5.3.1 Generelt .....	13
5.3.2 Anleggsbeskrivelse.....	13
5.3.3 Vurdering .....	14
5.3.4 Kostnader.....	14
5.4 FIBER I KANAL OG KONTAKTLEDNINGSMAST.....	16
5.4.1 Generelt .....	16
5.4.2 Anleggsbeskrivelse.....	17
5.4.3 Vurdering .....	17
5.4.4 Kostnader.....	18
5.5 OPPGRADERING AV EKSISTERENDE SAMBANDSANLEGG .....	20
5.5.1 Generelt .....	20
5.5.2 Anleggsbeskrivelse.....	20
5.5.3 Målinger på sambandsanlegget .....	20
5.5.4 Forslag til konkrete tiltak.....	21
5.5.5 Vurdering .....	21
5.5.6 Kostnader.....	21
<b>6. DRIFT OG VEDLIKEHOLDKOSTNADER</b> .....	<b>23</b>
<b>7. VURDERING OG ANBEFALING</b> .....	<b>23</b>
7.1 VURDERING .....	23
7.2 ANBEFALING .....	25



## **1. KONKLUSJON**

For å dekke behovene til et sambandsanlegg for Ofotbanen, både for eksisterende trafikk og for fremtidig trafikk med 30t aksellast, anbefaler prosjektgruppa at alternativet med fiber i kontaktledningsmaster velges. Med bruk av fiber vil vi kunne unngå de aller fleste av problemene som eksisterer på sambandsanlegget i dag. Anbefalingen er gjort ut fra en helhetlig vurdering der hensynet til kvalitet, tilgjengelighet og kapasitet er vurdert. En fiberløsningen vil dekke behovene både for eksisterende og framtidig sambandstrafikk på Ofotbanen og alternativet er fleksibilitet med tanke på endringer og utvidelser. Valget av opphenging i kontaktledningsmaster i stedet for bruk av kanal er først og fremst et økonomisk spørsmål.

## **2. INNLEDNING**

### **2.1 Bakgrunn**

Som en del av et større prosjekt for modernisering av Ofotbanen har Baneregion Nord gitt NSB Bane Ingeniørtjenesten i oppgave vurdere sambandsanleggene for signal og tele på strekningen. Prosjektet er kalt "Sambandsanlegg Ofotbanen". Prosjektet skal klarlegge dagens problemer på strekningen og ende opp i en hovedplan som anbefaler løsninger for dagens- og fremtidige sambandsanlegg for signal og tele. Hovedplanen skal benyttes som innspill til Norsk Jernbaneplan 1998-2001.

Bakgrunnen for prosjektet er de problemer som eksisterer på strekningen med støy og driftsforstyrrelser på samband og som igjen fører til problemer for togtrafikken. Støyen og driftsforstyrrelsene i samband er sterkt avhengig av utmatet strøm på kontaktledningsanlegget. Det kjøres i dag lange og tunge malmtog og ARE-tog (Artic Rail Express) som gir store strømforbruk.

Bakgrunnen for moderniseringsprosjektet er at LKAB har satt krav til rasjonalisering av driften av malmtrafikken. NSB og Banverket har derfor startet et samarbeidsprosjekt for å kunne tilby mer effektiv transport i fremtiden. For å øke effektiviteten på malmtrafikken er det planer om å øke antall vogner i togstammen fra 52 til 68, øke akseltrykket fra 25 tonn til 30 tonn og øke fyllingsgraden av vogner fra 94% til 98%. Dette gir malmtog som vil ha enda større strømforbruk, noe som vil få konsekvenser for sambandsanlegg for signal og tele.

I tillegg ser man for seg muligheten for at ARE-prosjektet vil ekspandere fra 2 tog i uka til 2 tog pr. dag om noen år. Dette er også tog som gir støy og driftsforstyrrelser på samband.

Se vedlegg 1 for kart over Ofotbanen.

## **2.2 Mål**

På bakgrunn av planutredningen ble det plukket ut fire alternativer som man ønsket å få vurdert nærmere i hovedplanen. Planen har som mål å beskrive de fire alternativer som ble valgt, vurdere disse og anbefale en teknisk løsning som kan dekke behovene til et sambandsanlegg på Ofotbanen. Løsningen skal dekke behovene til et sambandsanlegg på Ofotbanen i dagens situasjon og samtidig ta høyde for utvidelser for å tilfredsstille sambandsbehov i fremtiden. De ulike alternativene vil bli vurdert opp mot hverandre både teknisk og økonomisk.

## **2.3 Forutsetninger**

Kapitlene om problemanalyse, behovsanalyse og alternative løsninger er alle beskrevet på et overordnet nivå. Kostnader er oppgitt med  $\pm 20\%$  usikkerhet og basert på enhetspriser.

For alternativet med radiolinje er det usikkert om kostnadene holder seg innenfor  $\pm 20\%$ . Dette kommer av usikkerheten som er knyttet til antall basestasjoner. En basestasjon ekstra plassert utenfor jernbanetraseen vil øke kostnadene ut over de  $\pm 20\%$  som ligger inne som usikkerhet i en hovedplan. Dette kan ikke avklares uten at det foretas målinger på strekningen og vil derfor ikke inngå her.

Vurdering av miljøkonsekvenser er i denne hovedplanen på et meget overordnet nivå. Elektriske anlegg og sambandsanlegg gir i seg selv meget liten påvirkning på miljøet. Det vil imidlertid variere noe med valg av sambandsløsning.

Nytte-/kostnadsanalyser er ikke med i hovedplanen da det er trukket opp i det overliggende prosjektet som ser på moderniseringen av Ofotbanen.

For alternativet "Oppgradering av dagens anlegg" ligger det til grunn en mer detaljert analyse enn for de andre alternativene, med både målinger, beregninger og konkrete vurderinger. Tiltakene er derfor beskrevet på et mer detaljert nivå enn hovedplanen forutsetter.

# **3. PROBLEMANALYSE**

## **3.1 Generelt**

Problemanalysen vil på et overordnet nivå klarlegge og beskrive problemene for sambandsanleggene på strekningen, vurdere en del av årsakene til de ulike problemene og se hvilke konsekvenser dette har medført. Problemanalysen i denne rapporten vil ikke gå i detalj på enkeltproblemer men har som mål å klarlegge problemstillinger knyttet til de ulike alternativene.

Det benyttes relebaserte sikringsanlegg på strekningen. Samband til disse er ikke mye utsatt for støy og problemene knyttet til dette er minimale. Disse sambandene vil derfor ikke bli vurdert nærmere i denne hovedplanen.



## 3.2 Problemer

### 3.2.1 Støy på sambandsanlegg

Sambandsanleggene på Ofofbanen ser ut til å være mere utsatt for støy en tilsvarende anlegg på andre strekninger i NSB. Problemene er så store og alvorlige at de er helt uakseptable for et moderne sambandsanlegg i 1996. Problemene består i at støy, industert og direktekoblet, forstyrrer samband slik at det kan få konsekvenser for togtrafikken på strekningen. Problemer med å fjernstyre kontaktledningsbryterne fordi støy forstyrrer sambandet er et konkret eksempel på problematikken. Flere andre samband er i perioder vanskelige å få til å fungere som de skal.

Det som er spesielt vanskelig med strekningen, er at forholdene skifter så fort og sambandsanlegget ser ut til å være meget følsomt og meget ustabil.

## 3.3 Årsaker

### 3.3.1 Kabelanleggenes utforming

Langlinjekabler er spesielt utsatt for induksjon fra kontaktledningsanlegget på grunn av lengden av parallellføringer. På Ofofbanen ligger det to langlinjekabler av type METF på strekningen Narvik - Bjørnfjell og en kabel av samme type på strekningen Bjørnfjell - Riksgrensen.

På strekningen Narvik - Straumsnes ligger kablene stort sett i kabelkanal. Resten av banen er kablene stort sett lagt i grøft men også kortere strekninger i kabelkanal av betong eller tre. I tunneler på strekningen Katterat - Bjørnfjell ligger kablene i trekanal som henger på veggen ca. en meter over skinnekant.

På strekninger hvor kabelen ligger i kanal er det i utgangspunktet liten eller ingen avledning til jord for kabelen. På grunn av vanskelige grunnforhold på det meste av strekningen (mye fjell), har kabelen høy overgangsmotstand til jord også der den ligger i grøft. Det betyr at METF-kabelen ikke vil fungere slik den er tenkt.

Kabelen har halvledende kappe og er beregnet på å ha kontinuerlig avledning til jord ved å ligge nedgravd i bakken. Kontinuerlig avledning til jord og ikke kontakt med ledende gjenstander koblet til skinnejord, er det viktigste for at METF skal fungere og motvirke støyproblemer på samband.

For å bedre jordingsforholdene til kabelen jobbes det med å punktjorde kabelen for hver 1400m (i spolepunktene) og i tillegg forbinde armeringer over alle skjøter.

Lokalkabler i teleanlegget er lite utsatt for induksjoner da de er forholdsvis korte. Så lenge lokale kabler er korrekt utført vil disse ikke skape problemer i denne sammenheng og de vil ikke bli vurdert nærmere.

Samband til sikringsanlegget som ikke går i telekablene, går i egne signalkabler. De er også utsatt for de samme problemer som telekabler. Sambandene på disse kablene er ikke så utsatt for støy. Kablene er seksjonert slik at industerte spenninger ikke har muligheten til å bygge seg opp over lengre avstander og problemene blir mindre.

### **3.3.2 Kontaktledningsanleggets utforming**

Fra Rombak omformer blir strekningen forsynt til seks ulike punkter med mateledninger. Returstrømmene bruker skinnegangen for komme tilbake til omformerer. Retur fra LKAB-område går også tilbake til Rombak. Infrastrukturen til LKAB er utenfor NSB's kontroll.

Se vedlegg 2 for oversikt over mateledningene på Ofotbanen.

På stasjonene Rombak og Bjørnfjell er det bygget forbigangsledning, ellers på strekningen blir skinnegangen benyttet som retur. Forbigangsledning har en gunstig effekt da den er med på å redusere induserte spenninger i kabelen og dermed reduserer støyen.

Skinneforbindere til kontaktledningsmaster og andre gjenstander som skal være jordet til skinnegangen, skaper problemer fordi de har en tendens til å løsne. Grunnen til dette er at det benyttes en spesiell stålqualität i skinnene på Ofotbanen for å tåle den tunge trafikken. Dette gjør det vanskelig å borre i dem. Skinnejordinger må derfor PIN-loddes til skinnene. Det er Problemer med å få disse PIN-loddingene til å holde. De ser ut til å løsne av vibrasjoner fra togene. Svakstrømspersonalet på Ofotbanen har erfaringer med at når skinneforbindelser løsner, så går returstrømmer i telekabelen og skaper stor problemer for ulike samband. Løse skinneforbindere er et meget stort problem på Ofotbanen og sambandsanlegget er meget følsomt for disse hendelsene.

### **3.3.3 Induksjon på sambandsanlegg**

Trafikken på Ofotbanen består i hovedsak av malmtog og godstog. Dette er tog med mange vogner og stor last som krever stor trekkraft. Det benyttes EL15-, DM-, RM- og RC-lokomotiv til denne trafikken.

Støyproblemene kommer av spenninger som induseres inn på kabelen fra kontaktledningsanlegget. RC- og RM-lokomotiv er tyristorstyrte og det benyttes effektregulatorer. Det viser seg at bruken av effektregulatorer skaper overharmoniske komponenter av grunnfrekvensen i kontaktledningsstrømmen. Disse komponentene kan endre størrelsen på støykomponentene som induseres inn på sambandslinjene radikalt. Mengden av overharmonisk støy ser ut til å kunne varieres mellom ulike lokomotivtyper. Det er også observert at lokomotiv av samme type kan gi ulik støypåvirkning på telekablene. Kombinasjoner av spesielle lokomotivtyper og belastningen på lokomotivene kan føre til en svært ugunstig støysituasjon på sambandsanleggene.

Det viser seg at støyen er sterkt avhengig av innmatet strøm på kontaktledningsanlegget. Dette medfører at større og tyngre tog som krever større strømforbruk, gir større forstyrrelser på sambandsanleggene.

I tillegg til støyproblemene på strekningen er det meget sannsynlig at gjeldende krav til berøringsfarlige spenninger ikke blir overholdt. Det er ikke dokumenterte undersøkelser angående dette på Ofotbanen, men erfaringer fra Ofotbanen og andre anlegg i NSB skulle tilsi at dette er tilfelle. Det er meget viktig av hensyn til personalets sikkerhet at også dette blir vurdert i forbindelse med gjennomgangen av sambandsanlegget på strekningen.

### **3.3.4 Teletekniske rom**

For å hindre driftsforstyrrelser på sambandsanlegg er det også viktig at de teletekniske rom er korrekt utført med hensyn på jording, vern og skilletransformatorer.



På Ofotbanen har man kommet fram til en god løsning for jording av teletekniske rom på stasjonene. En mulig svakhet er at mantel/armering på innkommende og utgående langlinjekabler er tatt inn på jordskinnen inne i bygget ved hjelp av en egne uskjermede jordledere. Det kan skape forstyrrelser på andre kabler som er innført parallelt da induserte og vagabonderende strømmer i mantel/armering blir trukket inn i telerommet. Mantel/armering i innkommende og utgående kabel bør i tillegg forbindes utenfor bygget. Denne svakheten ved selve innføringen vurderer vi til å ha svært liten betydning i forhold til de andre problemområdene nevnt i foregående kapitler.

### **3.4 Konsekvenser**

#### **3.4.1 Togtrafikken**

Problemer som eksisterer med sambandsanlegget har konsekvenser for togtrafikken på Ofotbanen. Det er satt krav til at det ikke skal kjøres to "Olivintog" på strekningen samtidig og "Olivintog" skal heller ikke kjøres med tyristorstyrt RM/RC-lokomotivkombinasjon og RC/RC-lokomotivkombinasjon da de er spesielt problematiske med hensyn på støy i sambandsanleggene.

Det er også slik at når tog starter opp fra Narvik Stasjon, så er lokførerne pålagt å akselerere mer forsiktig enn det kontakledningsanlegget skulle tilsi for at strømtrekket ikke skal bli for stort og sambandsanleggene får driftsproblemer.

Konsekvensen av den rasjonaliseringen som nå er foreslått, blir en økning i antall vogner og akseltrykk pr. vogn. Dette vil kreve større trekraft og vil føre til økt utmatet strøm på kontaktledningsanlegget. Konsekvensen blir økte krav til sambandsanlegget på strekningen da induserte spenninger inn på sambandsanlegget vil øke.

De mekaniske påkjenningene på banelegemet blir større. PIN-loddingene i forbindelse med skinneforbinderne blir mer utsatt. Ved brudd på skinneforbindere vil større strømmer finne veien inn i telekabelen.

Dagens sambandsanlegg har store problemer med å fungere slik anlegget er i dag og vil sannsynligvis få store problemer med å fungere under de nye forutsetningene. Det kan vi si med utgangspunkt i de problemer som eksisterer på strekningen i dag og den forventede økning i strømforbruket. Driftsforstyrrelsene på sambandsanlegget vil øke med de konsekvenser det får for togtrafikken.

## **4. BEHOVSANALYSE**

### **4.1 Generelt**

Det er to typer behov som må analyseres og som de skisserte alternative løsninger må ta hensyn til i denne hovedplanen:

- \* Det må klarlegges hvilke tiltak som skal iverksettes for å forbedre sambandsanlegget med utgangspunkt i dagens trafikk på Ofotbanen.
- \* Det må klarlegges hvilke tiltak som må iverksettes for å forbedre sambandsanlegget for den trafikk som kommer etter en eventuell rasjonalisering av malmtrafikken.

## **4.2 Dagens behov**

Det er behov for forbedring av sambandsanlegget på Ofotbanen for å opprettholde og gjennomføre dagens sambandstrafikk på strekningen. Sambandssystemene skal fungere uavhengig av trafikkavviklingen på banen.

De problemer med støy og driftsforstyrrelser som eksisterer på sambandsanlegget i dag er ikke akseptable da de har konsekvenser for togtrafikken på strekningen. Kravet er et sambandsanlegg uten støyproblemer og uten driftsforstyrrelser under normale trafikkforhold. Med dette menes det at sambandsanlegget ikke skal være en begrensende faktor for togtrafikken. Sambandsanlegget skal fungere problemfritt med de togtyper, lokomotivkombinasjoner, antall tog samtidig på linja og størrelse på togstammen som man ønsker å bruke.

For å oppnå dette må man første se om det er mulig å gjøre en oppgradering av dagens kabelanlegg. Hvis det viser seg vanskelig må man vurdere andre løsninger.

## **4.3 Fremtidig behov**

Det vil være nødvendig å forbedre sambandsanlegget på Ofotbanen for å utvikle fremtidig sambandstrafikk på strekningen. Sambandene skal fungere slik at de ikke påvirker fremtidig trafikkavviklingen av tog på banen.

De problemer med støy og driftsforstyrrelser som eksisterer på sambandsanlegget i dag vil bli ytterligere forsterket på grunn av økt strømforbruk ved kjøring av lengre og tyngre tog. Kravet er et sambandsanlegg uten støyproblemer og som ikke har driftsforstyrrelser under normale trafikkforhold. Med dette menes det at sambandsanlegget ikke skal være en begrensende faktor for togtrafikken. Sambandsanlegget skal fungere problemfritt med de togtyper, lokomotivkombinasjoner, antall tog samtidig på linja og størrelse på togstammen som man ønsker å bruke.

I neste jernbaneplan planlegges det innført nytt elektronisk CTC- og sikringsanlegg på Ofotbanen. Disse nye systemene vil sannsynligvis trenge større kapasitet i sambandsanlegget og vil være mere utsatt for støy en dagens relebaserte anlegg. Dette er et behov som også må dekkes.

# **5. ALTERNATIVE LØSNINGER**

## **5.1 Generelt**

Det ble i planutredningen skissert tre mulige konsepter som kunne løse dagens og fremtidens behov for sambandsanlegg for Ofotbanen. Konseptene var som følger:

- Sambandsanlegg basert på radiolinje.
- Sambandsanlegg basert på fiber.
- Oppgradering av eksisterende anlegg.

Under disse konseptene fantes det en rekke alternative løsningsforslag. På grunnlag av planutredningen ble det besluttet å utrede fire alternativer nærmere i hovedplanen. Alternativene ble valgt delvis ut fra kostnadsmessige hensyn men også med tanke på at de må være fremtidsrettede, driftsikre og fleksible. Alternativet med oppgradering av dagens anlegg er først og fremst knyttet mot å ivareta dagens behov. Alternativene i hovedplanen er utredet etter ønske fra oppdragsgiver, Bane Region Nord og er som følger:



- Sambandsanlegg basert på radiolinje.
- Sambandsanlegg basert på etablering av fiberkabel i kanal langs sporet.
- Sambandsanlegg basert på en kombinasjon av fiberkabel i eksisterende kanal og opphengt i kontaktledningsmaster.
- Oppgradering av eksisterende kobberkabelbaserte sambandsanlegg.

Nedenfor er de fire ulike alternativer beskrevet nærmere med en kort anleggsbeskrivelse, vurdering og kostnader.

## 5.2 Radiolinje

### 5.2.1 Generelt

Alternativet baserer seg på ni linkstasjoner på strekningen fra Narvik til Bjørnfjell hvor syv kan benytte eksisterende infrastruktur.

Det er usikkert om det er mulig å etablere sambandet med det antall basestasjoner som er skissert. Dette kan ikke avklares uten at det gjøres målinger på strekningen. Etablering av en eller flere ekstra linkstasjoner utenfor jernbanetraseen vil trekke totalkostnadene kraftig opp. Det gjør at kostnadsoverslaget for dette alternativet kan ligge utenfor de  $\pm 20\%$  som skal være på hovedplannivå.

Løsningen med radiolinje er et alternativ utenfor jernbanetraseen. Dette gir f.eks. muligheter for å etablere redundans i nettet i kombinasjons med eksisterende kabler.

### 5.2.2 Anleggsbeskrivelse

Alternativet er basert på radiolinje bestående av linkantenner ved hver stasjon på banen og to steder på nordsiden av Rombaksfjorden. Basestasjoner plasseres ved Narvik, Øyjord, Straumsnes, Solbakken, Rombak, Ulvelandet, Katterat, Haugfjell og Bjørnfjell. Kommunikasjon mellom stasjonene vil gå i rette strekk over radiolinje. Det må være tilnærmet fri sikt mellom sender mottager i et linksamband.

Stasjonene Solbakken og Ulvelandet (485 m.o.h.) kan ikke benytte eksisterende togradio infrastruktur og må bygges. Etablering av linkstasjon ved Solbakken blir stående nær bebyggelse med innlagt 230V. Etablering av strømforsyning bør være en grei sak. Den andre linkstasjonen ved Ulvelandet blir stående på 485 m.o.h. mellom Rombak og Katterat og ca. 300 m fra jernbanetraseen. Dette er langt fra nærmeste bebyggelse og i ulendt terreng og det må gjøres en befaring for å avklare om det er mulig å framføre strømforsyning dit hvis dette alternativet skulle bli aktuelt. Miljøkonsekvensene bør også vurderes nærmere. Det er knyttet store kostnader til fremføringen av strømforsyning til linkbaser i terrenget. Linkantenner plassert på Øyjord benytter eksisterende infrastruktur

Lokale forbindelser mellom stasjon og utstyr langs sporet vil gå i eksisterende kobberkabel. Det betyr at dagens sambandsanlegg også må oppgraderes.

Se vedlegg 3 for skisse av radiolinjealternativet.

### 5.2.3 Vurdering

Et sambandssystem basert på radiolinje kan tilfredsstille kravene til kvalitet, tilgjengelighet og kapasitet ut fra dagens behov. En radiolinjeløsning er ikke like fleksibel som f.eks. fiber når

det gjelder senere utvidelser. Normalt må store deler av utstyret skiftes ut eller det må suppleres med nye linkforbindelser med tilstrekkelig kapasitet.

Det er en del andre forhold å ta hensyn til når det gjelder driftssikkerhet på radiolinje enn på andre sambandsanlegg. Radiolinje er ikke utsatt for brudd på kabler ved avsporinger eller andre uhell langs sporet slik som kabelbaserte sambandsanlegg. Imidlertid kan drift og vedlikehold på basestasjoner som ligger langt fra nærmeste vei skape problemer, spesielt på vinteren.

En ulempe med dette alternativet er at det kreves konsesjon for å etablere det. NSB har tidligere dårlig erfaring med konsesjonssøknader som ofte har blitt avslått. En eventuell senere utvidelse krever ny konsesjonssøknad. En annen ulempe er store kostnader til fremføring av strømforsyning til nye linker som blir stående utenfor jernbanetraseen og kostnader til drift og vedlikehold av disse.

Fordelen er at vi får et sambandsanlegg som ikke er avhengig av støyutsatte lange kabelforbindelser som blir påvirket fra kontaktledningsanlegget. Radiolinja er også fysisk adskilt fra hendelser som måtte oppstå langs sporet. Sambandet kan i stor grad benytte eksisterende infrastruktur for togradio.

Linken er avhengig av fri sikt mellom stasjonen og er så følsom at f.eks. regnvær og tåke kan påvirke kvaliteten.

Usikkerheten ligger først og fremst i antall basestasjoner som må benyttes. Uten målinger på strekningen er det usikkert om det antallet basestasjoner som er brukt i alternativet er tilstrekkelig.

#### 5.2.4 Kostnader

Kostnadsoverslaget bygger på priser innhentet fra Ericsson A/S og erfaringstall fra Ingeniørtjenesten. Overslaget er basert på en 8Mbit link som går fra Narvik via alle stasjonene til Bjørnfjell. Infrastruktur for to nye linkantenner etableres utenfor jernbanetraseen. Det er forutsatt at dagens togradio infrastruktur (master og hytter) kan benyttes.

#### Enhetspriser

Prisene på linkutstyr er innhentet fra Ericsson A/S oktober 95.

Materiell og arbeid	Enhetspriser
Mini-link 26-C 8Mbit 1+1 konfigur.	190.000 pr. stk.
Batterier likeretter	7000 pr. base
Anleggskostnader ca 10% av inv.	20.000 pr.base

Her er anleggskostnadene kun montering av utstyr.

Kostnadene til bygging av kiosk og strømforsyning ut i terrenget m/ 230V strømforsyning er anslått ut fra tidligere prosjekter internt hos Ingeniørtjenesten.

Materiell og arbeid	Enhetspriser



Radiohytte (som for togradio)	50.000 pr. stk.
Anleggskostnader radiohytter (en radiohytte i ulendt terreng).	ca 20.000 pr.stk
Radiomast 30m	30.000 pr. stk.
Anleggskostnader radiomaster (en mast i ulendt terreng).	ca.15.000 pr. stk
Kraftforsyning 230V Luftstrek	EX 100,-/m Stolper 2000,-/stk
Anleggskostnader kraftforsyning i svært ulendt terreng.	225 kr pr. m

Totalkostnader

Basert på enhetskostnadene over blir totale investeringskostnader for en radiolinjeløsning bestående av:

- 9 linkstasjoner hvorav 7 inngår i dagens togradio og to må bygges.
- 400m luftstrek bestående av EX-hengeledning stolper.
- Anleggskostnader for montering av alt utstyr.

Kostnadene blir sterkt påvirket av antallet basestasjoner, inkludert strømforsyning, som må etableres utenfor jernbanetraseen. Hvis målinger viser at det er nødvendig med flere linkstasjoner i terrenget utenfor jernbanetraseen vil det sannsynligvis øke kostnadene så mye at forutsetningene for hovedplan med  $\pm 20\%$  ikke holder.

Materiell og arbeid	Pris pr. enhet	Antall	Totalpris pr. utstyr
Mini-link 26-C 8Mbit 1+1 konfig.	190.000 stk.	15	2850000
Batterier likeretter	7000 pr. base	9	63000
Anleggskostnader ca 10% av inv.	20.000	9	180000
Radiohytte (som for togradio)	50.000 pr. stk.	2	100000
Anleggskostnader radiohytter	ca 20.000 pr.stk	2	40000
Radiomast 30m	30.000 pr. stk.	2	60000
Anleggskostnader radiomaster (en av mastene i ulendt terreng).	ca.15.000 pr. stk	2	30000
Kraftforsyning 230V Luftstrek		400m	60000
Anleggskostnader kraftforsyning i svært ulendt terreng.		for 400m	90000
<b>Totalt for radiolinjeløsning</b>			<b>3 473 000</b>
<b>Tot.for radiolinjeløsn. inkl. 16.1% invest. avg.</b>			<b>4 032 153</b>



## 5.3 Fiber i kanal

### 5.3.1 Generelt

Alternativet baserer seg på at det legges kabelkanal på hele strekningen Narvik - Riksgrensen. På deler av strekningen eksisterer det kabelkanal i dag. Disse benyttes som de er.

Fiberkabel lagt i kanal er det sikreste med hensyn på fysisk beskyttelse av kablene langs sporet. Dette er imidlertid også det dyreste alternativet da det er etablering av kabelkanal som trekker totalkostnaden opp.

Den største usikkerheten er knyttet til kostnadene. Ofotbanen har et vanskelig terreng for etablering av kabelkanaler slik at erfaringstall brukt fra andre vanskelige strekninger i NSB kanskje ikke er like realistiske. Dessuten er lengdene på eksisterende kanaler noe usikre.

### 5.3.2 Anleggsbeskrivelse

Det etableres et anlegg bestående av fiberkabler fra Narvik til Riksgrensen, via alle stasjonene på strekningen. Fiberen forberedes for avgrensning til omformerer, blokkposter, radiokiosker og eventuelt andre knutepunkter for utstyr langs sporet. Anlegget kan da senere bygges ut for et nett med fiber ut til alle endepunkter etter system fra "Nytt kabelnettkonsept" [1].

#### Kanaler

Det eksisterer ca. 15 km med kabelkanal på strekningen i dag. Dette er ikke 15 km sammenhengende kanal, men spredt på flere kortere strekninger bl.a. over stasjonsområdene.

Det må derfor etableres ca. 28 km med ny kabelkanal på strekningen. Kabelkanaler av ikke brennbar materiale bør benyttes, helst betongkanaler. Trekanaler bør i utgangspunktet ikke benyttes. Et alternativ til betongkanaler kan være støpte glassfiberkanaler. Disse krever samme grunnarbeid som for betongkanaler, er dyrere i innkjøp men rimeligere å legge slik at total anleggspris blir omtrent den samme. De tåler forholdsvis store fysiske påkjenninger, men er selvsagt ikke av samme styrke som betongkanaler. Man kan bl.a. ikke kjøre over dem med større maskiner. Egner seg kanskje spesielt i skjæringer og tunneler.

Alternativet med fiber i kanal baserer seg på at det skal brukes kobberkabel lokalt ut til blokkposter, radiokiosker og omformerer. På de strekninger hvor det må etableres ny kabelkanal må det tas hensyn til at en del av eksisterende METF kan komme i konflikt med byggingen av kabelkanalen og at ny kabel må legges. Lengden på kobberkabel som må legges ny er vanskelig å anslå og bestemmes av om deler av denne kan bli liggende under kanalen. METF kan av jordingsmessige forhold ikke legges opp i kanalen.

#### Kabel

Som kabel benyttes metallfri fiberkabel (kanalkabel) og eventuell ny kobber langlinjekabel skal være av type METE, med isolerende ytterkappe for bruk i kanaler. Fiberkabelen legges klar for terminering etter "Nytt kabelnettkonsept".

#### Transmisjon

Transmisjonsutstyr på strekningen kan dekke dagens behov med et 8 Mb/s system. For muligheter til kapasitetsøkning litt frem i tid bør også 34 Mb/s vurderes. Hvis vi ser på 155 Mb/s SDH er prisene på dette sammenlignbart med 140 Mb/s PDH-utstyr.

Som aksessutstyr til et 8 Mb/s system kan dagens PCM-MUX benyttes. Dette har imidlertid begrensninger på mulige grensesnitt som kan benyttes. Nytt aksessutstyr bør derfor vurderes.

Det er usikkert om batterikapasiteten på dagens back-up for PCM-utstyr er stor nok til å dekke nytt transmisjonsutstyr.

### **5.3.3 Vurdering**

Det å bygge kabelkanal langs hele strekningen er det absolutt dyreste alternativet. Dette er imidlertid den beste forleggingsmetoden for kabler langs sporet da kabelen ligger fysisk beskyttet mot påvirkninger.

Et sambandsanlegg basert på fiber tilfredsstillende både dagens behov og fremtidige behov med hensyn på pålitelighet, kvalitet og kapasitet. Et transmisjonssystem basert på fiber er relativt enkelt å installere og bygger på velprøvd teknologi. Fordelen med fiberalternativene er at kabelen ikke blir påvirket av magnetfelder fra kontaktledningsanlegget eller reurstrømmer på avveier og har store muligheter for senere kapasitetsøkninger.

### **5.3.4 Kostnader.**

#### Enhetspriser

Prisen på kabel er hentet fra ABB Norsk Kabel AS og anleggskostnader er erfaringstall.

Materiell og arbeid	Enhetspriser
QXAE G12 metallfri kabel	kr 41 pr. m
Anleggskostnader m/kanal	kr 500 pr. m

Prisene på utstyr er hentet fra Ericsson og arbeidskostnadene er erfaringstall.

Materiell og arbeid	Enhetspriser
8 Mb/s system endestasjon	kr 35.000 pr. st.
8 Mb/s system stasjon på linja	kr 50.000 pr. st.
34 Mb/s system endestasjon	kr 55.000 pr. st.
34 Mb/s system stasjon på linja	kr 80.000 pr. st.
140/155 Mb/s system endestasjon	kr 85.000 pr. st.
140/155 Mb/s system stasjon på linja	kr 105.000 pr. st.
Aksesskort (tale og data)	kr 45.000 pr. st.
Batterianlegg	kr 25.000 pr. st.
Stativ/skap m/kraftfordeling	kr 17.000 pr. st.
Arbeid (50 x 350)	kr 17.500 pr. st.

#### Totalkostnader

Totalkostnadene er først og fremst knyttet til valg av anleggsform hvor kanalen gjør størst utslag. Alternativet baserer seg på bruk av fiberkabel i langlinjenettet og kobberkabel for lokalsamband. Det betyr at kostnader for et nett med fiber ut til alle endepunkter etter system fra "Nytt kabelnettkonsept" ikke er vurdert her.

Det er skilt på kostnader til utstyr på endestasjon som har en retning og stasjon på linja som har to retninger.

I beregninger av totalkostnadene er det benyttet betongkanaler og 12 fiber metallfri kanalkabel. Kostnader til ny langlinjekabel METE i kanal er ikke beregnet. Som transmisjonsutstyr har vi valgt 8 Mb/s systemer som er en absolutt minimumsløsning. Det er heller ikke tatt med kostnader til nye aksessmultipleksere. Kostnader til nytt backup utstyr er inkludert i overslaget. Kostnader for 140 Mbit/s system i stedet for 8 Mbit/s system gir en økning i totalkostnadene for alternativet med under 2%.

Det er knyttet en viss usikkerhet til lengden på eksisterende kanal på strekningen. Endringer her får store utslag på kostnadene.



Basert på enhetskostnadene over blir totale investeringskostnader for alternativet med kabelkanaler som følger:

Materiell og arbeid	Pris pr. enhet	Antall	Totalpris pr. utstyr
QXAE G12 metallfri kabel	kr 41 pr. m	43000 m	1763000
8 Mb/s system endestasjon	kr 35.000 pr. st.	2 stk	70000
8 Mb/s system stasjon på linja	kr 50.000 pr. st.	3 stk	150000
Aksesskort (tale og data)	kr 45.000 pr. st.	5 stk	225000
Batterianlegg	kr 25.000 pr. st.	5 stk	125000
Stativ/skap m/kraftfordeling	kr 17.000 pr. st.	5 stk	85000
Anleggsk. fiber i eksisterend kanal	kr 40 pr. m	15000 m	600000
Anleggskostnader ny betongkanal inkludert legging av tre kabler	kr 500 pr. m	28000 m	14000000
Arbeidskostnader transmisjon	kr 17.500 pr. st.	5 stk	87500
Totalt for fiberløsning kabelkanaler			17 105 500
Totalt inkl. invest.kostnad 16.1%			19 859 486

## 5.4 Fiber i kanal og kontaktledningsmast

### 5.4.1 Generelt

Alternativet baserer seg på en kombinasjon av fiber i eksisterende kabalkanal og oppheng i kontaktledningsmaster der det ikke eksisterer kabelkanal på strekningen Narvik - Riksgrensen. Eksisterende kanal benyttes som de er.

På strekninger hvor det ikke er kanal henges fiberen i kontaktledningsmastene. Fiberkabel som luftkabel er mere utsatt enn kabel som ligger i kanal, men erfaringer fra NSB og andre tilsier at også dette er et anlegg som fungerer bra. Kostnadmessig er dette alternativet mye rimeligere enn å legge nye kanaler.

Forutsetningen for dette alternativet er at man kommer frem til at et luftanlegg vil greie de vanskelige forholdene som eksisterer langs Ofotbanen med vær og vind, ising og stor belastning på strekningen i form av mange tunge tog. Fiberkabel i kontaktledningsmastene kan være utsatt for nedringing.



### **5.4.2 Anleggsbeskrivelse**

#### Kanaler

Det eksisterer ca. 15 km med kabelkanal på strekningen i dag. Dette er ikke 15 km sammenhengende kanal, men spredt på flere kortere strekninger bl.a. over stasjonsområdene. Ny fiberkabel legges i eksisterende kanal på strekninger med over 1 km sammenhengende lengde. Kortere strekninger med kabelkanal benyttes ikke da det innebærer for mange skjøter og ned-/opp føringer av fiberkabelen. Det forutsettes at ca. 10 km av eksisterende kanal kan benyttes.

#### Luftanlegg

Det må installeres ca. 33 km luftkabel på strekningen. Fiber som luftkabel på kontaktledningsmastene er en anleggsmetode som NSB har erfaring med på flere strekninger bl.a. Østfoldbanen og Gjøvikbanen. Imidlertid er ingen av disse luftkabelanleggene plassert i terreng med så harde klimatiske forhold som på Ofotbanen, men de erfaringene NSB har, er gode. For å høre andres erfaringer med denne anleggstypen har vi vært i kontakt med Oslo energi. De har ikke hatt problemer og er fornøyd med sine anlegg som består av opphenging av fiberkabel i høyspentmaster i Hallingdalen. Dette er den billigste anleggsmetoden for fiberkabel i trase langs jernbanen.

#### Kabel

Det benyttes metallfri luftkabel for installasjon på stolper med 0,7mm (eventuelt 0,9mm) FRP bæreline. Som kanalkabel benyttes metallfri fiberkabel. Fiberkabelen legges klar for terminering etter "Nytt kabelnettkonsept".

#### Transmisjon

Transmisjonsutstyr på strekningen kan dekke dagens behov med et 8 Mb/s system. For muligheter til kapasitetsøkning litt frem i tid bør også 34 Mb/s vurderes. Hvis vi ser på 155 Mb/s SDH er prisene på dette sammenlignbart med 140 Mb/s PDH-utstyr.

Som aksessutstyr til et 8 Mb/s system kan dagens PCM-MUX benyttes. Dette har imidlertid begrensninger på mulige grensesnitt som kan benyttes. Nytt aksessutstyr bør derfor vurderes.

Det er usikkert om batterikapasiteten på dagens back-up for PCM-utstyr er stor nok til å dekke nytt transmisjonsutstyr.

### **5.4.3 Vurdering**

Fiber i kontaktledningsmaster er et rimelig alternativ for å få et fiberkabelanlegg etablert langs sporet. Fiberen er imidlertid mere utsatt for fysiske påvirkninger enn om den ligger i kanal, men erfaringer fra andre strekninger i NSB er gode. Tøffere fysiske forhold på strekningen bør imidlertid med i vurderingene for et luftanlegg.

Et sambandsanlegg basert på fiber tilfredsstillende både dagens behov og fremtidige behov med hensyn på pålitelighet, kvalitet og kapasitet. Et transmisjonssystem basert på fiber er relativt enkelt å installere og bygger på velprøvd teknologi. Fordelen med fiberalternativene er at kabelen ikke blir påvirket av magnetfelder fra kontaktledningsanlegget og har store muligheter for senere kapasitetsøkninger.

#### 5.4.4 Kostnader

##### Enhetspriser

Prisene på kabel er hentet fra ABB Norsk Kabel AS og anleggskostnader er erfaringstall.

Materiell og arbeid	Enhetspriser
QXAE G12 metallfri kanalkabel	kr 41 pr. m
QEWE G12 metallfri luftkabel	kr 68 pr. m
Anleggskostnader kanalkabel	kr 40 pr. m
Anleggskostnader luftkabel	kr 80 pr. m

Prisene på utstyr er hentet fra Ericsson og arbeidskostnadene er erfaringstall.

Materiell og arbeid	Enhetspriser
8 Mb/s system endestasjon	kr 35.000 pr. st.
8 Mb/s system stasjon på linja	kr 50.000 pr. st.
34 Mb/s system endestasjon	kr 55.000 pr. st.
34 Mb/s system stasjon på linja	kr 80.000 pr. st.
140/155 Mb/s system endestasjon	kr 85.000 pr. st.
140/155 Mb/s system stasjon på linja	kr 105.000 pr. st.
Aksesskort (tale og data)	kr 45.000 pr. st.
Batterianlegg	kr 25.000 pr. st.
Stativ/skap m/kraftfordeling	kr 17.000 pr. st.
Arbeid (50 x 350)	kr 17.500 pr. st.

##### Totalkostnader

Totalkostnadene er først og fremst knyttet til valg av anleggsform for fiberkabelen, luft og eksisterende kanal. Alternativet baserer seg på bruk av fiberkabel i langlinjenettet og kobberkabel for lokalsamband. Det betyr at kostnader for et nett med fiber ut til alle endepunkter etter system fra "Nytt kabelnettkonsept" ikke er vurdert her.

Det er skilt på kostnader til utstyr på endestasjon som har en retning og stasjon på linja som har to retninger.

I beregninger av totalkostnadene er det forutsatt 12 fiber kanalkabel på 10 km av strekningen hvor anleggskostnadene dekker legging i eksisterende kanal. På de resterende 33 km er det beregnet 12 fiber luftkabel og anleggskostnader til installasjon i kontaktledningsmastene. Som transmisjonsutstyr har vi valgt 8 Mb/s systemer som er en absolutt minimumsløsning. Det er heller ikke tatt med kostnader til nye aksessmultipleksere. Kostnader til nytt backup utstyr er inkludert i overslaget. Kostnader for 140 Mbit/s system i stedet for 8 Mbit/s system gir en økning i totalkostnadene for alternativet med under 4%.

Det er usikkert om 10 km av eksisterende kabelkanal kan benyttes i kombinasjon med luftanlegg. Endring her vil gjøre utslag på kostnadene.

Basert på enhetskostnadene over blir totale investeringskostnader for alternativet med kombinasjon av eksisterende kabelkanaler og luftanlegg som følger:

Materiell og arbeid	Pris pr. enhet	Antall	Totalpris pr. utstyr
QXAE G12	kr 41 pr. m	10000 m	410000
QEWE G12 FRP-7mm selvbærende kabel	kr 68 pr. m	33000 m	2244000
8 Mb/s system endestasjon	kr 35.000 pr. st.	2 stk	70000
8 Mb/s system stasjon på linja	kr 50.000 pr. st.	3 stk	150000
Aksesskort (tale og data)	kr 45.000 pr. st.	5 stk	225000
Batterianlegg	kr 25.000 pr. st.	5 stk	125000
Stativ/skap m/kraftfordeling	kr 17.000 pr. st.	5 stk	85000
Anleggskostnader kanalkabel	kr 40 pr. m	10000 m	400000
Anleggskostnader luftkabel	kr 80 pr. m	33000 m	2640000
Arbeidskostnader transmisjon	kr 17.500 pr. st.	5 stk	87500
<b>Totalt for fiberløsning alt. 1</b>			<b>6 436 500</b>
<b>Totalt inkl. invest.kostnad 16.1%</b>			<b>7 472 777</b>



## **5.5 Oppgradering av eksisterende sambandsanlegg**

### **5.5.1 Generelt**

Alternativet baserer seg på oppgradering av dagens kobberkabelanlegg og vil innebære at det meste av langlinjekablene fra begynnelsen av 80-tallet beholdes.

Det vil være nødvendig med omfattende støydempende tiltak som jording, skjerming og vurdering av mer støytolerante typer sambandsutstyr.

Kapasiteten på anlegget kan økes noe ved å benytte høyereordens PCM, eventuelt flere 1. ordens PCM.

Kostnadmessig kan dette alternativet ikke sammenlignes med de andre. Effekten av de tiltak som blir foreslått er meget begrenset med hensyn til kvalitet, kapasitet og tilgjengelighet. Mange av tiltakene er allerede utført på deler av anlegget.

### **5.5.2 Anleggsbeskrivelse**

Eksisterende sambandsanlegg på strekningen består av kobberkabler langs sporet og infrastruktur for togradio og vedlikeholdsradio. Kablene er både lokal- og fjern- kabler for overføring av signal og telesamband.

Se vedlegg 4 for en oversikt over dagens langlinjekabler.

### **5.5.3 Målinger på sambandsanlegget**

For å kunne vurdere mulige tiltak på sambandsanlegget ble det foretatt målinger på noen sambandslinjer på Ofotbanen. Målingene ble foretatt i Desember. Bearbeidingen av målingene er slutført og en fullstendig rapport fra disse er vedlagt se vedlegg 5.

#### **Konklusjon:**

De målingene som er foretatt viser at:

- Telelinjene i sambandsanlegget er utsatt for betydelige støypoblemer slik anlegget er i dag.
- Støyen er sterkt avhengig av strømtrekket.
- Målingene avdekker støy innenfor hele det hørbare området og med store variasjoner over tid.
- Overharmoniske fra KL-anlegget dominerer i den nedre del av det hørbare området.
- Støyens frekvensspekter tyder på at det ikke bare er overharmoniske direkte fra kontaktledningsanlegget og lokomotivene som er årsaken.
- Målingene tyder på at langlinjekablens evne til å skjerme mot støy (Reduksjonsfaktor) er avhengig av strømforbruket på banen. Dette har sannsynligvis sammenheng med vagabonderende strømmer i kabelens mantel.

### **5.5.4 Forslag til konkrete tiltak**

Eksisterende punktjordinger av telekabelen (METF) bør gås over og måles for å kontrollere at man har lav overgangsmotstand i alle jordingspunkter. Hvis overgangsmotstanden er for høy, bør jordingene forbedres. Der kabelen ikke er jordet for hver 700m bør dette gjøres, med liten overgangsmotstand til jord. Lav overgangsmotstand til jord er en viktig faktor for at kabelen skal fungere. Dette er imidlertid meget vanskelig å oppnå lav overgangsmotstand til jord i den topografien som er på strekningen.



Jording av lokalkabler og inntak av kabler i bygg bør også gås gjennom for å vurdere om de er gode nok.

Bygging av returledning vil generelt ikke løse problemene med støy og forstyrrelser på sambandsanlegget. På Ofotbanen er det et spesielt mateledningssystem som gjør at bygging av returledning med sugetransformatorer ikke vil fungere da mateledningen ikke går langs sporet. Bygging av forbigangsledning på stasjonsområdene vil imidlertid kunne hjelpe noe. På stasjonsområdet er det koblet impedanser og en del utstyr i sporet som gir skinnegangen større motstand. Hvis det er montert forbigangsledning over området koblet til i hver ende av stasjonen, vil det meste av returstrømmen gå i denne. Dette kan være med å forhindre at returstrømmen kobler seg inn i telekabelen og induksjonen minker på området.

Ved å redusere antall brudd på skinneforbindere, vil det være mulig å redusere problemene med sambandene på strekningen noe. Det bør det gjøres en undersøkelse av mulige alternativer til PIN-loddinger av skinneforbinderne.

#### **5.5.5 Vurdering**

Sambandsanlegg vil muligens kunne forbedres noe med enkelte tiltak, men fordi de foreslåtte tiltakene allerede i dag delvis er utført, vil effekten av gjenstående arbeider bli mindre. Det er vanskelig å se at disse tiltakene kan gi et sambandsanlegg som er forskjellig fra dagens med hensyn til de problemene som man har i dag. For fremtidig trafikk med 30t aksellast, vil problemene bare øke.

Et hovedproblem er de dårlige jordingsforholdene for kablene på strekningen. Det er svært vanskelig å etablere jordelektroder med lav overgangsmotstand i fjell. Dette gjør kablene utsatt for innstrålt støy fra kontaktledningsanlegget og for vagabonderende strømmer fra brudd og avledning i kontaktledningsanleggets returkrets.

Under normal drift av banen oppstår det brudd i skinneforbindere uten at dette blir oppdaget. Bruddene får ofte ingen merkbare konsekvenser for selve kontaktledningsanlegget. PIN-loddede skinneforbindere løser ved de store fysiske belastningene på banen. Tunge og lange tog, snøbrøyting og vedlikeholdsarbeid av sporet fører til slike brudd. Dette er forhold utenfor kontroll til de som skal drive sambandsanlegget.

Kombinasjonen mellom dårlige jordingsforhold, store returstrømmer i skinnene og tilfeldige brudd i skinneforbindere, gjør det kabelbaserte sambandsanlegget utsatt for feil og fører til redusert driftssikkerhet.

#### **5.5.6 Kostnader**

Kostnaden for oppgradering er beregnet ut fra punktjording av langlinjekabelen for hver 700m. Det er tatt med diverse kostnader for å gå over eksisterende jordinger av langlinjekabler og lokalkabler og se på eventuelle tiltak i og rundt inntak til bygg.

Det er bygget forbigangsledning på stasjonsområdet på Rombak og Bjørnfjell. Dette bør gjøres også på Narvik, Straumsnes og Katterat. På Ofotbanen er det kontaktledningsmaster av stål og vi antar at disse kan benyttes uten endringer til å henge opp forbigangsledningen.

#### Enhetspriser

Prisene er erfaringstall.

Materiell og arbeid	Enhetspriser
Materiell til punktjording	kr 500 pr. pkt
Arbeid med punktjording	kr 4000 pr. pkt
Diverse arbeid	kr 100.000

Prisene er erfaringstall.

Materiell og arbeid	Enhetspriser
Bygging av forbigangsledning inkl. ledning, isolatorer, festejern og nedføringer	kr 140.000 pr. km

#### Totalkostnader

Basert på enhetskostnadene over blir totale investeringskostnader for en oppgradering av eksisterende sambandsanlegg som følger:

Jording av eksisterende sambandsanlegg.

Materiell og arbeid	Pris pr. enhet	Antall	Totalpris pr. utstyr
Materiell til punktjording	kr 500 pr. pkt	60 pkt	30000
Arbeid med punktjording	kr 4.000 pr. pkt	60 pkt	240000
Diverse arbeid	kr 100.000		100000
Totalt for jordinger			370 000
Totalt inkl. invest.kostnad 16.1%			429 570

Bygging av forbigangsledning på strekningen.

Materiell og arbeid	Pris pr. enhet	Antall	Totalpris pr. utstyr
Bygging av returledning inkl. ledning, isolatorer, festejern og nedføringer	kr 140.000 pr. km	3 km	420000
Totalt for returledning			420 000
Totalt inkl. invest.kostnad 16.1%			487 620



Det er viktig å være klar over at alternativet med oppgradering av eksisterende anlegg ikke kan sammenlignes med de andre alternativene. Kostnadene er lave, men man kan ikke oppnå de ønskede resultater med hensyn på kvalitet, kapasitet og tilgjengelighet.

## **6. DRIFT OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER**

Vedlikeholdskostnader vil variere med valg av alternativ og eventuelt med kombinasjoner av ulike alternativer. Erfaringsmessig er det langt lavere vedlikeholdskostnader på et fiberbasert sambandsanlegg enn et kobberbasert. Vedlikeholdskostnadene på radiolinje vil variere kraftig med antall linkstasjoner som må stå langt fra jernbanetraseen, og om de blir stående i bratt og ulendt terreng. På vinteren kan f.eks helikopter være eneste alternativ som framkomstmiddel til en linkstasjon, noe som vil påvirke kostnadene til drift og vedlikehold for dette alternativet ganske mye.

Kostnader for å forsøke å holde kontaktledningsanleggets returstrømkrets med alle skinneforbinderne i orden vil være en viktig vurdering når kostnader til drift og vedlikehold for dagens sambandsanlegg skal vurderes.

## **7. VURDERING OG ANBEFALING**

### **7.1 Vurdering**

Fiberalternativene vil kunne oppfylle de krav som bør stilles til et moderne sambandsanlegg med hensyn på kvalitet, tilgjengelighet og kapasitet. Kapasiteten på 8 Mbit/s system kan byttes ut med 34 eller 140 Mbit/s uten at totalkostnadene øker mere enn 1% til 3% avhengig av alternativ. Oppgradering av 8 Mbit/s systemet på et senere tidspunkt er forholdsvis greit.

Når det gjelder radiolinjealternativet, er det litt mere usikkert. Kapasiteten på 8Mbit/s som er foreslått i denne hovedplanen kan vise seg å være for liten for framtidige behov. Alternativet er ikke fleksibelt med hensyn på oppgradering til høyere hastigheter på et senere tidspunkt. Det er også vanskelig å si noe sikkert med hensyn på kvalitet og tilgjengelighet med de linkstasjoner som er foreslått før det blir utført målinger på strekningen.

Så lenge fiberalternativene ikke skal bygges ut etter prinsippet med avgrensning til alle stasjoner, blokkposter, omformere og radiokiosker (nytt kabelnettkonsept) er det viktig å være klar over at fortsatt bruk av eksisterende sambandsanlegg til lokal kommunikasjon er nødvendig. Radiolinjealternativet er også avhengig av eksisterende anlegg så lenge det ikke skal kombineres med fiber som forbindelse mellom stasjoner. Foreslått oppgradering av eksisterende anlegg bør derfor gjennomføres uansett valg av alternativ.

Etablering av fiberkabel i kanal er den beste forleggingsmetoden med tanke på beskyttelse av kabelen. Totalkostnadene blir imidlertid så høye at for samme prisen kan det være mulig å etablere fiber i to ulike traseer ved å benytte kontaktledningsmaster og fremføre den sammen med mateledningen. Kombinasjonen fiber i kontaktledningsmaster kombinert med radiolinje

blir enda rimeligere kostnadsmessig. Dette er løsninger som vil gi store muligheter med hensyn på tilgjengelighet og fleksibilitet.

Fremføring på mateledningsmaster kan være sammenlignbart teknisk og økonomisk med bruk av kontaktledningsmaster. Det er flere grunner til at bruk av mateledningene ikke har blitt vurdert som alternativ i denne hovedplanen. Mateledningssystemet på Ofofbanen er gammelt og vi vil anta at visse forbedringer må gjøres hvis det skal benyttes til fremføring av fiber. Dessuten går mateledningene i trasè utenfor jernbanen slik at etableringen av et lokalt fibernet etter prinsipp med nytt kabelnettkonsept, ikke lar seg gjøre. Spinning av fiber på høyspentledninger har ikke blitt den vanlige anleggsmetoden som man antok for noen år siden. En av grunnene til det kan være at man ser for seg en konflikt ved drift av et slikt anlegg. Brudd på høyspentlinjen vil gi brudd på fibersamband og ved skjøting av høyspentlinja vil fiberen være "i veien".

Redundans er viktig for å oppnå høy tilgjengelighet i sambandsanlegget. Man kan ha flere varianter av redundans i nettet. Reruting av samband i samme trasè er en mulighet. En annen mulighet er rerutingen av samband i en annen trasè. Reruting i en annen trasè krever ekstra mye på en strekning som Ofofbanen hvor det ikke er naturlige ringer i sambandsanlegget langs jernbanen. Behovet for redundans er imidlertid ikke noe mindre enn andre steder. Banen trafikkeres av tunge tog med mange vogner og f.eks. en avsporing kan få stor konsekvenser for sambandsanlegget. Redundans i nettet vil være avgjørende for den tilgjengeligheten som kan tilbys og vil være med å opprettholde regulariteten i togtrafikken

Oppgradering av eksisterende sambandsanlegg vil etter vår vurdering ikke kunne tilfredsstille de kravene som bør gjelde for et sambandsanlegg på Ofofbanen med hensyn på kvalitet, tilgjengelighet og kapasitet. Dette gjelder både dagens situasjon og fremtidig situasjon med 30t aksellast. Prismessig ser imidlertid dette alternativet gunstig ut, og anlegget kan forbedres noe med de tiltakene som er foreslått. Det er viktig å være klar over at alternativet med oppgradering av eksisterende anlegg ikke kan sammenlignes med de andre alternativene. Kostnadene er lave, men man kan ikke oppnå de ønskede resultater med hensyn på kvalitet, kapasitet og tilgjengelighet.

Simuleringer av strømmen i kontaktledningsanlegget på Ofofbanen er utført. Se [2]. Simuleringene viser at strømmene vil øke betydelig ved en framtidig situasjon med 30t aksellast. En slik økning vil øke problemene for sambandsanlegget.

Simuleringene viser at fremtidige middelveier ( $t > 10$ min) er høyere enn dagens målte toppverdier. Ved dagens målte toppverdier, se vedlegg 5, er det store driftsforstyrrelser i sambandsanlegget.

Simuleringene viser ingen endringer i toppverdiene ( $t < 5$ min) i dagens kontra framtidig kontaktledningsanlegg. For detaljer og forutsetninger for simuleringene, se "Simuleringsrapport" [2].

Det er viktig å være klar over de problemer som kan oppstå når det innføres nytt CTC- og elektronisk sikringsanlegg på strekningen, hvis sambandsanlegget ikke blir oppgradert. Med de problemene som eksisterer på sambandsanlegget i dag kan konsekvensene for togtrafikken bli enda større.



## **7.2 Anbefaling**

For å dekke behovene til et sambandsanlegg for Ofotbanen, både for eksisterende trafikk og for fremtidig trafikk med 30t aksellast, anbefaler prosjektgruppa at alternativet med fiber i kontaktledningsmaster velges. Med bruk av fiber vil vi kunne unngå de aller fleste av problemene som eksisterer på sambandsanlegget i dag. Anbefalingen er gjort ut fra en helhetlig vurdering der hensynet til kvalitet, tilgjengelighet og kapasitet er vurdert. En fiberløsningen vil dekke behovene både for eksisterende og framtidig sambandstrafikk på Ofotbanen og alternativet er fleksibilitet med tanke på endringer og utvidelser. Valget av opphenging i kontaktledningsmaster i stedet for bruk av kanal er først og fremst et økonomisk spørsmål.

### Referanser

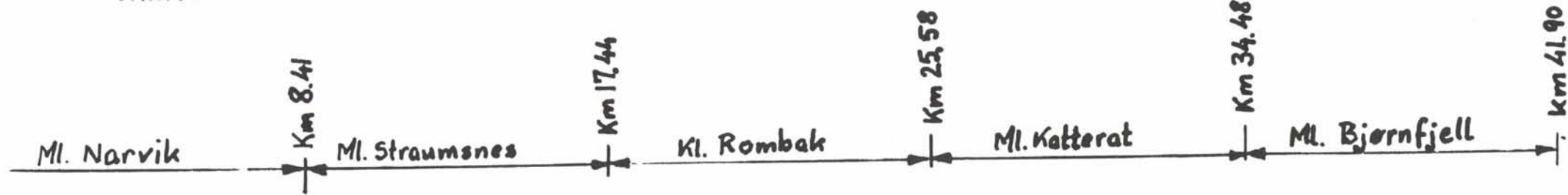
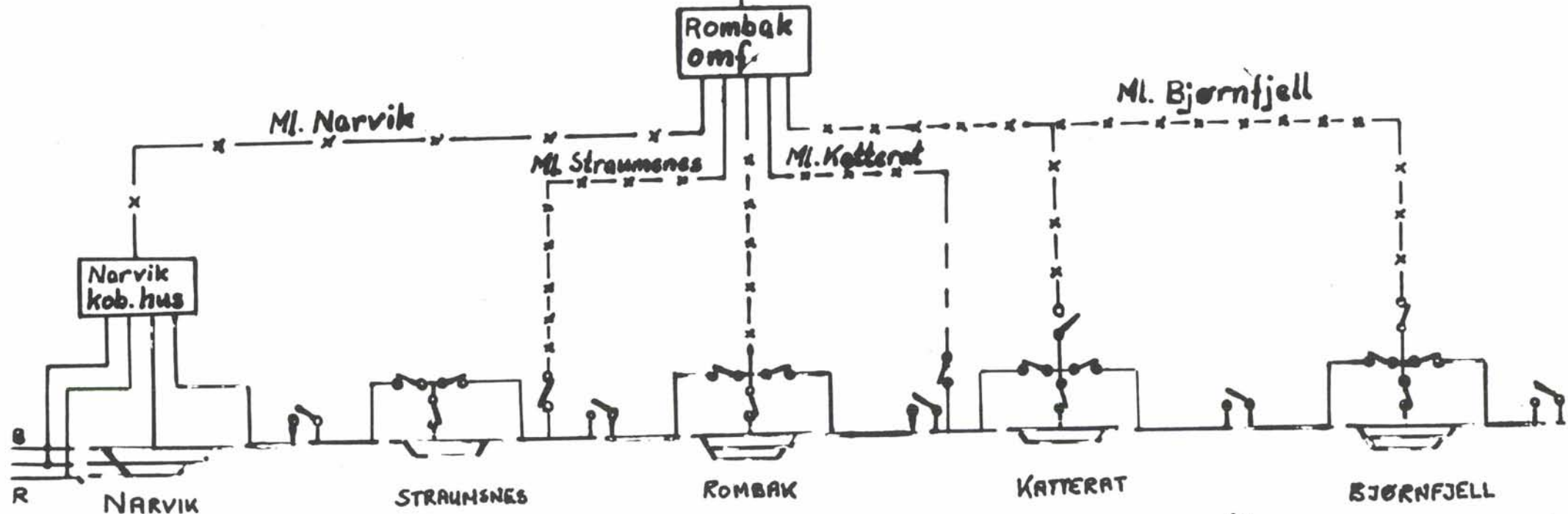
- [1] "Nytt kabelnettkonsept for NSB - fiber i lokalnettet". NSB Bane Ingeniørtjenesten 1993
- [2] "Simuleringsrapport Ofofbanen". NSB Bane Ingeniørtjenesten 1996

Vedlegg



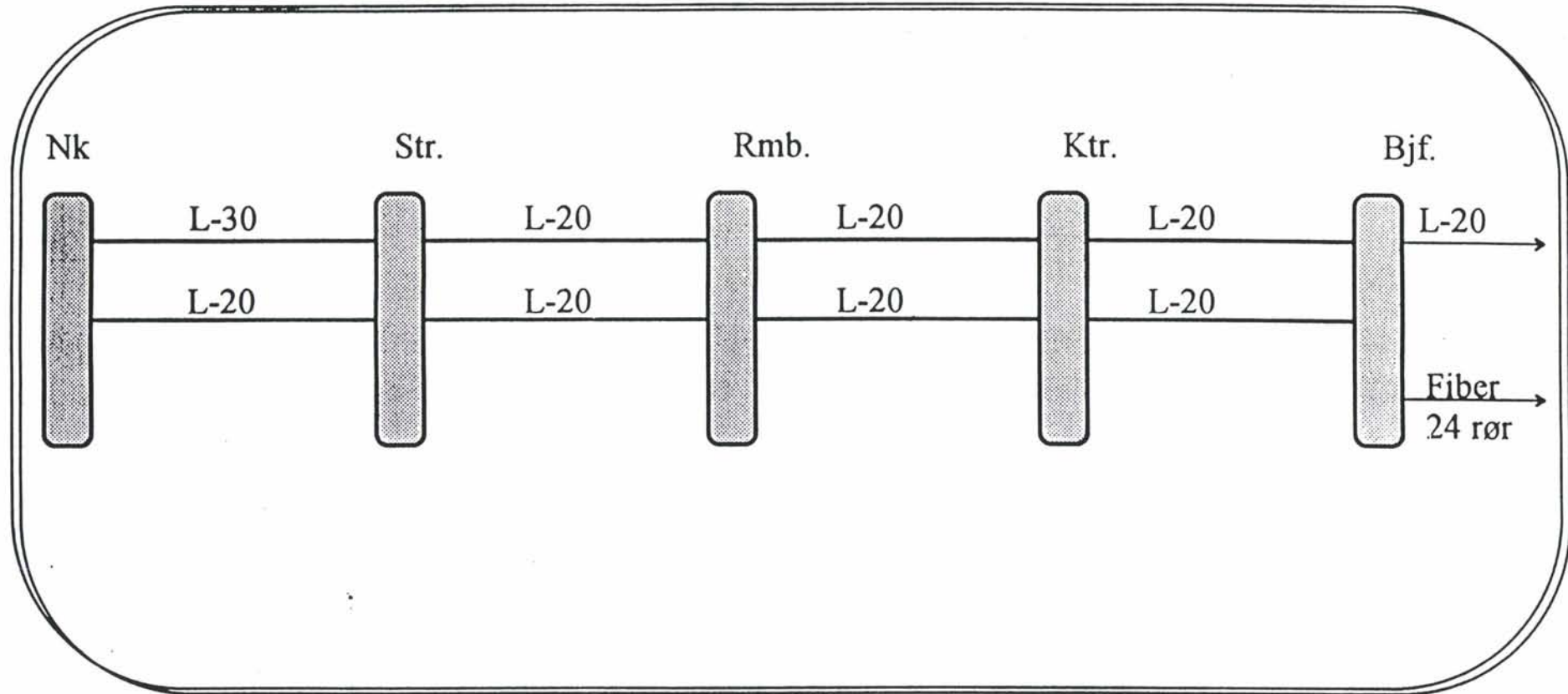
132 kv linje Sørnes-Tornet 110 kV

VEDLEGG 2



# Sambandskabler Narvik - Riksgrensen

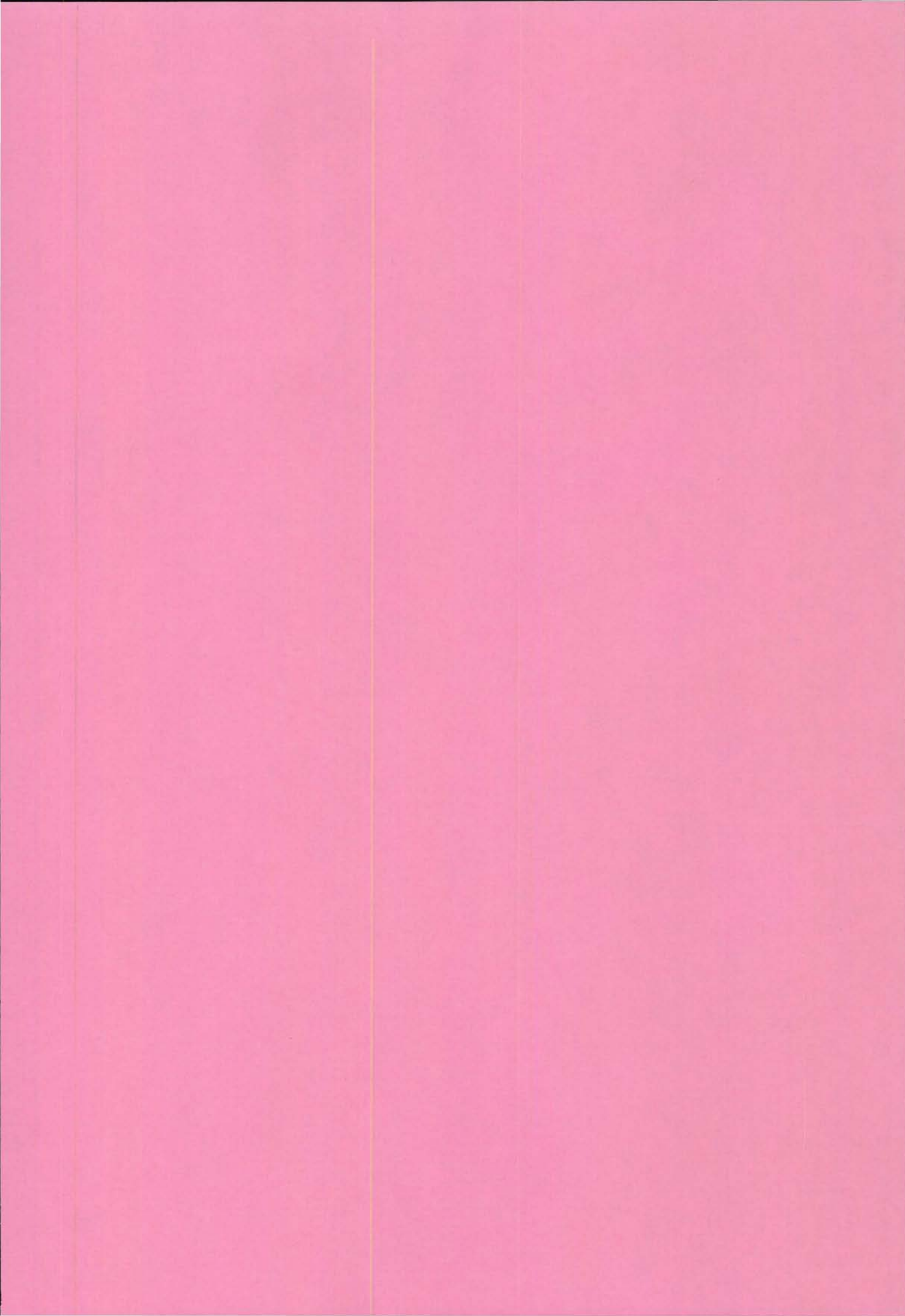
VEDLEGG 4



**VEDLEGG 5:**

Rapport fra målinger på sambandslinjene på Ofotbanen.





Oppdragsgiver: **NSB Bane Region Nord**

Prosjekt: **Sambandsanlegg Ofotbanen  
Støymålinger - Analyse**

Rapport nr.: 1  
Dato: 09.04.1996

---

**Rapporten omhandler (stikkord):**

Målinger av støy på telekablene på Ofotbanen samt presentasjon og analyse av måleresultater.

**For NSB Bane, Ingeniørtjenesten**

Prosjektansvarlig:

  
Bjørn Halvorsen

Prosjektleder:

  
Per-Ole Sætren

Rapport utarbeidet av:

  
Per-Ole Sætren

Dato for siste revisjon: 09.04.96  
Revisjons nr.: 01  
Antall sider: 15

Dokumentkontrollside

Oppdragsgiver: Baneregion Nord							
Prosjektbeskr.: Sambandsanlegg Ofotbanen							
Prosjektnr.: 195055							
Dokumenttittel: Sambandsanlegg Ofotbanen, støymålinger - analyse						Dokument nr.:	
Utarbeidet av : Per-Ole Sætren						Sign <i>POS</i>	
Skal kontrolleres av:	Kontrolltype	Rev. 01		Rev. 02		Rev.	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
SL	Helhetsvurdering	09.04.96	BH				
PL	Språk	07.04.96	POS				
PL	Logisk oppbygging /disposisjon	07.07.16	POS				
SL	Teknisk: - faglig - tverrfaglig	09.04.96	BH				
PL	Presentasjonsform	07.04.96	POS				
PL	Kopieringen er kontrollert(sign original)						
Generelle kommentarer:							
Dokument godkjent for utsendelse		Dato 9/4-96		Sign. <i>Bjørn Halvorsen</i>			



# Innholdsfortegnelse

1. KONKLUSJON.....	4
2. INNLEDNING .....	4
2.1 BAKGRUNN .....	4
2.2 MAL.....	4
2.3 FORUTSETNINGER .....	4
3. KABELBASERTE SAMBAND.....	4
3.1 TELEFONLINJER .....	5
3.2 BÆREFREKVENS .....	5
3.3 PCM 2MBit SAMBAND .....	5
4. STØYKILDER OG KOPLINGSMEKANISMER.....	5
4.1 VURDERING: .....	5
4.1.1 Induktiv kopling .....	6
4.1.2 Galvanisk kopling .....	6
4.1.3 De viktigste koplingsmekanismene er: .....	6
5. MÅLINGER .....	6
5.1 HVA ØNSKES MÅLT .....	6
5.2 PLANLEGGING AV MÅLINGER .....	7
5.2.1 Sambandstyper .....	7
5.2.2 Valg av målepunkter.....	7
5.3 MÅLERESULTATER .....	8
5.3.1 Togruter - dagsordre .....	8
5.3.2 Utmatet strøm .....	8
5.3.3 Telefonlinje.....	8
5.3.4 PCM.....	9
5.4 VURDERING/OPPSUMMERING.....	9

## 1. KONKLUSJON

De målingene som er foretatt viser at telelinjene i sambandsanlegget er utsatt for betydelige støyproblemer slik anlegget er i dag. Støyen er sterkt avhengig av strømtrekket. Målingene avdekker støy innenfor hele det hørbare området og med store variasjoner over tid. Overharmoniske fra KL-anlegget dominerer i den nedre del av det hørbare området. Støyens frekvensspekter tyder på at det ikke bare er overharmoniske direkte fra kontaktledningsanlegget og lokomotivene som er årsaken. Målingene tyder videre på at langlinjekablenes evne til å skjerme mot støy (Reduksjonsfaktor) er avhengig av strømforbruket på banen. Dette har sannsynligvis sammenheng med vagabonderende strømmer i kabelens mantel.

## 2. INNLEDNING

### 2.1 Bakgrunn

Under utarbeidelsen av hovedplan for sambandsanlegg Ofofbanen er oppgradering av eksisterende kabelbaserte sambandsanlegg et alternativ. Vi ønsker å vurdere om det er mulig å foreta en oppgradering av eksisterende anlegg. Anlegget må etter oppgraderingen tilfredsstillende dagens og fremtidige krav til sambandsanlegget som gitt i [1] og [2]. Vi ønsker og at målingene skal gi informasjon om hvilke tiltak som eventuelt bør iverksettes.

### 2.2 Mål

Støymålingene må gi svar på:

Hvilke type støy finnes på de aktuelle sambandene.

Hva er sannsynlig årsak til en eventuell støy.

### 2.3 Forutsetninger

På Ofofbanen er det flere typer samband. Av de er alle unntatt radioforbindelsene kabelbaserte. Det er ikke meldt om støy på radiolinje forbindelsene. Støy på radiolinje forbindelsene vil ikke bli behandlet i denne rapporten. Rapporten vil konsentrere seg om en analyse av støy på de kabelbaserte sambandsanleggene.

Endeutstyret (modemer, bærefrekvens, PCM osv) som brukes på strekningen er tilsvarende det som brukes forøvrig i NSB. Det er foretatt undersøkelser av selve utstyret og oppkoplingen av dette av regionens personell i Narvik. Det er ikke funnet feil som kan forklare sambandsproblemene som eksisterer i dag. Mulighetene for utskifting av endeutstyret til typer som er mer støytolerante blir ikke vurdert i denne rapporten.

Det forutsettes at de pupiniserte telefonlinjene er forskriftsmessig pupinisert og at anlegget er prosjektert og bygget i henhold til [1].

## 3. KABELBASERTE SAMBAND

Det er tre hovedtyper kabelbaserte samband på Ofofbanen.

- Telefonlinjer
- Bærefrekvenssamband

- 2Mbit PCM

### **3.1 Telefonlinjer**

På telefonlinjene går det rene talesamband og flere typer modemforbindelser. Utstyret som blir benyttet i ved modemforbindelsene er i utgangspunktet beregnet for signalering på en standard telefonlinje. Dette betyr at hvis telefonlinjen overholder kravene fastsatt i [1] og ikke er utsatt for støy skal sambandet fungere normalt.

### **3.2 Bærefrekvens**

Bærefrekvenssambandet går på upupiniserte par i kablene. Hver telefonlinje (talekanal) er modulert sammen med en bærefrekvens. Talekanalene blir på denne måten plassert ved siden av hverandre i frekvensbandet. Bærefrekvenssambandet benytter en mye større båndbredde på hvert par i telekablene til overføring av informasjon.

### **3.3 PCM 2Mbit samband**

PCM er et digitalt transmisjonssystem. Systemet benytter et upupinisert par i telekablene. Signalleringen er i form av HDB3 -kode og nivået på signalene skal i følge [1] ikke overstige 0 dBm.

## **4. STØYKILDER OG KOPLINGSMEKANISMER**

I utgangspunktet har vi tre hoved koplingsmekanismer mellom en mulig støykilde og et offer.

- Kapasitiv kopling
- Induktiv kopling
- Galvanisk kopling

#### **Kapasitiv kopling:**

Det er alltid en viss kapasitans mellom strømførende ledere (kontaktledningen), og telekablene langs sporet. Ved raske potensialforandringer på kontaktledningen, vil kapasitansen mellom dem utgjøre en koplingsvei for et "støysignal".

#### **Induktiv kopling:**

Strømførende ledninger i f.eks. kraftforsyningsanlegg og kontaktledningsanlegg er opphav til magnetiske felter. Feltene induserer spenninger i nærliggende kabler som kan forstyrre signalene på disse.

#### **Galvanisk kopling:**

Denne koplingsmekanismen består i hovedsak av at returstrømmer eller jordstrømmer på avveie passerer samme impedans som nyttesignalet og at spenningsfallet forårsaket av dette adderes vektorielt til nyttesignalet.

### **4.1 Vurdering:**

Alle tre hovedmekanismene alene eller kombinasjoner av disse kan være årsak ved et konkret støyproblem / en feilsituasjon. I vårt tilfelle dreier det seg om støy på godt skjermede kabler forlagt i kanaler og i jord. Det er lite sannsynlig at kapasitive koplingsfenomener er av betydning for støybildet på telekablene.



De koplingsmekanismene som har betydning i dette tilfellet er direkte induksjon på grunn av felter fra kontaktledningen og returstrømkretsen samt galvanisk kopling på grunn av returstrømmer på avveie i bakken og i kabelskjermene.

#### **4.1.1 Induktiv kopling**

Direkte induksjon får vi ved at magnetiske felter rundt kontaktledningsanlegget inducerer langsspenninger i kommunikasjonskablene langs sporet. Ved å punktjorde kablene blir dette redusert.

Reduksjonen oppnås fordi at strømmen som går i skjermen når denne er jordet inducerer spenninger som er motsatt rettet av de som er direkte induisert. Betingelsene for å oppnå god skjermvirkning er at overgangsmotstanden mot jord i jordingspunktene er lav slik at den induserte strømmen blir størst mulig.

På Ofofbanen er det på grunn av grunnforholdene vanskelig å oppnå lav overgangsmotstand på jordelektrodene. Fjellgrunn og nedboring av elektroder gir svært kostbare jordelektrodeanlegg.

Ved punktjording av kabelskjermene til kommunikasjonskablene vil det gå en strøm i disse. Strømmen som går i kabelskjermen er avhengig av hvor liten overgangsmotstand som kan oppnås mot jord. Denne er motsatt rettet av den strømmen som inducerer (støykilden). På grunn av gjensidig induktans mellom skjerm og ledere i kommunikasjonskablene blir det induisert en spenning som er motsatt rettet

#### **4.1.2 Galvanisk kopling**

Returstrømmer på avveie følger erfaringsmessig ofte kabler (bedre ledere enn fjell) som ligger langs sporet. Dette fører til at det går en strøm i kabelskjermen. Kabelskjermene på NSBs kabler er dimensjonert for å tåle betydelige strømmer uten å ta mekanisk/termisk skade av dette. Når det går returstrømmer i kabelskjermene vil det likevel på grunn av den gjensidige induktansen mellom ledere og skjerm bli induisert langsspenninger på parene i kablene. Vagabonderende strømmer kan erfaringsmessig bli langt større enn induserte strømmer. Dette gjelder spesielt ved feil i returstrømkretsen noe som ofte inntreffer på Ofofbanen.

#### **4.1.3 De viktigste koplingsmekanismene er:**

- Direkte induksjon på grunn av felter fra kontaktledning og retustrømkrets.
- Induksjon på grunn av vagabonderende strømmer som passerer i kabelskjermene.

## **5. MÅLINGER**

### **5.1 Hva ønskes målt**

Målingene skulle tallfeste støynivået på sambandsanleggene på Ofofbanen samt bekrefte sammenhengen mellom strømtrekk og de observerte problemene med sambandssystemene. Ved store strømtrekk blir talekvaliteten på telefonlinjene svært dårlig og PCM sambandet faller ofte ut for en kort periode. Kommunikasjon via modemforbindelser over par i kablene blir også umulig. Problemene har ut fra tidligere målinger en nær sammenheng med returstrømkretsens tilstand. Reparasjon av

skinneforbindere har tidligere ført til store forbedringer i tilgjengeligheten på sambandsanlegget.

## **5.2 Planlegging av målinger**

### **5.2.1 Sambandstyper**

Bærefrekvens (BF) -sambandet var ikke operativt på måletidspunktet og det ble derfor ikke foretatt målinger på dette. BF blir derfor ikke omhandlet i dette kapitlet.

#### Telefonlinje:

På en telefonlinje er det uønskede signaler innenfor det hørbare området som er mest interessante å måle. Signaler som er utenfor det hørbare området kan og være interessante hvis de kan føre til driftsforstyrrelser på utstyret tilkople linjen dvs. uten at signalene er direkte hørbare.

Signalstyrken og frekvensspekteret til signalet bør måles. For å se eventuelle sammenhenger mellom støyens amplitude/frekvensspekter og utmatet kontaktledningsstrøm bør målingene strekke seg over et tidsrom. Utmatet strøm måles samtidig.

Telefonlinjer over lengre distanser (langlinje) er vanligvis pupinisert. En normal telefonlinje har et signalnivå på 0dBm dvs 1mW og en karakteristisk impedans på 600Ω. Dette tilsvarer en spenning på ca. 0.78V.

#### 2Mbit PCM

Dette sender ut data som er HDB3-kodet med en hastighet av 2Mbit/s. Signalleringsnivået er i størrelsesorden 0dBm. Det er usikkert hvor i frekvensbåndet nyttesignalet ligger dette må undersøkes vha. målingene. Målingene må tallfeste støynivået i det samme frekvensbåndet som nyttesignalet. Her er strømvhengige endringer i bakgrunnsstøyen i frekvensbåndet til nyttesignalet av spesiell interesse.

### **5.2.2 Valg av målepunkter**

#### Telefonlinje

For å måle indusert tverrspenning på et par ble det besluttet å benytte en allerede oppkople par. Paret er gjennomkople fra Narvik til Bjørnefjell og blir benyttet kun til støymålinger. Linjen er terminert med 600Ω på Bjørnefjell. Målingene foretas med en Audio-spektrumsanalysator (FFT-analysator) direkte på paret uten skilletransformator mellom linjen og FFT-analysatoren.

#### PCM

Av hensyn til tilgjengelighet vil det være mest hensiktsmessig å foreta målingene fra telerommet på Narvik Stasjon. Avstanden mellom PCM-regeneratorene er ca 1300-1500m. Målingen foretas med en Spektrumsanalysator i frekvensområdet fra 0-10MHz. Frekvensspekteret samples ved hjelp av en bærbar PC m/ GPIB-interface og programvaren "Lab Wiew". Endring av frekvensspekteret over tid (eventuelt. p.g.a. endringer i strømtrekket) kan da dokumenteres.

#### Utmatet strøm

For å kunne vurdere om og i hvilken grad støyen på PCM og telefonlinjene er strømvhengig måles strømmene i kontaktledningsanlegget. Instrumentene anbringes på Rombak omformerstasjon. Strømmen i mateledningene på strekningen Narvik-Straumsnes dvs. ML-Narvik og ML-Straumsnes måles. For måling av



strømmen benyttes det tangamperemeter anbrakt i tilknytning til kabling til strømspolene i effektmålerene for de to nevnte mateledningene. Data samles v.h.j.a. en datalogger og en bærbar PC.

### 5.3 Måleresultater

#### 5.3.1 Togruter - dagsordre

Dagsordre for Tirsdag 05.12.95 og Onsdag 06.12.95 er vist i vedlegg 1.

#### 5.3.2 Utmatet strøm

Tangamperemeter for måling av strøm ble anbrakt på Rombak omformerstasjon og målingene startet Tirsdag 05.12.96 kl. 10:02. og ble avsluttet Onsdag 06.12.95 kl. 11:11. Måleresultatene er vist i vedlegg 2. Hvis kurvene i vedlegg 2 sammenholdes med ruteplanen ser vi tydelig strømtoppene ved togavganger fra Narvik.

#### Måleinstrumenter

Målingene ble foretatt med to stk.HIOKI 9270 tangamperemeter. tilkopleet en Fluke Hydra 2625A m/21 kanaler samt en bærbar PC.

#### 5.3.3 Telefonlinje

Linjen mellom Bjørnefjell og Narvik Stasjon ble tilkopleet en  $1100\Omega/600\Omega$  skilletransformator i telerommet på Narvik stasjon hvor målingene ble foretatt. Ved hjelp av et multimeter ble spenningen målt på begge sider av skilletransformatoren. Testen avslørte at tverrspenningen på primærsiden (mot linjen) var langt høyere enn spenningen på sekundærsiden.

Forholdet mellom spenningene var større enn det omsetningsforholdet til transformatoren skulle tilsi. FFT-analysatoren viste her at det var en stor 16Hz komponent på primærsiden. Skilletransformatoren som ble brukt her gikk i metning og var opphavet til overharmoniske komponenter på signalet både på primær- og sekundærsiden. FFT-analysatoren ble avlest manuelt og frekvensspekteret fra 16 - 250Hz er vist i vedlegg 3 i figur og tabellform.

Målingene ble foretatt Onsdag 06.12.95 mellom ca. kl. 10:30-11:30. Kurvene og tabellen i vedlegg 3 samt ruteplanen viser en klar sammenheng mellom strømtrekk og støy på telefonlinjen. Støyen øker betydelig når strømtrekket øker. For 50Hz øker støyspenningen med en faktor på 17 fra kl 10:28 til 10:34 (tog fra Narvik mot grensen). Største endring i støynivået er for 95Hz mellom kl 10:28 og 10:34 med 38dBV (faktor på 79).

Kurven i vedlegg 3 viser kun de laveste frekvensene fra 16Hz til 250Hz. De i denne figuren er overharmoniske av  $16 \frac{2}{3}$  Hz som er frekvensen som benyttes i KL-anlegget. I resten av det hørbare frekvensområdet ble det ikke notert målinger systematisk. Det ble observert raske og store endringer i bakgrunnsstøyen over hele det målbare frekvensspekteret fra 0-25Khz.

Nivået varierte med ca. 30dB for alle frekvenser og variasjonene hadde nær sammenheng med strømtrekket. Støyen som forårsaker dette kan ikke alene ha sitt opphav i overharmoniske av kraftforsyningsfrekvensen  $16 \frac{2}{3}$ Hz eller fra effektregeringskretsene i lokomotivene. Dette er ikke sannsynlig da nivået på alle mellomliggende frekvenser også blir påvirket. Det virker som om langlinjekablens evne til å skjerme mot støy fra omgivelsene varierer med utmatet strøm i KL-



anlegget. Dette kan muligens komme av at vagabonderende strømmer i kabelskjermene fører til metningfenomener i skjermens jernkappe (magnetisk skjerm). Denne årsakssammenhengen er usikker og bør undersøkes nærmere.

#### Måleinstrumenter

Spektrumsanalysator HP-3582A

#### **5.3.4 PCM**

Målingene ble foretatt i telerommet på Narvik Stasjon direkte på mottakerlinjen mellom Narvik og første regeneratorkort i retning Straumsnes (ca. 1300 - 1500m). En spektrumsanalysator HP8594E ble brukt. For å beskytte inngangen mot likespenning og transienter ble det benyttet en DC-block på denne. DC-blokken påvirker signalet og reduserer dette med 41dB. Nedre knekkfrekvens er estimert til ca. 1Mhz.

Spekteret ble lagret hvert fjerde sekund ved hjelp av GPIB-interface, programvaren "Lab View" og en bærbar PC. Ved presentasjon av målingene, se vedlegg 4, er frekvenspekteret vist rundt de tidspunktene det ble målt store endringer i strømmen i kontaktledningsanlegget, se vedlegg 2.

Dette er gjort ut fra den antagelsen at det var en sammenheng mellom utmatet strøm i kontaktledningsanlegget og støynivået på linjene på PCM-sambandet. Måleresultatene viser ikke en slik sammenheng. Dette betyr ikke at en slik sammenheng ikke eksisterer. Målingene påviser imidlertid ikke støy i det samme frekvensområdet som PCM opererer på, på denne strekningen og ved det strømtrekket som er vist i vedlegg 2.

#### Måleinstrumenter

HP 8594E, DC-block, 10dB attenuator, prober

### **5.4 Vurdering/Oppsummering**

Målingene på en telefonlinjene i langlinjekablene viser at støy av betydelig omfang er tilstede. Støyen er til tider mye større enn nyttesignalet dvs negativt signal støyforhold. Målingene dokumenterte støy som langt overgår det som er NSBs krav [1] til en telefonlinje.

Grunnstøyen er større enn +18dBm på en pupinisert linje. Kravet er -65dBm. Kravet til Grunnstøy og impulsstøy er dermed ikke oppfylt. Kravet til langsspenning på 200mV (psofometrisk) er heller ikke oppfylt. Linjen som ble benyttet til kontrollmålingene kan best karakteriseres som ubrukelig til overføring av telefoni. Det som skiller denne linjen fra de fleste øvrige på Ofotbanen er lengden.

Vanligvis er sambandene mellom blokktelefoner og telefoner på stasjonene langs linjen kortere. Hvis en regner at den induserte spenningen oppstår i telekablene som en funksjon av kablens lengde samt at indusert spenning pr. km. er konstant langs banen, må parforbindelsene i kablene på Ofotbanen være kortere enn 1km for å overholde NSBs krav [1] til grunnstøy.

Det er med andre ord svært stort avvik mellom kravene i [1] og de måleresultatene som er dokumentert. Det er videre en klar sammenheng mellom støyens nivå og utmatet strøm i kontaktledningsanlegget.

Målingene på PCM-sambandet påviste ikke en sammenheng mellom støy i den delen av frekvensspekteret som informasjonssignalet ligger og utmatet strøm i KL-anlegget. Støy som direkte forvrenger og forstyrrer informasjonssignalet er altså ikke påvist. Det ble heller ikke rapportert om driftsforstyrrelser på PCM-sambandet mens målingene pågikk.

Det er imidlertid et faktum at PCM-sambandet har driftsforstyrrelser når strømtrekket går over viss grense feks. ved at to malmtog er samtidig på banen. Sammenhengen her bør undersøkes nærmere. En mulig årsak til driftsforstyrrelsene kan være at tverrspanninger tilsvarende de som ble påvist ved måling på telefonlinjen (pr. km) også er tilstede på PCM-linjene. Dette kan føre til at inngangstransformatorene på regeneratorkortene i PCM-sambandet går i metning og at transformatorfunksjonen opphører. Dette vil føre til bortfall av sambandet.

**Henvisninger:**

- [1] Teleanlegg - Regler for prosjektering bygging og vedlikehold, 1B-Te 60, Utgitt av NSB Bane.
- [2] Nytt kabelnettkonsept for NSB - fiber i lokalnettet". NSB Bane Ingeniørtjenesten 1993



## **NSB Bane Region Nord**

Sambandsanlegg Ofotbanen - Støymålinger og analyse

### **Vedlegg 1:**

Dagsordre for Tirsdag 05.12.95 og Onsdag 06.12.95.

Tognr	T	Navn	Lok 1	Lok 2	PlAvg	Avg.	Sein	Grens	PlAnk	Ank.	Sein	LKAB	Merknader	Avvik
9902	M	SJ	2195	2194	00:20	00:32	0.12	03:48	04:26	04:47	0.21	05:10		
9901	M	Jan Pettersen	2193	2191	01:35	01:31	- 0.04	02:20	05:28	05:10	- 0.18	:	VHR 507	
9904	M	Leif R. Carlsen	1217	1218	02:22	01:58	- 0.24	05:13	06:20	06:05	- 0.15	06:25	VHR 503	
4005	G	Odd E. Melkersen	1282		02:30	01:55	- 0.35	02:42	04:58	04:36	- 0.22	:	VHR 502	
9903	M	Lidman Ørjan SJ	1213	1214	03:55	03:56	0.01	04:52	08:35	07:27	- 1.08	:	VHR 512	
9906	M	Bjørn Rasmussen	1207	1208	04:28	04:46	0.18	07:19	08:35	08:12	- 0.23	08:30		
9905	M	SJ	2195	2194	05:45	05:34	- 0.11	06:24	09:58	09:12	- 0.46	:	VHR 505	
I9908	M	SJ			06:41	:	0.00	:	10:52	:	0.00	:		
7981	A	Jarl Garnes	6818		07:00	07:30	0.30	:	07:45	08:16	0.31	:		2
9907	M	Hans Kr. Johansen	1217	1218	07:20	07:07	- 0.13	07:54	11:37	10:43	- 0.54	:	VHR 511	
9910	M	Hans E. Johansen	1213	1214	08:42	08:47	0.05	11:39	12:38	12:28	- 0.10	12:50	502 Avkobl.Nk.	
9909	M	SJ	1207	1208	09:37	09:12	- 0.25	10:00	13:40	13:13	- 0.27	:	Vhr 503	
9912	M	Einar Bjørgan	2193	2191	10:06	10:07	0.01	13:40	14:34	14:43	0.09	:	512 Avkobl.Nk.	
981	P	Trond Lyng	1289		10:30	10:30	0.00	11:13	11:27	13:42	2.15	:		
I9911	M	SJ			11:45	:	0.00	:	16:30	:	0.00	:		
9914	M	SJ	1217	1218	12:35	12:35	0.00	16:11	16:30	17:03	0.33	17:30		
904	P	Trond Lyng	1353		13:06	11:24	- 1.42	13:16	14:00	14:03	0.03	:		
7982	A	Jarl Garnes	6818		13:35	13:31	- 0.04	:	14:23	14:31	0.08	:		
903	P	SJ	1039		13:40	13:40	0.00	14:31	16:45	16:42	- 0.03	:		
9913	M	SJ	1213	1214	14:00	14:04	0.04	14:55	18:20	17:40	- 0.40	:	Vhr 502	
980	P	Jan Pettersen	1318		14:34	14:37	0.03	16:55	17:40	17:40	0.00	:		
9916	M	Hans Kr. Johansen	2195	2194	14:50	13:45	- 1.05	16:38	18:50	17:36	- 1.14	17:55	Vhr 507	
9915	M	Torstein Olsen	2193	2192	15:42	17:05	1.23	18:01	19:42	20:25	0.43	:	VHR 513	3
I9918	M	SJ	Innst		16:42	:	0.00	:	20:35	:	0.00	:		
9917	M	Bjørn Hattmann	1217	1218	17:50	18:03	0.13	18:52	21:47	21:23	- 0.24	:	VHR 512	
9920	M	SJ	1207	1208	18:44	18:49	0.05	21:42	22:35	22:36	0.01	22:56		
9919	M	SJ	2195	2194	19:40	19:57	0.17	20:40	00:18	00:08	- 0.10	:	VHR 511	1
9922	M	SJ	2192	2193	20:28	20:56	0.28	00:03	00:36	01:01	0.25	:		
I9921	M	Kjell Nygård	Innst		21:43	:	0.00	16:57	02:02	:	0.00	:	Pass 9923	
4004	G	SJ	1283		21:48	21:57	0.09	23:38	00:20	00:20	0.00	:		
9924	M	SJ	1217	1218	22:32	22:32	0.00	01:26	02:28	02:26	- 0.02	:		
9923	M	Hans A. Aanes a)	1207	1208	23:22	23:37	0.15	00:38	03:45	03:25	- 0.20	:	VHR 507	

Tognr	T	Navn	Lok 1	Lok 2	PlAvg	Avg.	Sein	Grens	PlAnk	Ank.	Sein	LKAB	Merknader	Avvik
9902	M	SJ	976	978	00:20	00:25	0.05	03:10	04:26	04:13	- 0.13	04:35		
9901	M	Leif R. Carlsen	a 2192	2193	01:35	02:01	0.26	02:37	05:28	07:03	1.35	:	VHR 506	
9904	M	Torstein Olsen	2194	2195	02:22	02:03	- 0.19	05:26	06:20	06:16	- 0.04	06:35	VHR 511	
4005	G	Terje Søraas	1318		02:30	02:39	0.09	03:19	04:58	06:49	1.51	:	VHR 502	
9903	M	SJ	1217	1218	03:55	03:42	- 0.13	04:33	08:35	07:18	- 1.17	:	VHR 508	
9906	M	Bjørn Hattmann	1207	1208	04:28	04:10	- 0.18	07:21	08:35	08:10	- 0.25	08:30	VHR 507	
9905	M	SJ	976	978	05:45	05:41	- 0.04	06:36	09:58	09:35	- 0.23	:	VHR 503	
9908	M	SJ			06:41	:	0.00	:	10:52	:	0.00	:		
7981	A	Terje Lindstrøm	6818		07:00	07:03	0.03	:	07:45	:	0.00	:		
9907	M	Rolf Johansen	2195	2194	07:20	07:24	0.04	08:20	11:37	11:10	- 0.27	:		
9910	M	Kjell Nygård	1217	1218	08:42	08:42	0.00	11:38	12:38	:	0.00	:		
9909	M	SJ	1207	1208	09:37	09:30	- 0.07	10:25	13:40	:	0.00	:	VHR 511	
9912	M	Hans A Aanes	2192	2193	10:06	11:33	1.27	:	14:34	:	0.00	:		
981	P	SJ	1283		10:30	10:31	0.01	11:16	13:25	:	0.00	:		
904	P	Terje Søraas	1039		11:15	11:10	- 0.05	:	14:00	:	0.00	:		
9911	M	SJ			11:45	:	0.00	:	16:30	:	0.00	:		
9914	M	SJ	2194	2195	12:35	:	0.00	:	16:30	:	0.00	:		
7982	A	Terje Lindstrøm	6818		13:35	:	0.00	:	14:23	:	0.00	:		
903	P	SJ	1353		13:40	:	0.00	:	16:45	:	0.00	:		
9913	M	SJ	1217	1218	14:00	:	0.00	:	18:20	:	0.00	:	VHR 507 olivin	
980	P	Leif R. Carlsen	1309		14:34	:	0.00	:	17:40	:	0.00	:		
9916	M	Rolf Johansen	976	978	14:50	:	0.00	:	18:50	:	0.00	:		
9915	M	Odd L. Teistum	2192	2193	15:42	:	0.00	:	19:42	:	0.00	:		
9918	M	SJ	1225	1226	16:42	:	0.00	:	20:35	:	0.00	:		
9917	M	Jarl Garnes	2195	2194	17:50	:	0.00	:	21:47	:	0.00	:		
9920	M	SJ	1217	1218	18:44	:	0.00	:	22:35	:	0.00	:		
9919	M	SJ	976	978	19:40	:	0.00	:	00:18	:	0.00	:		
9922	M	SJ	2192	2193	20:28	:	0.00	:	00:36	:	0.00	:		
9921	M	Hans Kr. Johansen	1225	1226	21:43	:	0.00	:	02:02	:	0.00	:		
4004	G	SJ	1264		21:48	:	0.00	:	00:20	:	0.00	:		
9924	M	SJ	2194	2195	22:32	:	0.00	:	02:28	:	0.00	:		
9923	M	Olav Hjallar	1217	1218	23:22	:	0.00	:	03:45	:	0.00	:		

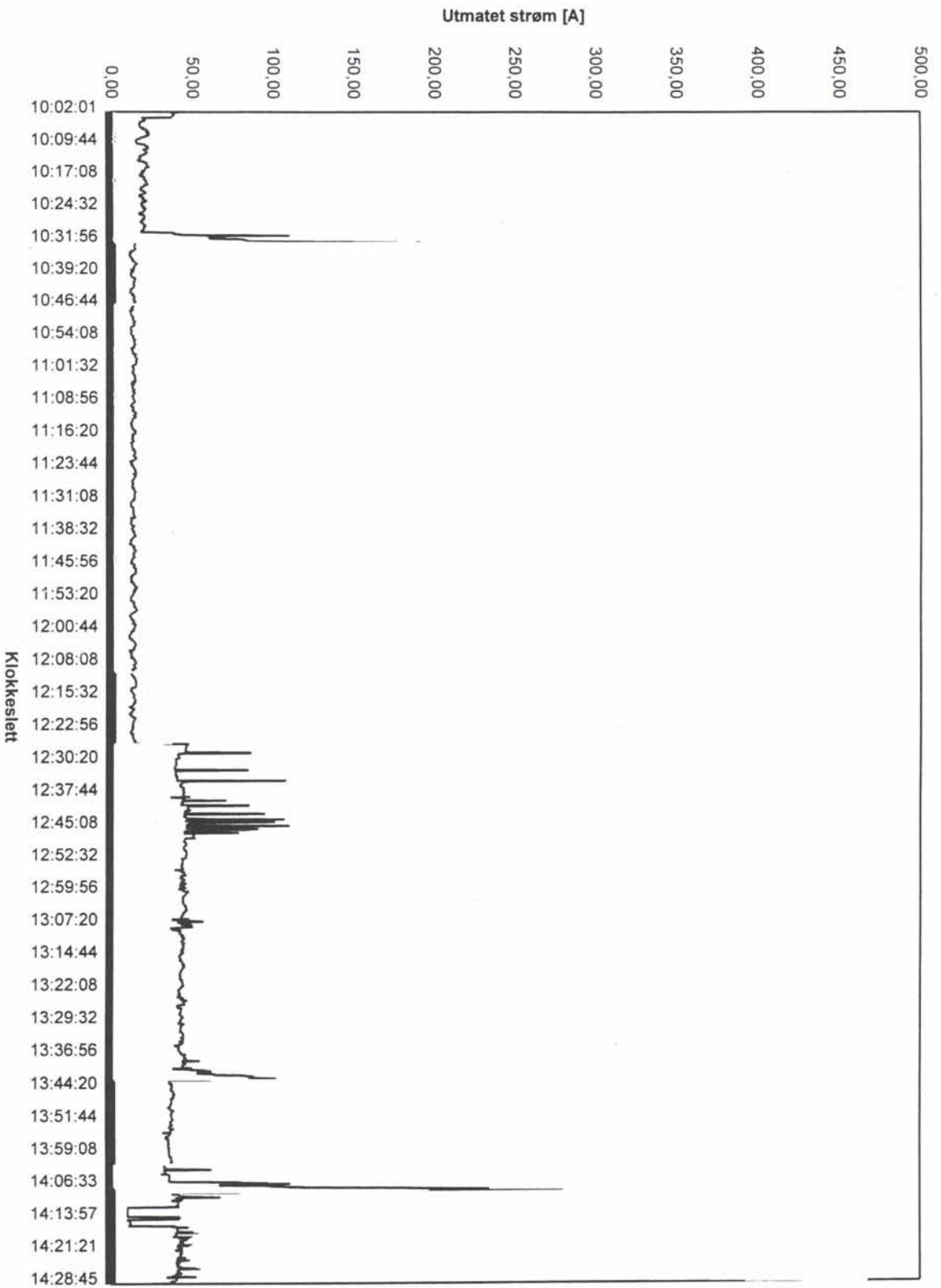


## **NSB Bane Region Nord**

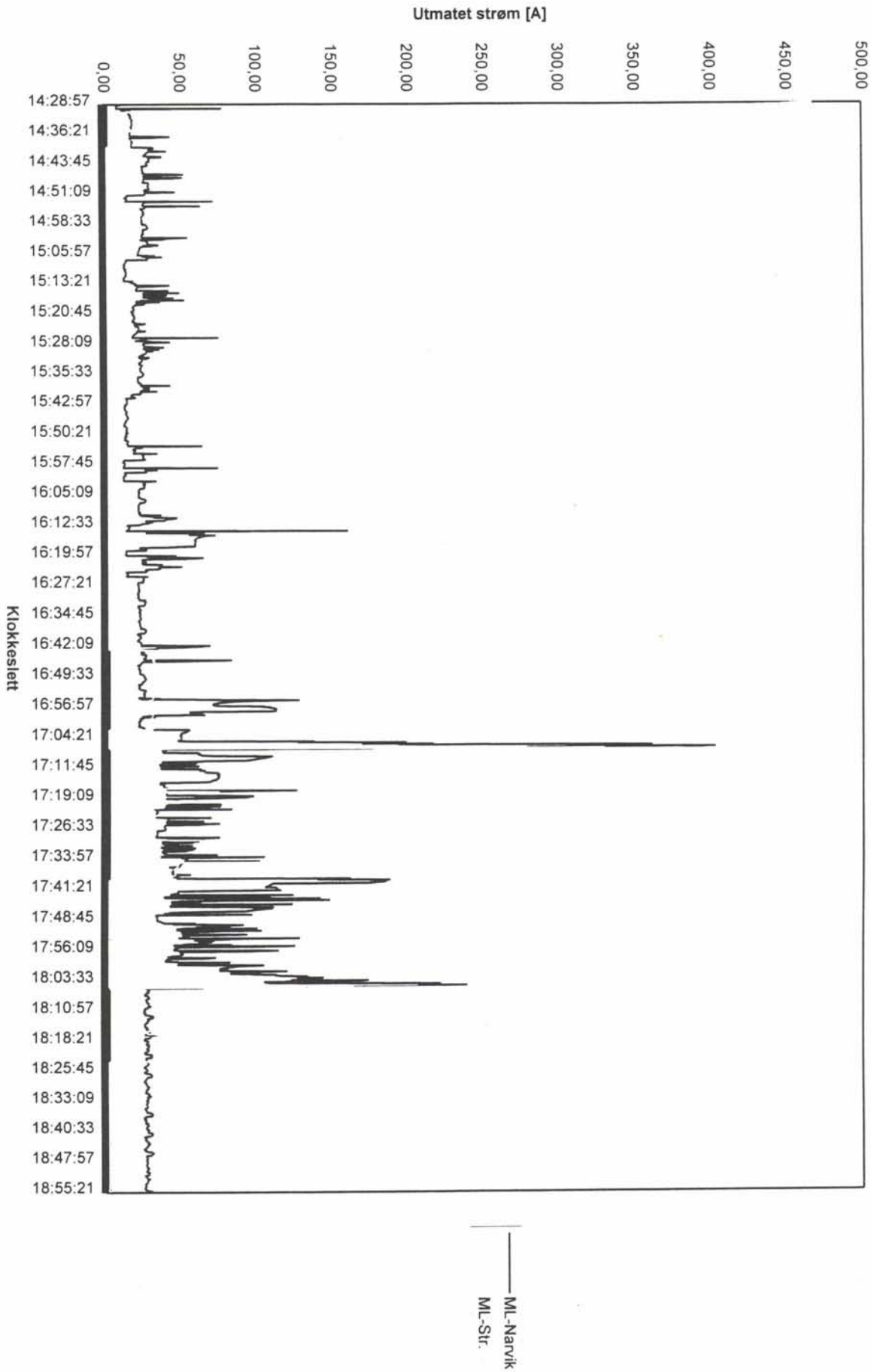
Sambandsanlegg Ofotbanen - Støymålinger og analyse

### **Vedlegg 2:**

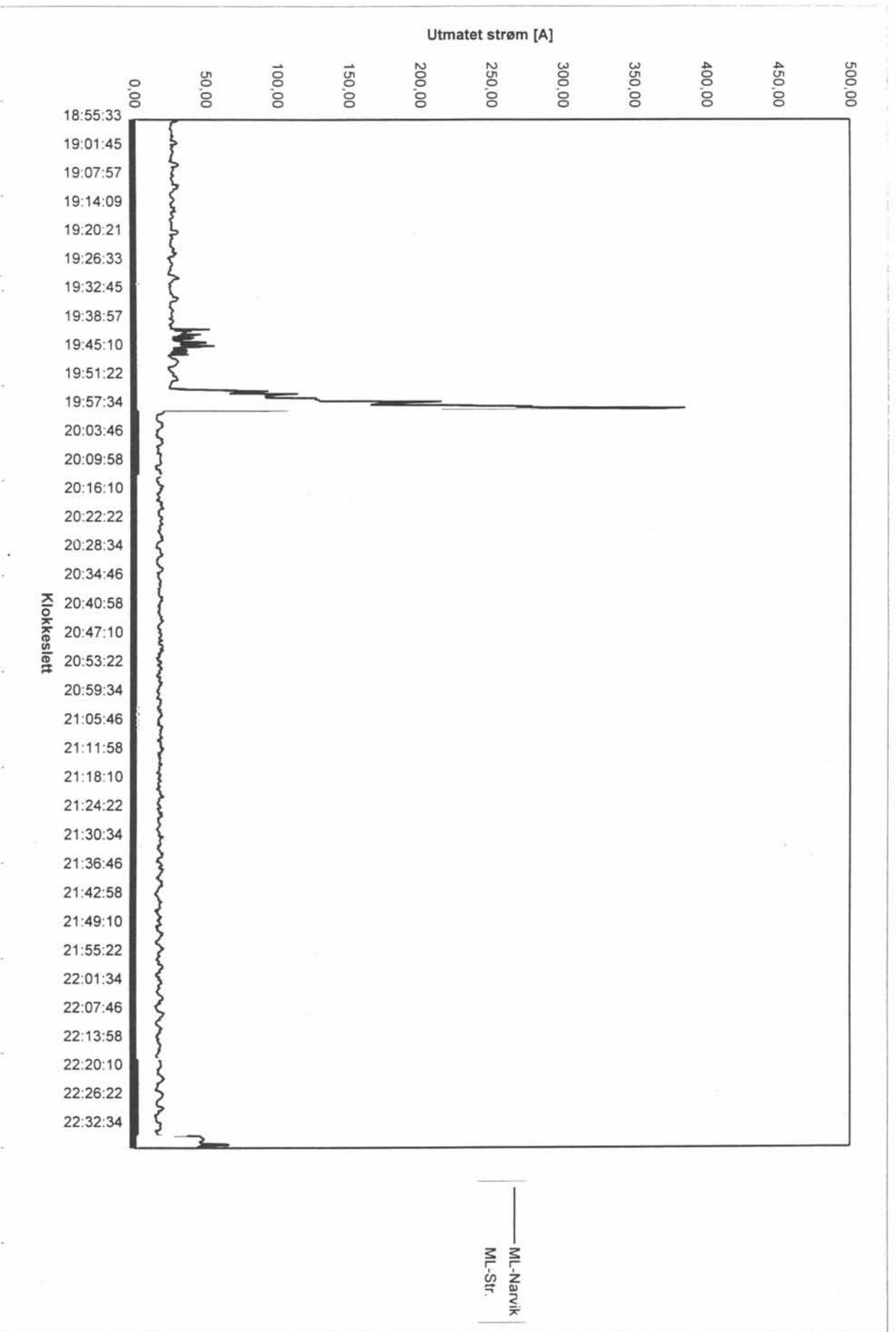
Diagram over utmatet strøm i ML-Narvik og ML-straumsnes fra Tirsdag 05.12.95 kl. 10:02 til Onsdag 06.12.95 kl 11:11.

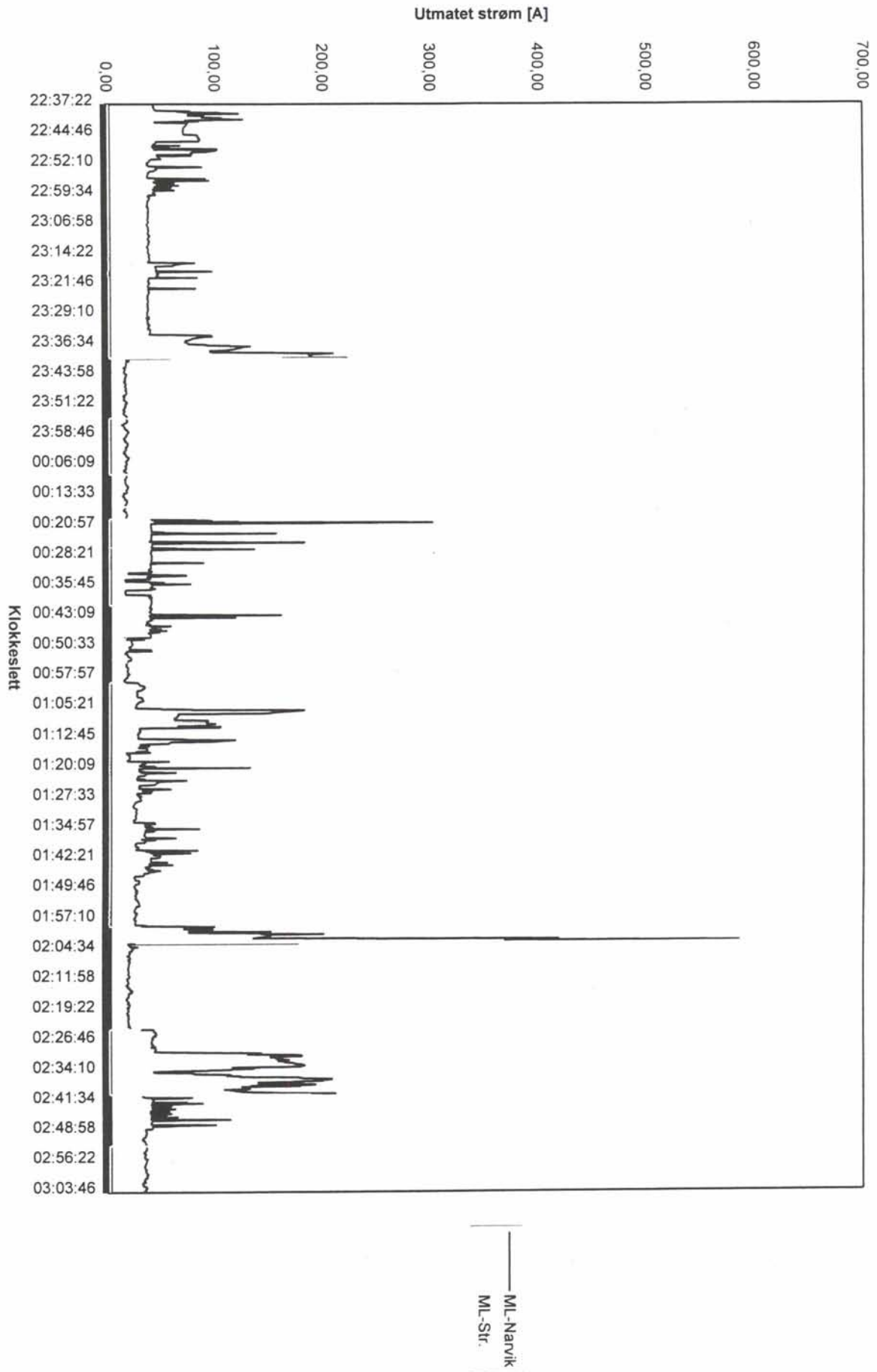


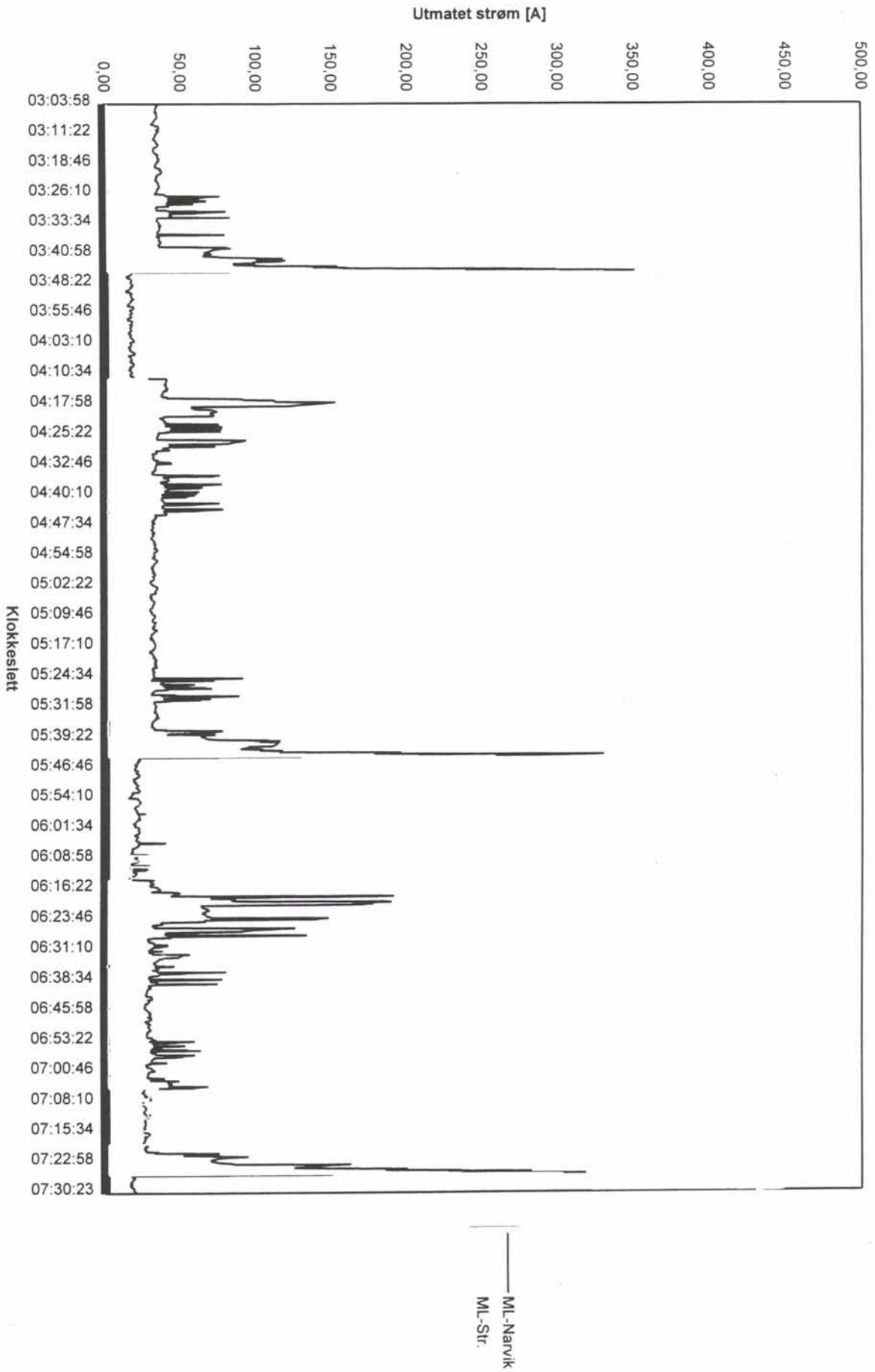
ML-Narvik  
ML-Str.



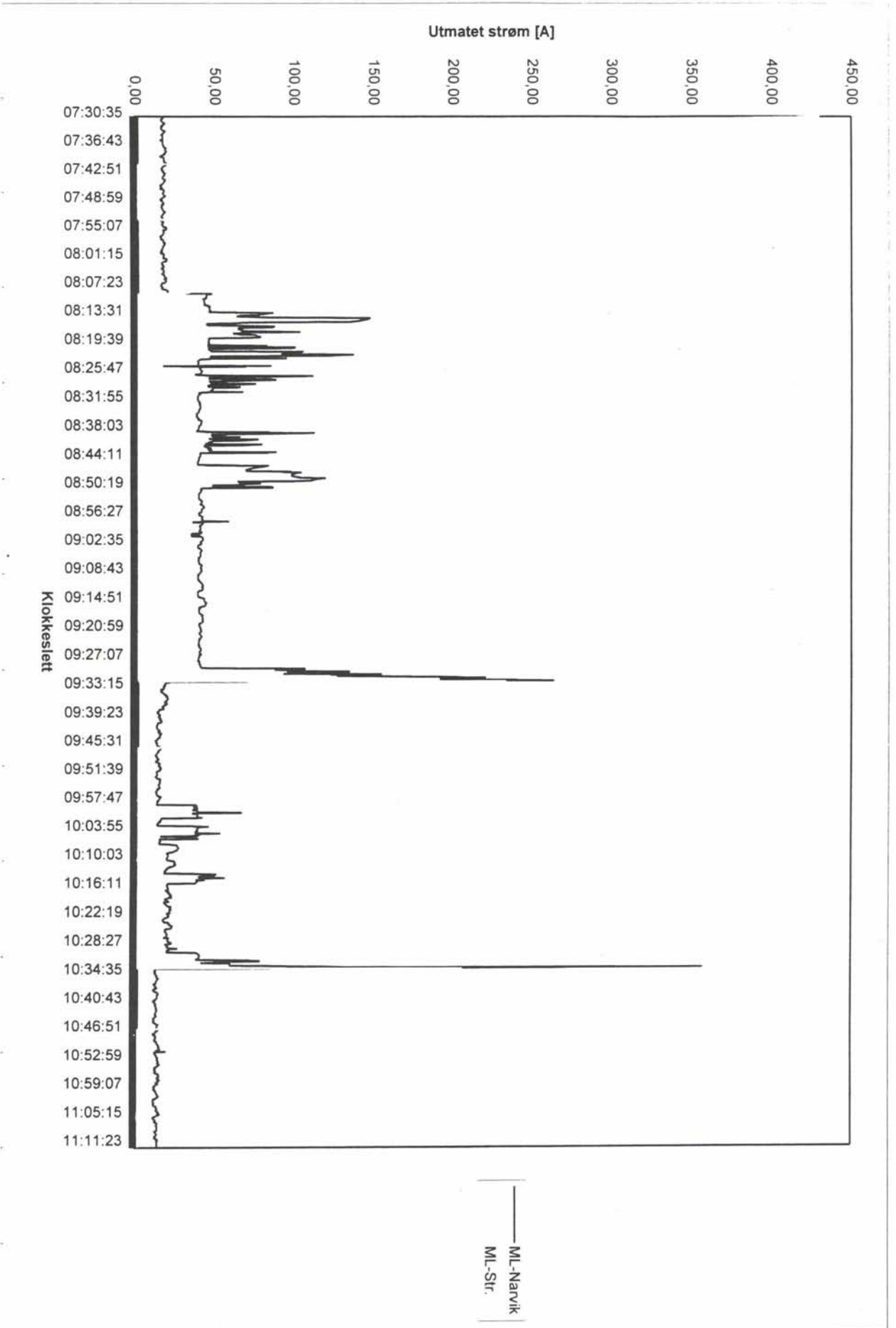








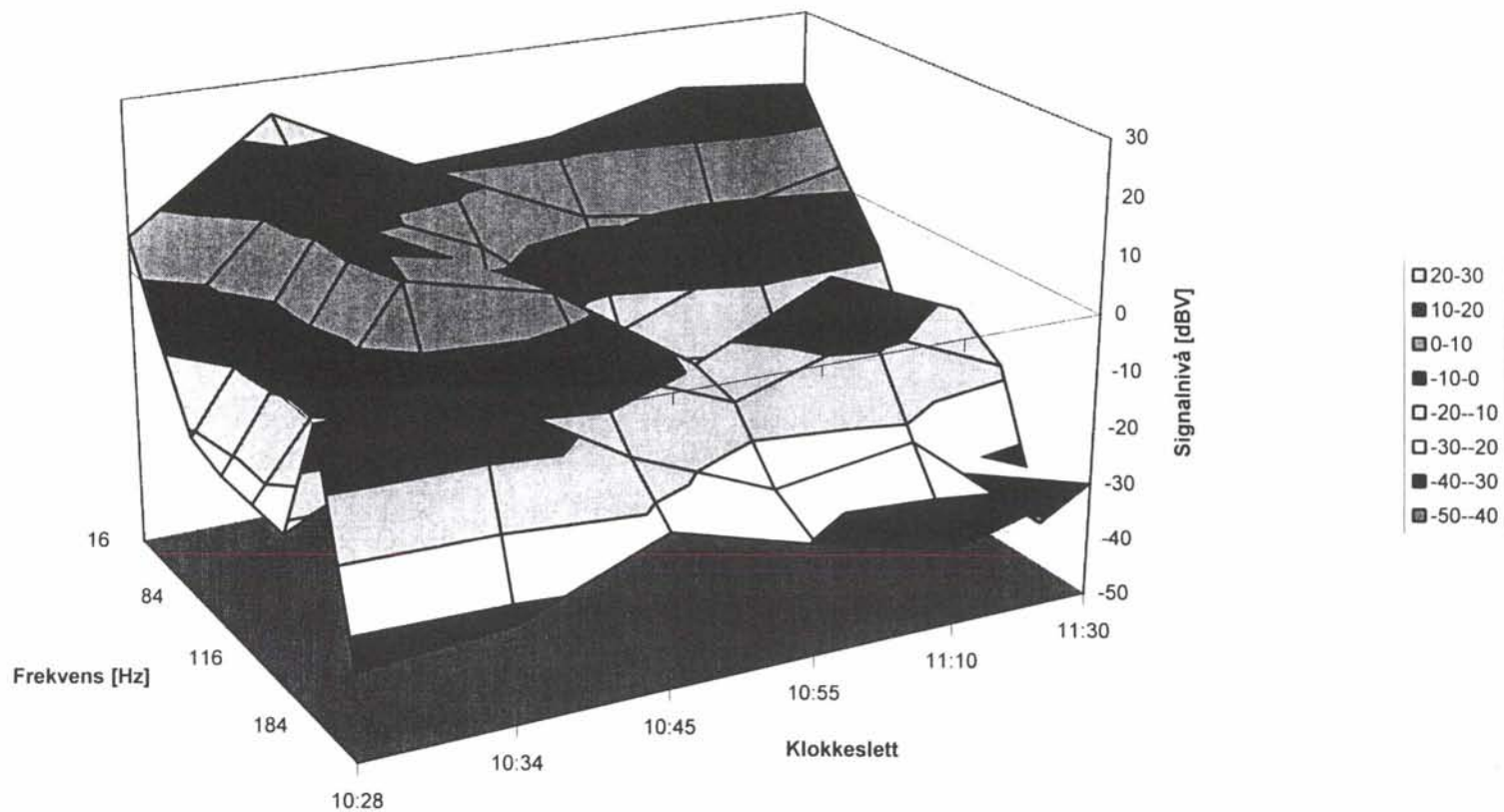




**Vedlegg 3:**

Frekvensspektrum som funksjon av tid målt på pupinisert par mellom Narvik og Bjørnfjell.

### Støy på telefonlinje





NSB Bane Ingeniørtjenesten

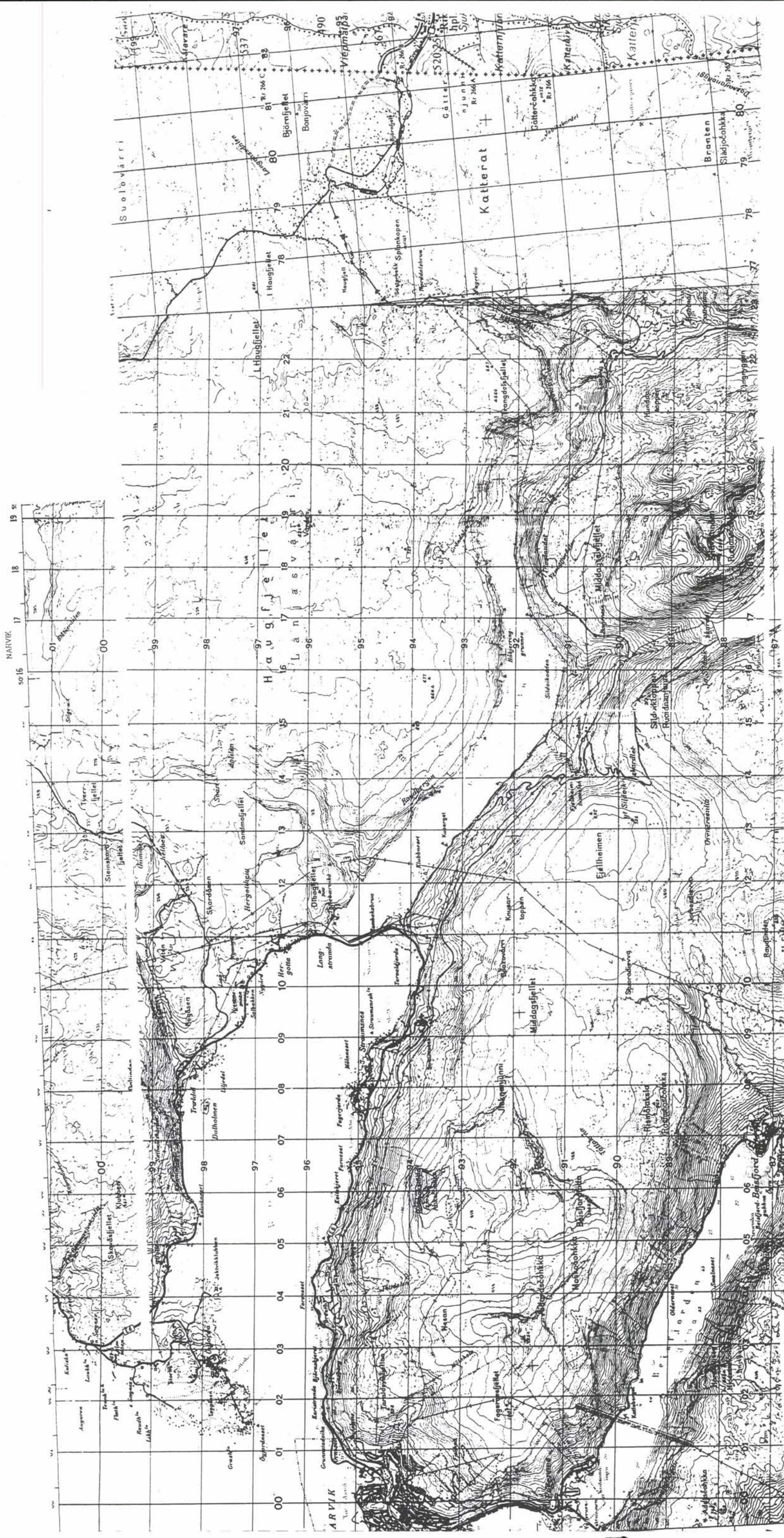
Målinger:							
Signalstyrke som funksjon av frekvens målt over tid.							
Frekvens	Klokkeslett						
	10:28	10:34	10:45	10:55	11:10	11:30	
16	6	24	11,3	13	18,7	16,3	
50	-8	16,7	13	1,8	-1,8	3,7	
84	-21	15	4	-15,5	-5,9	-7,7	
95	-23	15	-25	-27,8	-21,4	-25,8	
116	-23	10	4	-13	-1,6	-11,7	
150	-23	-10	-5,2	-15,3	-7,4	-17,8	
184			-15,3	-25,8	-22,4	-42,1	
250	-35	-33	-23	-30,4	-36,7	-29,7	

**Vedlegg 4:**

Målinger av frekvensspektrum på PCM-samband.



VEDLEGG 1

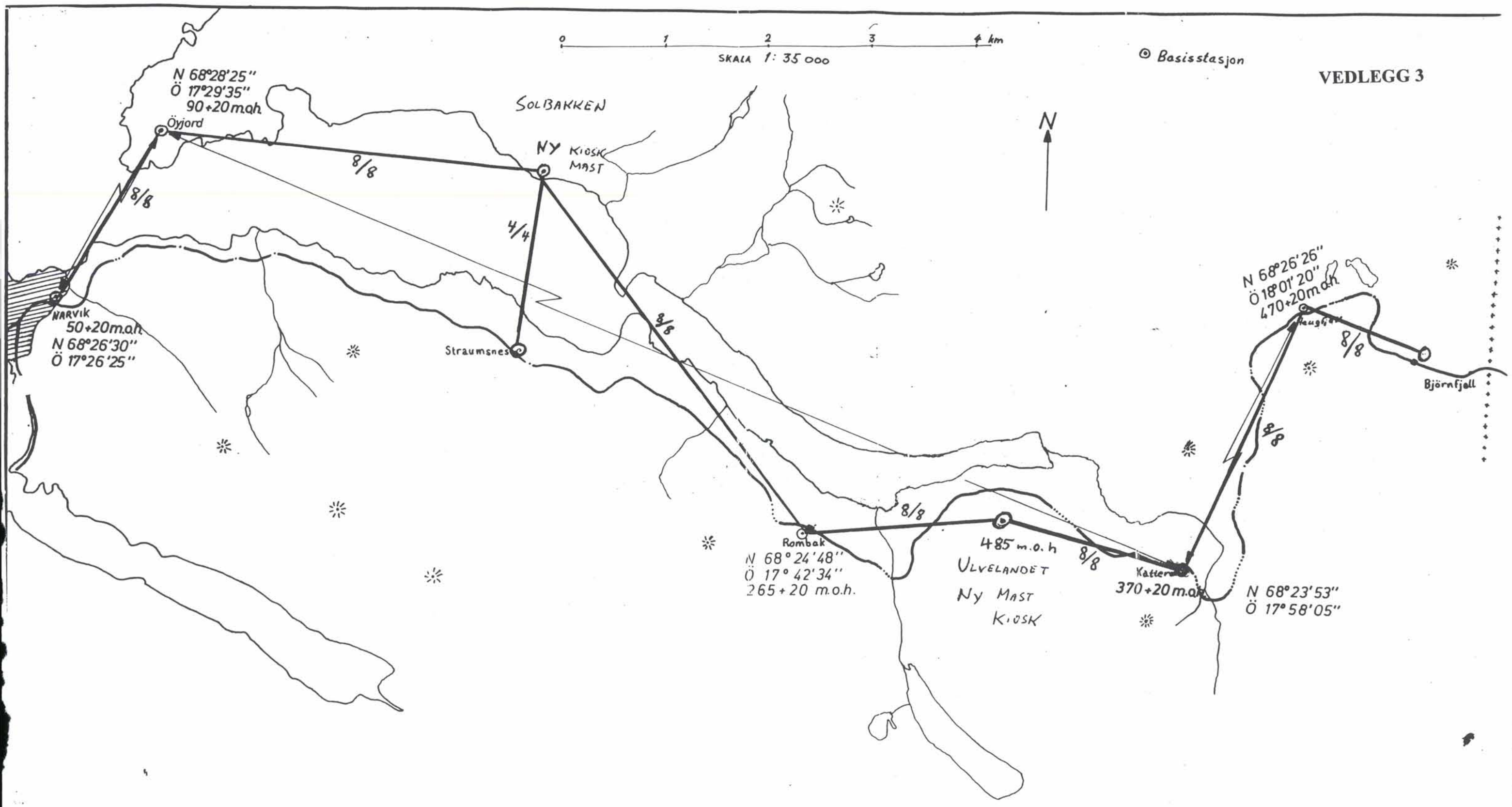




0 1 2 3 4 km  
SKALA 1: 35 000

⊙ Basisstasjon

VEDLEGG 3



Rettet 20.4.79 J C J  
 Geogr. pos. påført 28.10.74 RI

Ofotbanen.  
Basisstasjonenes  
plassering. 450MHz

Målestokk:	Dato	Sign.
	Tegn. 29.9.71	Ri
	Kfr. 25.10.71	JW

NSB Hovedadministrasjonen  
Elektroavdelingen

Erstatning for:

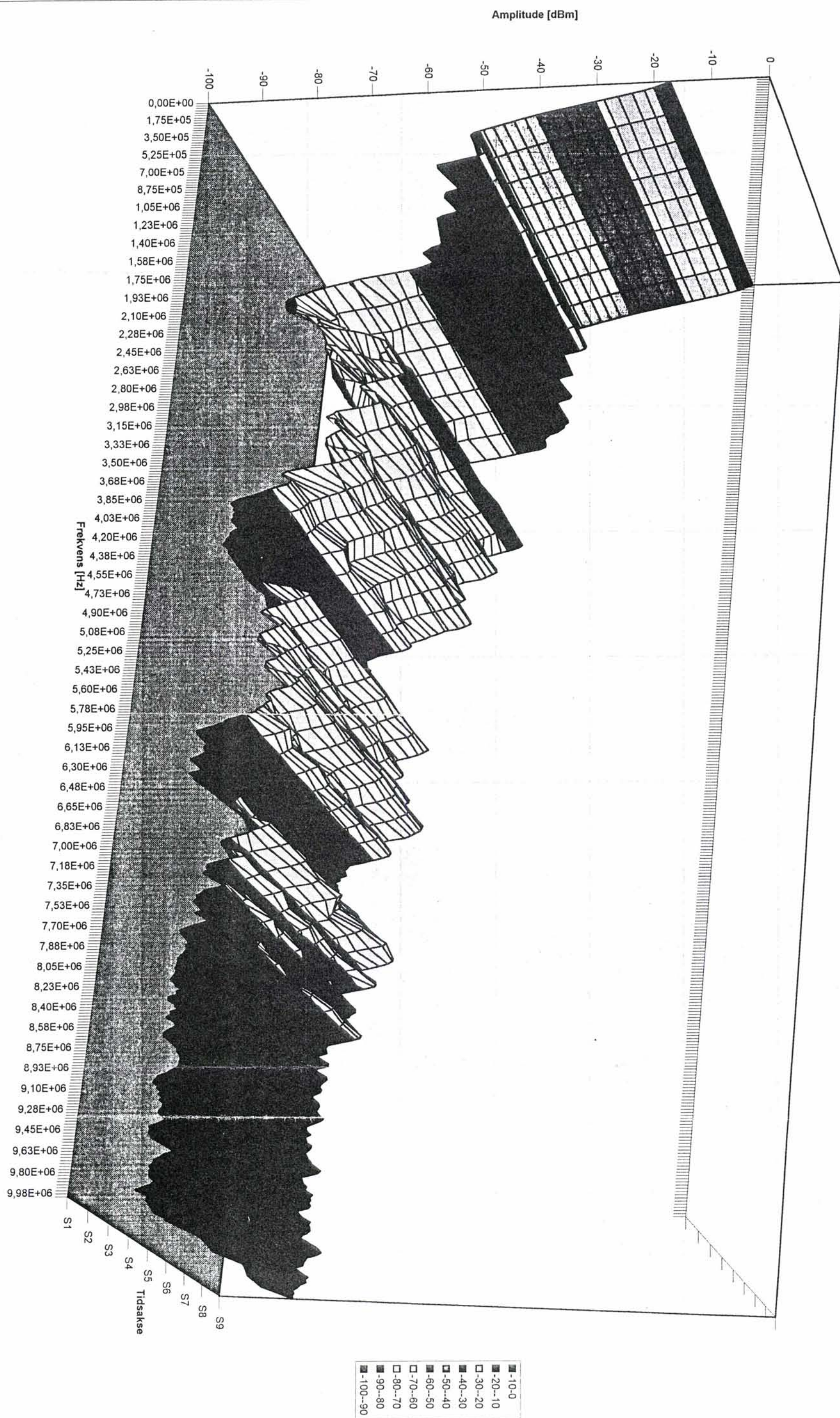
**80224**

Erstattet av:

*Markisen*

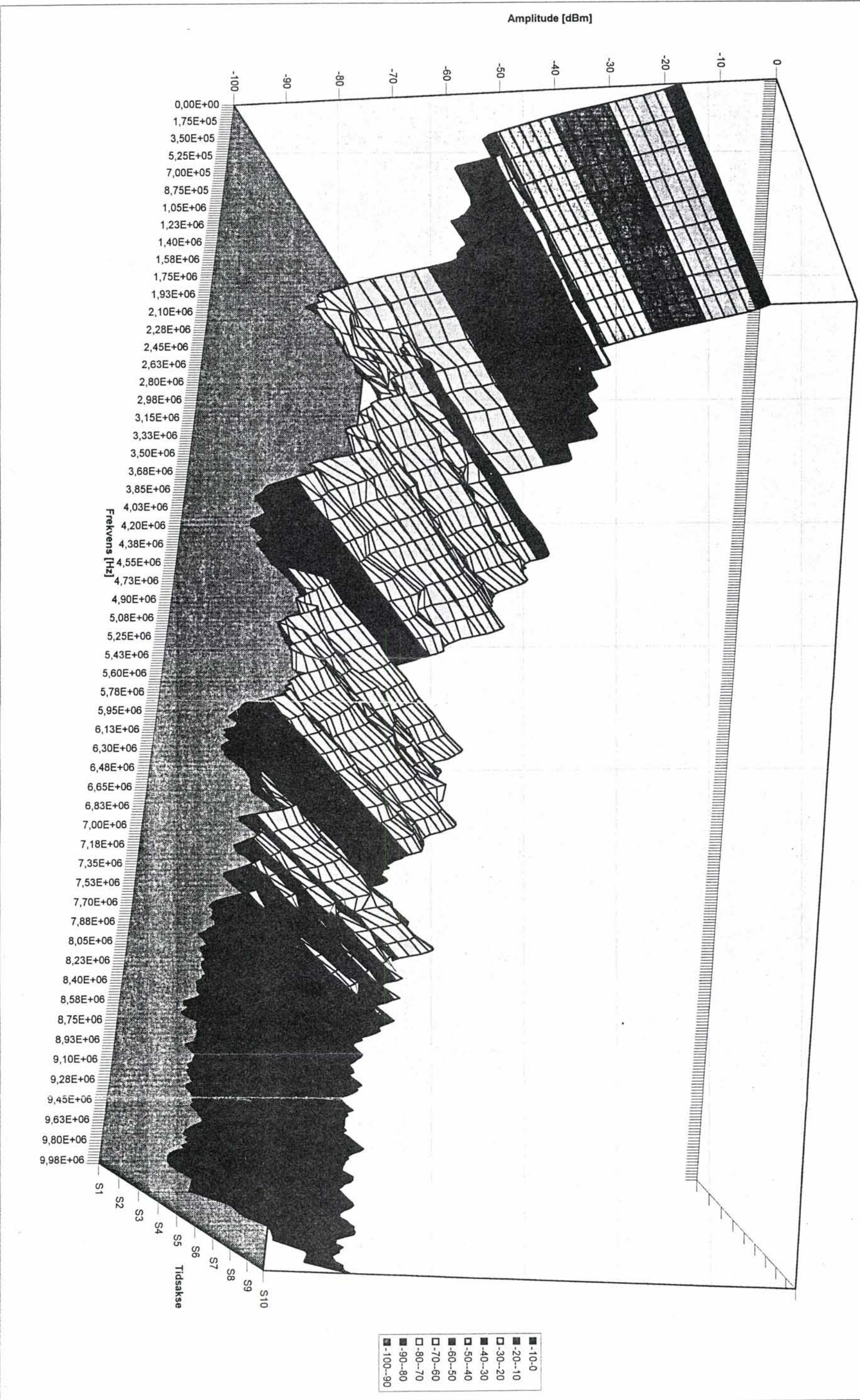


Frekvenspekter på PCM-samband fra Kl. 09:31:08 til Kl. 09:39:08



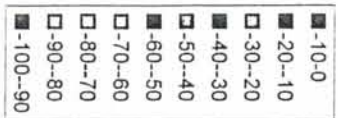
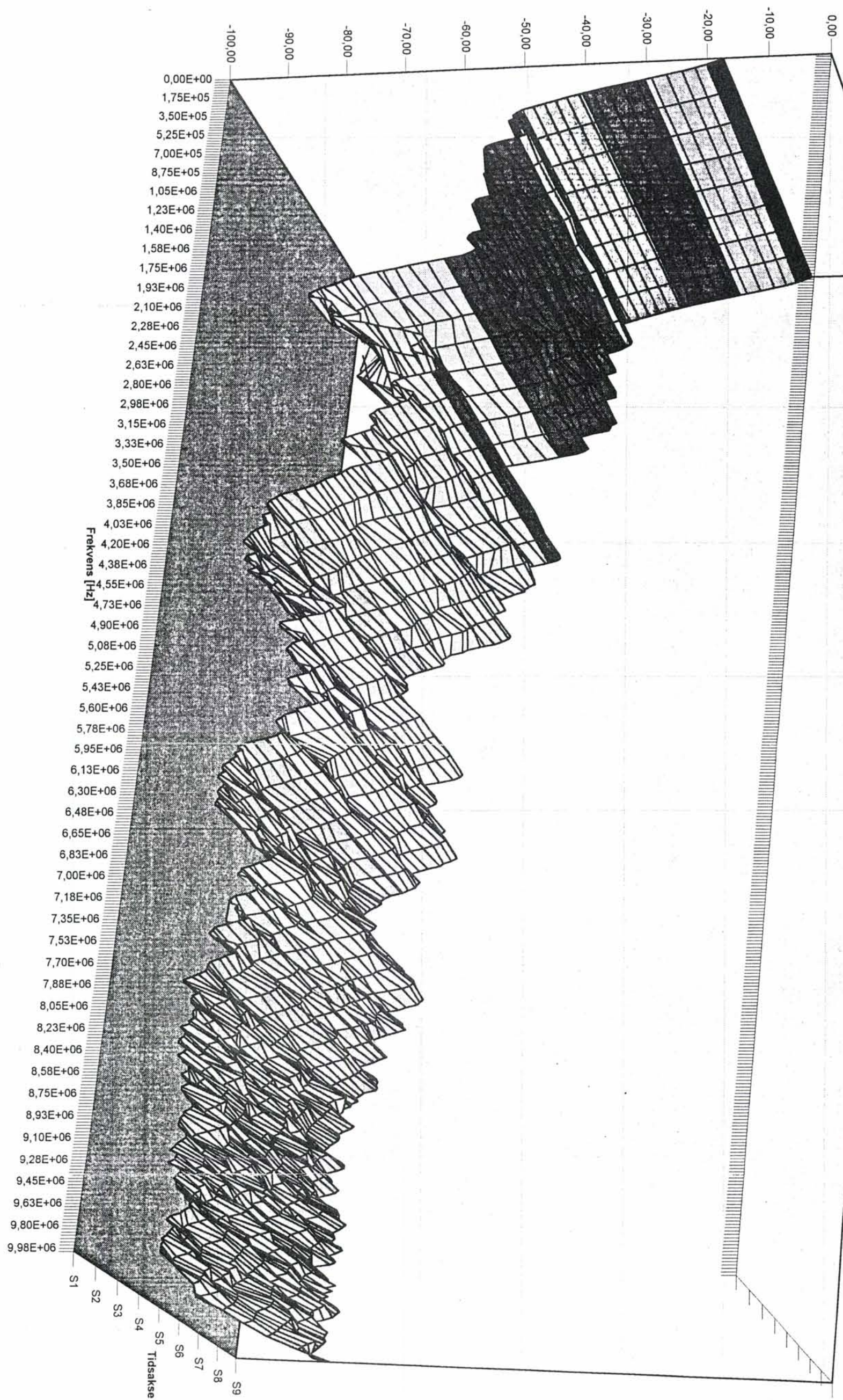


Frekvensspekter på PCM-samband fra kl. 09:40:08 til kl. 09:49:08



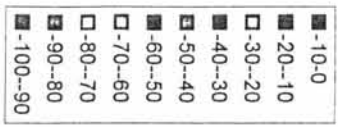
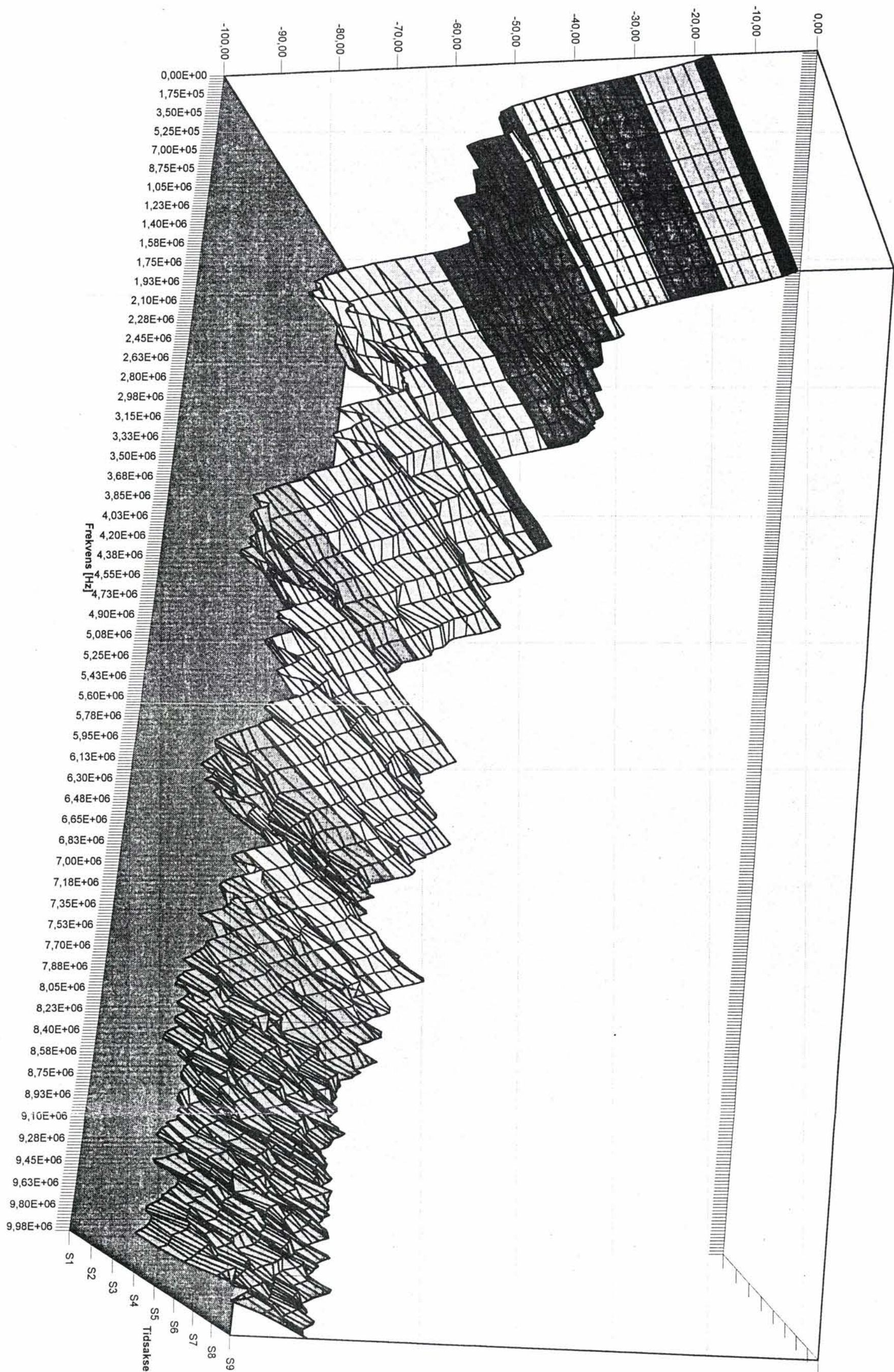


Amplitude [dBm]





Amplitude [dBm]



Frekvensspekter på PCM-samband Narvik stasjon 06.12.95 kl. 10:41 - 10:49