

BEGRENSET  
i h t Sikkerh instr

FFIE. t. Sikkerhetsinstruksen

Intern rapport E-212

Referanse: Jobb 264/110

Dato: Mars 1973

AVGRADERT

Dato: 11.11.09 Sign.: SE

TAKTISK TELEKOMMUNIKASJONSSYSTEM FOR HÆREN ETTER 1980

Dokumentasjon av FFI-jobb 264

av

T Endresen, Ø Grønlie, T Heggelund og A S Lindahl

Godkjent  
Kjeller 1 mars 1973



B Landmark  
Forskningsjef

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT  
Norwegian Defence Research Establishment  
Postboks 25 – 2007 Kjeller  
Norge

BEGRENSET  
i h t Sikkerh instr

FFIE. t. Sikkerhetsinstruksen

BEGRENSET  
i h t Sikkerh instr

FFIE. t. Sikkerhetsinstruksen  
Intern rapport E-212  
Referanse: Jobb 264/110  
Dato: Mars 1973

TAKTISK TELEKOMMUNIKASJONSSYSTEM FOR HÆREN ETTER 1980  
Dokumentasjon av FFI-jobb 264

av

T Endresen, Ø Grønlie, T Heggelund og A S Lindahl

Godkjent  
Kjeller 1 mars 1973



B Landmark  
Forskningsjef

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT  
Norwegian Defence Research Establishment  
Postboks 25 – 2007 Kjeller  
Norge

BEGRENSET  
i h t Sikkerh instr

i h. t. Sikkerhetsinstruksen

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side	
1	INNLEDNING	5
2	PLANLAGT SAMBANDSOPPSETTING I 70-ÅRENE	6
2.1	Svakheter ved de planlagte systemer	8
2.2	Radionettene	8
3	TRAFIKKEN I DIVISJONEN OG BRIGADEN	9
3.1	Bearbeiding av trafikkdata fra HSBSØ	9
3.2	Områdesystem	16
3.3	Eksempel på trafikkfordeling i sambandsnett	17
3.4	Sperringssannsynligheter	19
4	VALG AV FREKVENNS OG MODULASJONSFORM FOR ET OMRÅDESYSTEM	26
4.1	Frekvensvalg	26
4.2	Modulasjonsform	28
5	BESKRIVELSE AV ET NYTT SAMBANDSSYSTEM	32
5.1	Nettets oppbygning	32
5.2	Adgang til systemet	36
5.3	Datatransmisjon	36
5.4	Endesentralen	38
5.5	Transittsentralen	40
5.6	Mobilradio (SCRA)	44
5.7	5-kanals deltamultiplekssystem	56
5.8	Tjenesterepertoar	62
5.9	Nummerplan	65
5.10	Mellomkoplingsutstyr	66
5.11	Vekter, volum og kraftforsyningsbehov	73
5.12	Etablering av områdesystem	74
6	KOSTNADSOVERSLAG FOR FORSKJELLIGE UTBYGNINGS- FASER	75
7	KONKLUSJON	77
Appendiks		
1	Forsvarets nye organisasjon	79
2	Forslag til jobb: Taktisk telekommunikasjonssystem for Hæren etter 1980	83
3	Forslag til jobbeskrivelse for sambandsanalyse	85
4	HSBSØs utredning samt FFIs oppgaveformulering	89
5	Deltamodulasjonsmultiplekser for 30 kanaler	108
	Litteratur	111

## Vedlegg

- 1 Atte tegninger som viser etableringen av områdesystem i de krigssituasjoner HSBSØ har formulert.
- 2 Tom Heggelunds store eksamensarbeide ved NTH (utført under jobb 264).
- 3 Signaleringsprosedyrer i et automatisk telefonnett med digital transmisjon og switching, av lic techn Arne S Lindahl, Teknisk notat E-445 (utført under jobb 264).
- 4 Simulering av trafikkavviklingen i en PCM-switch, av lic techn Arne S Lindahl, Teknisk notat E-459 (utført under jobb 264).
- 5 Reise til England 12-14 april 1972 for å overvære presentasjon av områdesystemet Ptarmigan for taktisk samband i stridssonen, av forsker Trond Endresen, Reiserapport E-93.
- 6 Analyse av rammesynkroniseringssystem for digital multiplekser, av siv ing Øistein Grønlie, Teknisk notat E-505 (utført under jobb 264).

Kartene med overlegg som det refereres til i appendiks 4 oppbevares av praktiske grunner ved FFI.

## TAKTISK TELEKOMMUNIKASJONSSYSTEM FOR HÆREN ETTER 1980

### Dokumentasjon av FFI-jobb 264

#### SUMMARY

A proposed tactical automatically-switched digital telephone network for the combat zone has been discussed. The level of use will primarily be from division command down to brigade battalion. The study is based on the area-grid concept.

The traffic volume matrix has been estimated. The following items have been discussed in some detail: internodal frequencies, PCM versus deltamodulation, number of telephone channels, the main switch, access problems, SCRA systems, signalling, interface with the civilian network and the NATO systems.

The proposed main parameters will be: PCM – 30/32 channel CEPT standard, SHF between nodal points, 4-port switches, SCRA possibility.

A rough price estimate has been worked out for different phases of implementation. (Tactical telecommunication system for the Land Forces, post 1980 period)

## 1 INNLEDNING

I stridssonen skjelner man ordinært mellom taktiske telekommunikasjonssystemer og nettradio. Med nettradio forbinder man de vanlige simplex radioforbindelser som bærer hovedtyngden av talekommunikasjon på de lavere nivå i Hæren i dag. Kompani- og bataljonsradiosett hører inn under denne kategori. Mobile telefon-, link- og fjernskriver-systemer regnes å høre til de taktiske telekommunikasjonssystem. Statistiske sambands-systemer som Fellessambandets linksystem og Nics f eks kommer under betegnelsen strategiske telekommunikasjonssystem.

Man har i jobb 264 lagt vekt på å analysere det fremtidige taktiske system og tar bare for seg hvilke inngrep man skal tilstrebe til de andre faste system – herunder Televerkets nett – samt til nettradiosystemene.

Det er flere årsaker til at jobb 264, Taktisk telekommunikasjonssystem for Hæren etter 1980, ble initiert. Man skal kort liste hovedårsakene med kommentarer:

- a) Forsvarets forskningsinstitutt har ved flere anledninger blitt anmodet om å holde seg vel orientert om utviklingstendensene innen hele spekret av kommunikasjonssystemer for blant annet å kunne yte konsulentbistand ved kjøp og utvikling. Systemene og teknologien blir etter hvert så avanserte at det kreves et meget sterkt engasjement dersom man fremover skal være i stand til å treffe fornuftige valg av materiell.
- b) Vårt engasjement i NATOs AC225/Panel 8 – telekommunikasjonspanelet – krever en viss nasjonal aktivitet for å kunne vurdere andre nasjoners systemer og utviklingsprosjekter og hvor relevante deres løsninger er for de norske forhold.
- c) Hauge II-utvalgets innstilling til omorganisering av Hæren (AI) krever en nytenkning når det gjelder kommunikasjoner fra Brigko og oppover til FKS/N. De systemer som eksisterer i dag av mobil karakter, samt det utstyr som skal anskaffes i årene fremover til 1977/78, vil ikke kunne tilfredsstille de krav man stiller til mobilitet, sikkerhet, kapasitet, hardhet, fleksibilitet etc som man vil måtte stille dersom kommunikasjonene ikke skal virke taktisk begrensende i den nye organisasjon.

- d) Dersom man forutsetter et nytt telekommunikasjonssystem etter 1980, vil dette måtte planlegges i meget god tid slik at man når det blir aktuelt vet hva man trenger og at man ikke i mellomtiden har kjøpt eller satt i gang utvikling av utstyr som vil være inkompatibelt med det nye utstyr. Man må søke å unngå bastardløsninger som vil nedsette effektiviteten og fordyre utstyret.

Erfaringsmessig krever det en lang modnings- og omstillingsperiode før man er i stand til å anskaffe nytt teknologisk avansert utstyr som man vil være tjent med taktisk, teknisk og økonomisk. De prosjekterings- og analyseoppgaver man er stilt overfor bør nødvendigvis ikke være kostbare å få gjennomført sett i relasjon til de eventuelle materiellanskaffelser.

Jobb 264 er derfor ment å kunne danne kjernen for en slik, noe mere langsiktig vurdering.

Jobbforslaget som inneholder bakgrunn, målsetting og fremdriftsplan finnes i appendiks 2.

I forbindelse med jobb 264 ble det utført forsøk med overføring av deltamodulasjon på radiosettet AN/PRC-77. Dette delprosjektet krevde ca ett ingeniørår samt noe soldathjelp, og vil bli dokumentert separat. Videre ble et hovedfagsarbeid for Norges tekniske høyskole (NTH) utført ved soldat Tom Heggelund. Oppgavetittelen var:

- i) Foreta en litteraturstudie over de mest anvendte deltamodulator typer og beskriv kort deres egenskaper.
- ii) Vurder kort en deltamodulators egenskaper m h t tale kontra 8 bits CEPT-standard PCM i et punkt til punkt samband med få kanaler.
- iii) Det er under utvikling ved FFI et delta-sigma-modulasjonssystem for bruk i bærbart radiosett AN/PRC-77. Karakteriser systemets egenskaper ved målinger og taleprøver.

Dette arbeid ble innlevert i juli 1972 (vedlegg 2).

Bemanningen for hovedprosjektet har vært:

Forsker Trond Endresen,	9 måneder
Soldat Arne S Lindahl,	12 "
Soldat Øystein Grønlie,	9 "
Soldat Tom Heggelund,	6 "

Fra Hærens sambands skole- og øvingsavdeling (HSBSØ), Jørstadmoen, har kapteinene E Wilmar og E Engestøl under ledelse av oberstløytnant K Spilde nedlagt 6 mann-uker. Resultatene av arbeidet ved HSBSØ foreligger i appendiks 4.

## 2 PLANLAGT SAMBANDSOPPSETTING I 70-ÅRENE

Sambandsinspektøren (SBINSP) avsluttet i mars 1971 en sambandsanalyse (2) som tok for seg alle nivåer i Hæren fra FKS/N og nedover til kompaninivå. Analysen var ment å skulle gi et forslag til en optimal fordeling av materiell som det er realistisk å tenke anskaffet i de nærmeste 10 år. Hovedvekten var lagt på nettradio og systemene innen brigaden da kommandoforhold og organisasjonsformer her var best kjent og influeres minst av den forventede omorganisering av Hæren. For de høyere nivåer – Div, KR og

FK – er forholdene langt mere usikre da både ledelsesfunksjoner, forsyningsfunksjoner, mobilitetskrav etc foreløpig ikke er helt klare. Man må i stor utstrekning basere seg på antagelser og oberstløytnant T A Aas har i sin sambandsanalyse gått ut fra følgende forhold:

*Forsvarskommandoen:*

- a) FK vil primært bli en stasjonær kommando, og FFSB/Televerkets systemer vil bli benyttet. Tyngre (stasjonære) radiostasjoner vil være reservesamband.
- b) Ved ødeleggelser må mobilt sambandsutstyr være tilgjengelig for opprettelse av nødsamband.
- c) Dersom øverstkommanderende forlater den stasjonære kommando og oppretter en egen mobil/semimobil kommando, vil dette føre til øket behov for mobilt sambandsutstyr.

*Divisjonen:*

- a) Divko vil bestå av en bakre kommando – statisk omtrent som en DK – samt en mobil kommando som blir den egentlige operative divisjonskommando. Den mobile divisjonskommando – i det følgende kun betegnet Divko – vil kunne skille ut en kommandogruppe, men vil ellers ikke bli delt i et fremre og bakre område. Divko vil være upansret på hjul.
- b) Bakre Divko bør bruke statiske radio- og linjenett (Televerket, Fellessambandet, faste HF installasjoner etc). I fremtiden 4 mobile HF-radiostasjoner i tillegg.
- c) Divko skal kunne lede opp til 5 brigader – 3 aktive og 2 reserve – i et område med bredde 100 km og dybde 200 km.
- d) Divko bør ha radiolinjesamband direkte til de 5 brigader samt forsyningsenheter, en meldeplass, til FFSB/Televerk (for videre forbindelse til bakre Divko, FK og TAOC) og til Divko i side. Flere av disse samband må benytte rele.
- e) Radiolinjesambandene dupliseres med HF3 radiotelefoni/telegrafisamband.
- f) Reservesamband tilbake til FK vil være tyngre HF-stasjoner.
- g) Samtlige radiolinjesamband skal være 3 tale + 1 on-line fjernskriver. Til FK er behovet 23 tale + 1 on-line fjernskriver.

Ifølge ob ltn Aas' sambandsanalyse representerer tallene her et minimumsbehov, men han innser et langt større "bør-behov". Han finner det imidlertid urealistisk på grunnlag av den store usikkerhet i organisasjonsform og de økonomiske begrensninger man har i årene fremover å spesifisere større utstyrmengder.

*Brigaden*

Idet det fremdeles henvises til ob ltn T A Aas' sambandsanalyse skal man trekke fram følgende forhold:

- a) Nettradio er primært et reservesambandsmiddel. Hovedtyngden av kommunikasjon innen brigaden på alle nivåer vil likevel måtte bæres av VHF- og HF-nettradio.
- b) Kommandonett 1 (VHF/FM) vil omfatte de viktigste manøver- og støttelementene. Normalt er bare bataljonene, oppklaringseskadron, og artilleriet samt nødvendige tilleggsstasjoner som brigadesjef, ordonnansoffiser og radiotropsjef tilknyttet nettet. Feltartilleribataljonen og lett luftvernartilleribatteri må betrakte seg som tilleggsstasjoner hvor bare strengt nødvendig kommunikasjon utføres. Det kan være ønskelig å dele kommandonett 1 i to nett. Det vil være nødvendig å benytte relestasjoner.
- c) Kommandonett 2 (HF/AM-SSB) er et reservenett. I tillegg nyttes dette nett som et varslingsnett for brigaden, flystøttenett og flyliassonnnett. Kommandonett 2 kontrolleres normalt fra ildkoordineringssenter i brigaden.

- d) Kommandonett 3 (HF/AM—SSB) er i første rekke et kommando- og varslingsnett, men vil også kunne nyttes til administrativ operativtrafikk. Dette nettet termineres i administrasjonsområdet og ildkoordineringssentret.
- e) Man vil basere seg på utelukkende å benytte radiolinje kombinert med linje fra terminalstedene til brukerne samt internt i kommandoplassene (altså ikke vanlige telefonlinjer).
- f) For radiolinjesamband har man to alternativer – nemlig UHF/VHF- og SHF-stasjoner.

Fra Brigko vil radiolinjene gå fram – stjerneformet – til de to stridende infanteribataljonene, bakover til trenområdet, i side til divisjonen og andre brigader, samt bør-behov for linje fram til feltartilleribataljon/reserveinfanteribataljon/ingeniørkompani/RAP/BP/Tren avd/div avd og til fremskutte kommandoer. Både SHF- og VHF/UHF-systemene må benytte relestasjoner.

Man har her i stikkordform forsøkt å gi en grov oversikt over den tenkte sambandsoppsetting i mellomstaket i Hæren i 1970-årene. For en mere detaljert fremstilling henvises til ob ltn T A Aas, Sambandsanalyse for Hæren (2).

## 2.1 Svakheter ved de planlagte systemer

### *Koordinering og mobilitet*

Som man ser vil de planlagte systemer føre til en lang rekke kommandolinjesamband med flere relepunkter pr forbindelse. Kravet til forflytningshyppighet for Brigko (og Divk ) vil være 1 gang pr døgn med 1 times beredskap.

Det vil kreve en høy grad av koordinering dersom sambandet raskt skal kunne funksjonere pålitelig etter mobilisering og ved den forflytningstakt som antydes.

### *Utstyrsmengde og frekvensallokering*

Mengden av utstyr vil bli stor, og frekvensallokeringsproblematikken vil bli meget vanskelig på steder som f eks Divko's sambandsplass.

### *Sårbarhet og fleksibilitet*

Linjesystemene uten alternative retningsmuligheter er sårbare idet svikt på kun en relestasjon fører som regel til at hele forbindelsen svikter. Årsakene til svikt kan være mange: såsom ukyndig mobilisert personell, skader under transport, fiendtlige handlinger eller banale ting som rene uhell. Antennene er store og kan lett detekteres.

### *Jamming og hemmelig tale*

Frekvensvalget (VHF/UHF) er ugunstig m h t jammingstruselen fordi de anvendte antennene er lite direkte. Dersom en linkstasjon jammes, er forbindelsen brutt. Hovedtyngden av taktisk utstyr i dag nytter analog modulasjon. Dette fører til at det blir meget kostbart å nytte talekrypto.

## 2.2 Radionettene

P g a liten fleksibilitet og kostbart utstyr blir belastningen på radionettene meget stor. Bare å allokere frekvenser til en brigade er meget vanskelig. Problemene blir ulike mye større når flere brigader og avdelinger opererer i samme område og kanskje er utsatt for jamming. Det må være sterkt ønskelig her å ha alternative muligheter.



Hærens sambandsmidler er aldri prøvet fullt ut under noen øvelse der flere brigader er involvert. Problemet har vært at disse øvelsene er så kostbare at man blir gitt god tid til å planlegge sambandsopplegget, og det settes inn mere sambandsmidler enn normalt (både sivile og militære) slik at direkte stridsfunksjoner skal bli prøvet. Divisjonskonseptet er av naturlige årsaker heller aldri prøvet i full skala med de mobiliteter som er forutsatt.

De forhold og svakheter som her er antydnet er på ingen måte enestående for Norge. Man har tilsvarende problemer i alle NATO-land. Årsakene er blant annet at man har tøyd 50/60-årenes teknologi så langt som det har vært praktisk mulig etter et relativt stivt mønster. Resultatet er at man nå har fått et formidabelt administrasjonsproblem for sambandsopplegget, og taktikken kan bli sterkt bundet av sambandets begrensninger. Ved øvelser forutsettes ideelt samband, men dette bør på ingen måte være det reelle forhold i krigstilfelle.

P g a disse forhold har man i en rekke NATO-land allerede i flere år hatt studier og utviklingsprosjekter gående for å finne nye løsninger. Det er en klar tendens mot digitale systemer med høy grad av automatikk og med et stort tjenesterepertoar. Av spesielle nasjonale systemer kan nevnes det engelske Ptarmigan (vedlegg 5), det franske Rita, det tyske Post-Autokonetz og det amerikanske Mallard-systemet. Felles for dem alle er at de primært er planlagt for et relativt høyt nivå, er komplekse og kostbare. Det er lite trolig at det norske forsvar vil finne disse systemer teknisk formålstjenlige og økonomisk akseptable.

Det er derfor viktig at Forsvaret allerede nå begynner en systematisk vurdering av alternative løsninger for Hærens kommunikasjonsproblemer, slik at man står rustet til å vurdere nye utstyrskontraheringer når dette måtte bli aktuelt.

### 3 TRAFIKKEN I DIVISJONEN OG BRIGADEN

Det finnes lite eller intet om trafikkfordelingen eller behovet for informasjonsutveksling i en norsk hæroppsetting. En systematisk undersøkelse og analyse av dette slag er vanskelig og meget omfattende og ville gå langt utenfor rammen av jobb 264.

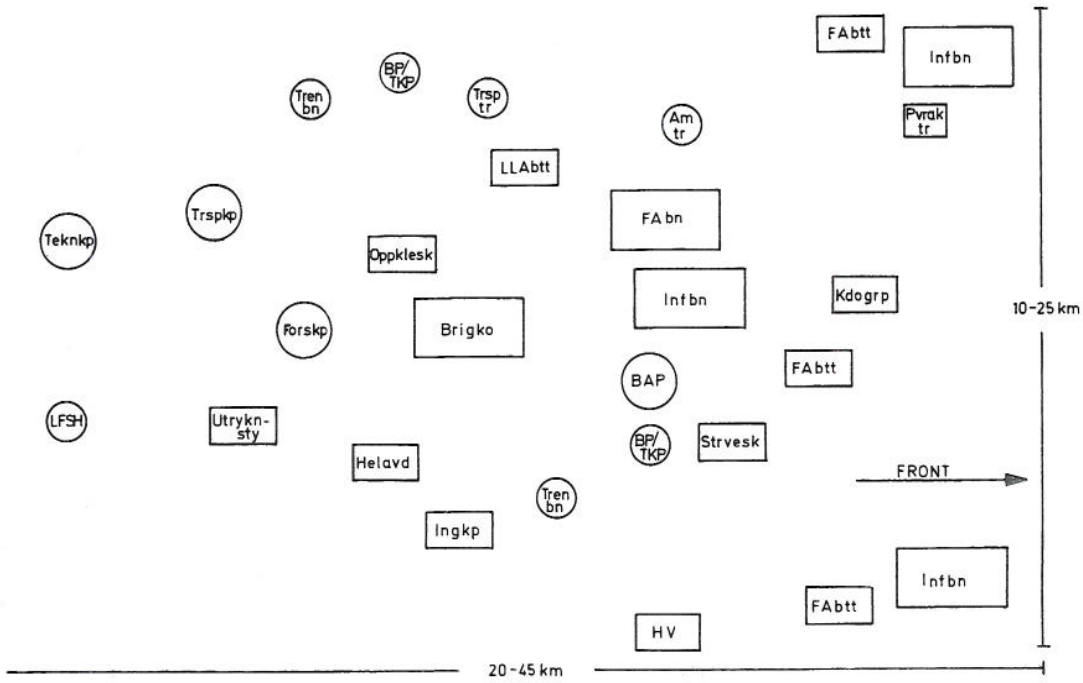
HSBSØ, Jørstadmoen, påtok seg under ledelse av ob Omreng og ob ltn Spilde å utforme en trafikkmodell for brigaden og divisjonen i 1980-årenes hæroppsetting, forutsatt at Hauge-II-utvalgets innstilling blir fulgt. FFIs spørsmålsstilling og HSBSØs bearbeiding finnes i appendiks 4.

Tallene fra Jørstadmoen må nødvendigvis være anslagsvise, men gir likevel et godt utgangspunkt for den videre analyse, idet den taktiske og administrative samhörighet mellom avdelingene klart fremkommer. Kommunikasjonssystemets følsomhet for usikkerhet i trafikkmodellen vil bli behandlet i siste kapittel.

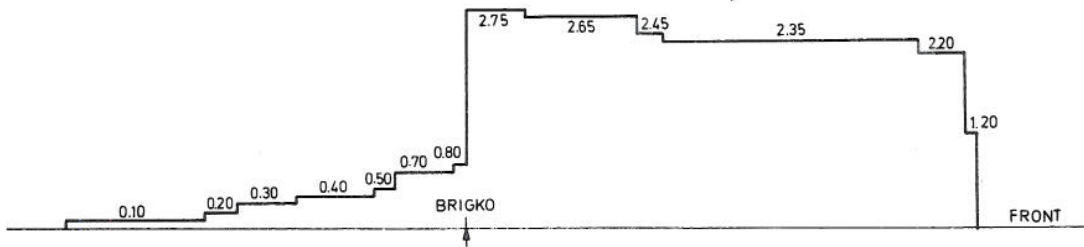
#### 3.1 Bearbeiding av trafikkdata fra HSBSØ

I Jørstadmoens bidrag (appendiks 4), Del I; vedlegg 2, er det vist et eksempel på gruppering av brigadens enheter innen et rektangulært område som er 10–25 km x 20–45 km, gjengitt her som figur 3.1. En "kortsida" (10–25 km) danner vanligvis fronten. I vedleggene 3, 4 og 5 er det for denne viste grupperingen tegnet inn trafikk tall for henholdsvis stridsledelsessamband, fly- og ildstøttesamband og forsyningssamband.

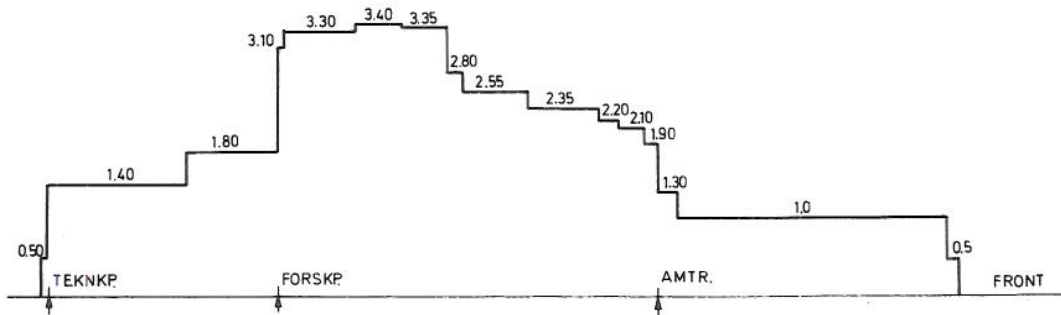
For å få et bilde av den totale trafikkfordelingen i brigaden, kan man legge inn et plan parallelt med fronten og i en avstand  $x$  km fra denne. Ved å summere opp all trafikk som passerer gjennom dette planet for ulike verdier for  $x$  ( $0 \leq x \leq 20-45$ ), får man fram trafikkfordelinger som vist på figurene 3.2, 3.3 og 3.4.



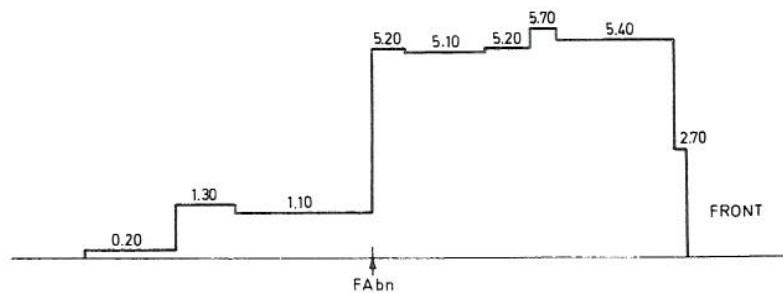
Figur 3.1 Eksempel – Gruppering brigadens enheter



Figur 3.2 Stridsledelsessamband (i erlang) på langs i brigaden



Figur 3.3 Forsyningsamband (i erlang) på langs i brigaden



Figur 3.4 Fly- og ildstøttesamband (i erlang) på langs i brigaden

I figur 3.5 er tallene fra de tre ulike sambandstypene summert. Man kommer her opp i ca 9,0 erlang som maksimum, men hele området foran Brigko har en trafikk som overstiger 5,0 erlang.

På tilsvarende måte kan man tenke seg et plan normalt på frontlinjen og finne den trafikk som flyter på tvers i brigaden. (Man "projiserer" alle trafikkveier ned på en linje parallell med frontlinjen.) Resultatene av dette er summert i figurene 3.6–3.9. På tvers i brigaden finner vi altså et maksimum på over 11,0 erlang.

Vi ser at det er fly- og ildstøttesamband som gir de vesentligste bidragene til totaltrafikken. Man finner således at:

–	Stridsledelsessamband	utgjør	5,35 erlang	over	27 trafikkveier
–	Forsyningssamband	"	4,65 "	"	29 "
–	Fly- og ildstøttesamband	"	11,3 "	"	25 "
–	Brigadens totaltrafikk	"	21,3 "	"	81 "

Naturlig nok er det Brigko som er brigadens største trafikk-knutepunkt. Til og fra denne enheten går det totalt 6,6 erlang (når man kun ser på brigadens interne trafikk).

Trafikken til/fra enheter i brigaden er vist (ordnet etter trafikks størrelse) i et stolpediagram på figur 3.10.

Av figur 3.10 finner man at det som gjennomsnitt går ca 1,6 erlang til/fra hver enkelt enhet i brigaden.

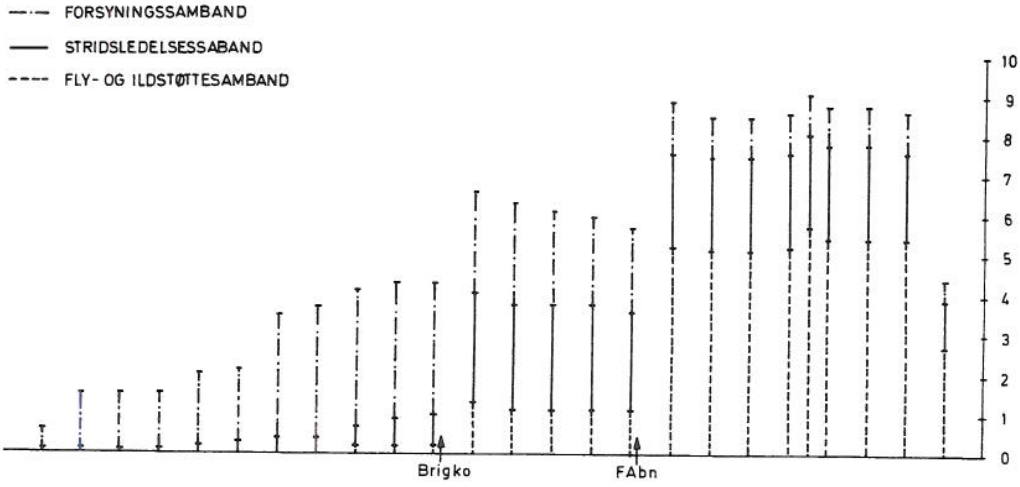
#### *Trafikkmatriser*

En videre bearbeiding av de opprinnelige trafikk tallene (Jørstadmoens bidrag, Del I, vedlegg 3, 4 og 5) forenkles betydelig ved etablering av trafikkmatriser.

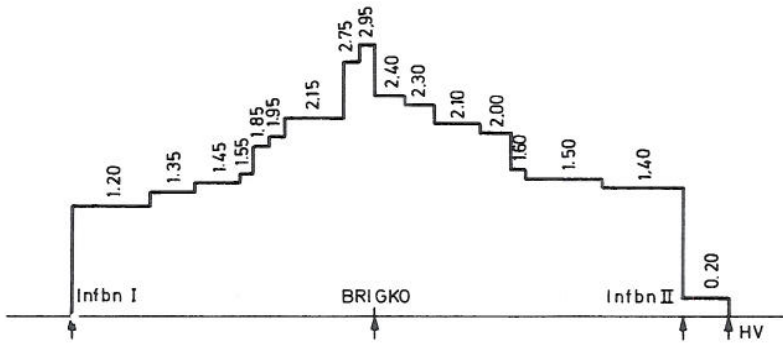
Tabell 3.1 viser trafikkmatrisen for enhetene i brigaden. Denne forteller f.eks. at det mellom Brigko og Infbn I totalt går 0,8 erlang, mens det mellom Teknkp og Infbn III totalt går 0,1 erlang.

Det kan lett innsees at summen av alle tallene i linjen og spalten for en enhet utgjør den totale trafikken til/fra enheten, slik figur 3.10 viste. (Eksempel: I linjen for BAP finner vi  $0,3+0,2+0,2 = 0,7$  erlang, mens vi i spalten for BAP finner 0,4 erlang. Altså er total trafikk til/fra BAP  $0,7+0,4 = 1,1$  erlang, se figur 3.10.) Elementer med verdi lik null er utelatt i matrisen.

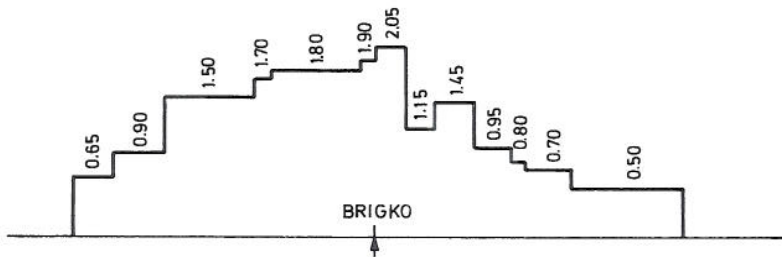
En liknende behandling av trafikk tallene for divisjonens enheter (Jørstadmoens bidrag, Del II, vedleggene 3, 4 og 5) gir de to trafikkmatrisene som er vist i tabell 3.2 og tabell 3.3. (Sistnevnte tabell fremkommer av Jørstadmoens Del II, vedlegg 5.) Også her er elementer som angir 0 erlang utelatt. Figur 3.11 gir divisjonens gruppering.



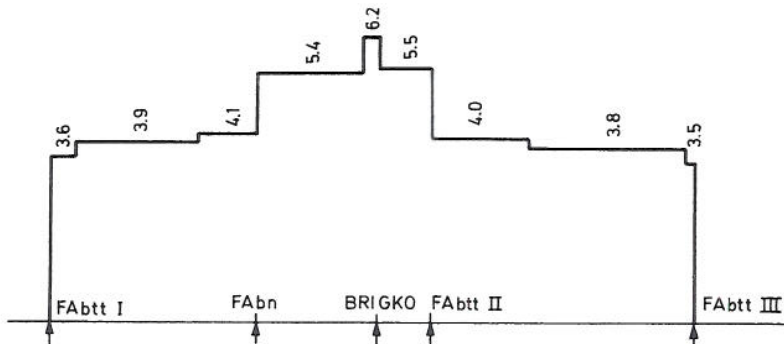
Figur 3.5 Trafikk (i erlang) på langs i brigaden



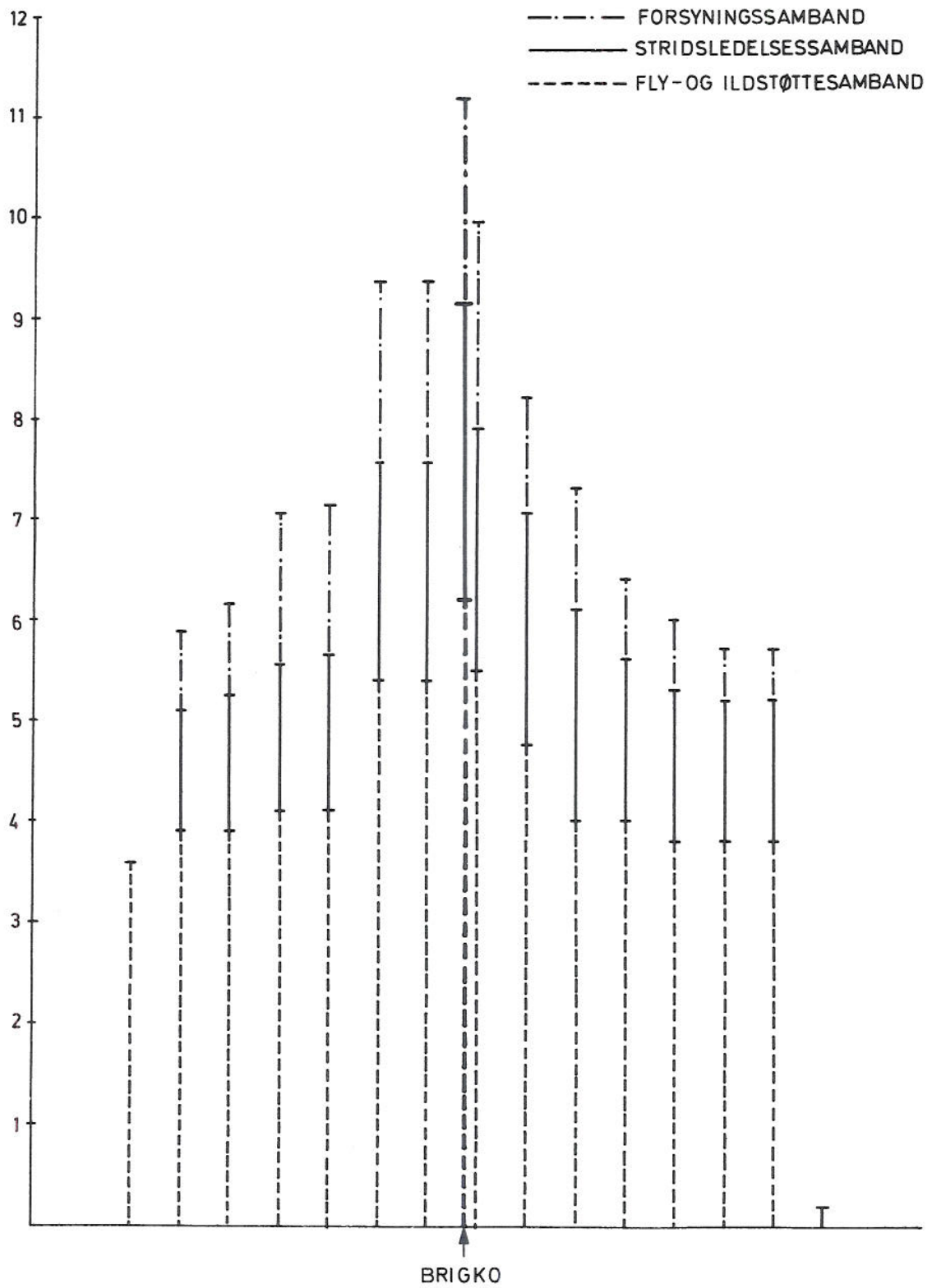
Figur 3.6 Stridsledelsessamband (i erlang) på tvers i brigaden



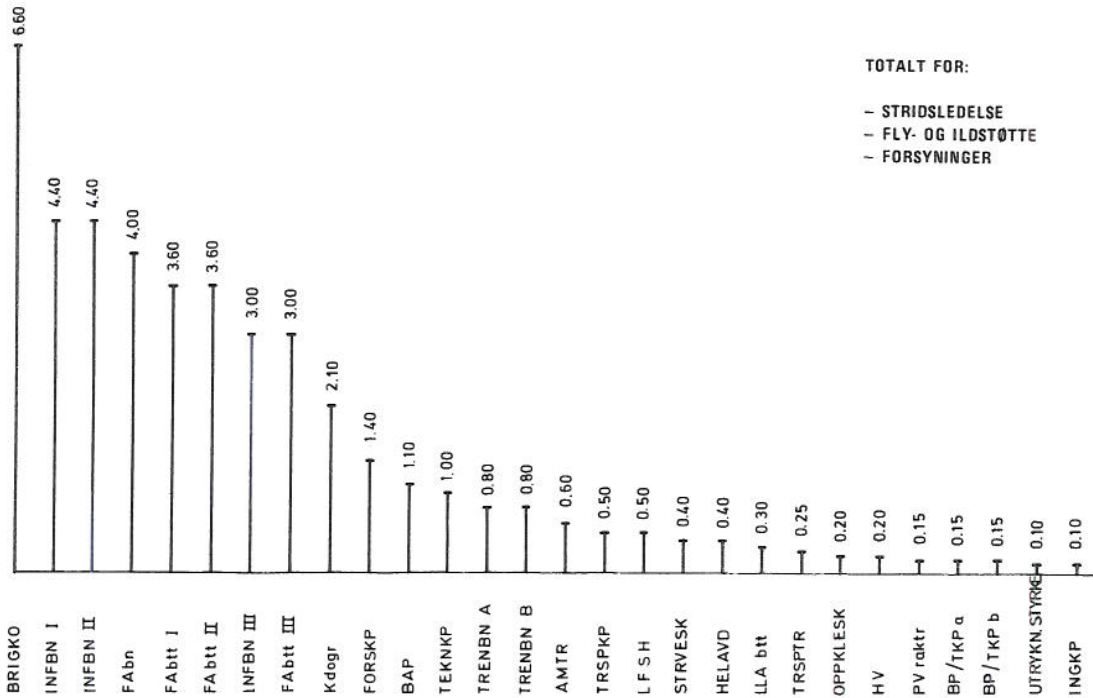
Figur 3.7 Forsyningssamband (i erlang) på tvers i brigaden



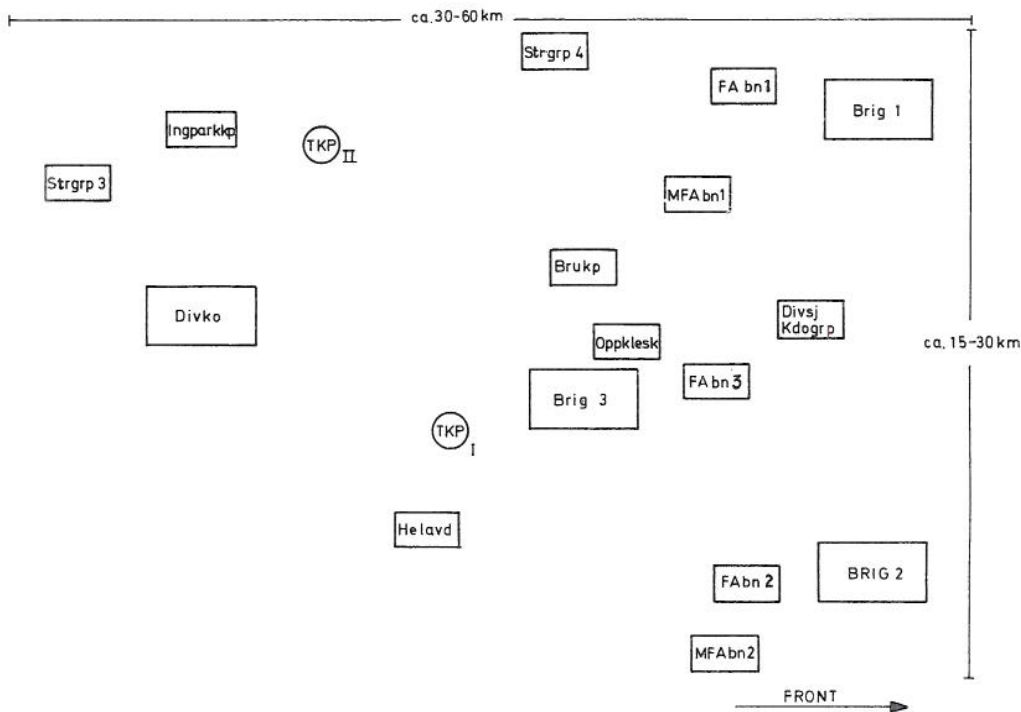
Figur 3.8 Fly- og ildstøttesamband (i erlang) på tvers i brigaden



Figur 3.9 Trafikk (i erlang) på tvers i brigaden



Figur 3.10 Trafikk til/fra enheter i brigaden (i erlang)



Figur 3.11 Eksempel – Divisjonens gruppering

	Brigko	Infbn I	Infbn II	FAbn	FAbtt I	FAbtt II	Infbn III	Kdogr	Forskp	BAP	Teknkp	Trspkp
Infbn II	0,8											
Infbn I	0,8	0,1										
FAbn	0,6	0,1	0,1									
FAbtt I		1,2	0,6	0,8								
FAbtt II		0,6	1,2	0,8	0,2							
Infbn III	0,5	0,1	0,1		0,6	0,6						
FAbtt III		0,6	0,6	0,8	0,2	0,2	0,6					
Kdogr	0,5	0,4	0,4	0,2			0,2					
Forskp	0,3			0,2			0,2					
BAP	0,3	0,2	0,2									
Teknkp	0,3			0,2			0,1					
Trenbn A	0,2		0,3						0,2		0,1	
Trenbn B	0,2	0,3							0,2		0,1	
Amtr	0,1			0,2					0,3			
Trspkp	0,3											
LFSH	0,1									0,4		
Strvesk	0,2							0,2				
Helavd	0,4											
LLAbtt	0,3											
Trsptr	0,05											0,2
Oppklesk	0,2											
HV	0,1							0,1				
PVraktr	0,05							0,1				
BP/TKP <sub>a</sub>	0,05										0,1	
BP/TKP <sub>b</sub>	0,05										0,1	
Utrykn styrke	0,1											
Ingkp	0,1											

Tabell 3.1 Trafikkmatrise for enheter i brigaden

	Brig 1	Brig 2	Brig 3	FAbn 1	FAbn 2	FAbn 3	KDO (Div)	Oppklesk	Bruk	MFAbn 1	MFAbn 2	Helavd	Strgrp 3	Strgrp 4	Ingparkkp
Divko	1,1	1,0	0,9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,05	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,05
Brig 1		0,2	0,1				0,5								
Brig 2			0,3				0,5								
Brig 3							0,3								
FAbn 1										1,1					
FAbn 2											1,1				

Tabell 3.2 Trafikkmatrise for enheter i divisjonen

	KR <sub>a</sub>	KR <sub>b</sub>	Fors./vedl avd <sub>a</sub>	Fors./vedl avd <sub>b</sub>	} Enheter ikke tilhørende divisjonen
Divko	0,2	0,2			
Strgrp 3	0,2		0,1		
Strgrp 4	0,2		0,1		
Brig 1	0,3		0,1		
Brig 2		0,3		0,1	
Brig 3		0,3		0,1	
} Enheter i divisjonen					

Tabell 3.3 Trafikkmatrise for enheter i og utenfor divisjonen

### 3.2 Områdesystem

Før man kan gå videre i bearbeidelsen av HSBSØ arbeid må man fastlegge en del hovedparametre for et fremtidig taktisk sambandssystem. Valgene kan her virke lite begrunnet, men man vil detaljbehandle hvert enkelt parametervalg i de senere kapitler.

Et av hovedkravene til et taktisk kommunikasjonssystem bør være at det skal kunne funksjonere tilfredsstillende til tross for store ødeleggelser. Selv om deler av telekommunikasjonssystemet er ute av drift, enten p g a fiendtlig angrep, raske forflytninger, mangelfull koordinering av sambandsopplegget i en krisesituasjon, direkte teknisk svikt



av deler av systemet og lignende, bør informasjon og ordrer kunne utveksles mellom de lavere enheter som kjemper og Divko/ØKS,N. Man ser da straks at dette kravet fører til et system med alternative rutingsveier eller et såkalt områdesystem.

Systemets modulasjonsform bør være digital idet det muliggjør en relativt enkel innføring av kryptosystemer. Den digitale representasjon er meget velegnet for chifring i motsetning til hva tilfellet er ved en analog modulasjonsform.

Videre indikerer den teknologiske utvikling at både transmisjons-, administrasjons- og switchingdata bør foreligge på digitalform. Utviklingen på det teknologiske område for digital teknologi og komponenter er enorm, og det er intet som tyder på at denne utviklingstendensen vil endres i 70-årene.

Ut fra disse refleksjoner kan man relativt enkelt slutte at man for det taktiske telekommunikasjonssystem som her skal studeres, bør tilstrebe et områdesystem med integrert switching og transmisjon.

Videre velger man en radiofrekvens som krever tilnærmet fri sikt mellom stasjonene. Dette av hensyn til flerveisfading, antennestørrelser, båndbredder, jamming og effektforbruk.

Med denne bakgrunn kan man bearbeide Del III av HSBSØs bidrag.

### 3.3 Eksempel på trafikkfordeling i sambandsnett

I Jørstadmoens bidrag (Del III med kartvedlegg) er tenkte (realistiske) stridssituasjoner beskrevet med angivelse av enheters gruppering på kart. Beskrivelsen gjelder fire hovedsituasjoner: Divisjon Vest, fase 1 og 2 og Divisjon Øst, fase 1 og 2. Disse kartene oppbevares på FFI p g a sine meget store format. For alle fire situasjoner er det fra FFIs side tegnet inn eksempler på et mulig område-sambandssystem. Disse finnes som spesielle vedlegg til denne dokumentasjonen (vedlegg 1).

De krav man stilte til de etablerte maskenett var:

- a) Enkelt å sette opp
- b) Færrest mulig stasjoner
- c) Fri sikt mellom stasjonene
- d) Lett adkomst til stasjonsposisjonen
- e) Fleksibilitet ved forandringer i krigføring
- f) Alle større avdelinger skal lett komme inn i nettet
- g) Gode omrutingsforhold ved skader
- h) Fire terminaler i hvert knutepunkt

Valget i h begrunnes som følger: Man ønsker enklest mulig switch, og p g a dens digitale natur bør antall porter være 2, 4, 8, ...,  $2^n$ . Utstyrmengden pr knutepunkt må minimaliseres p g a frekvenstildelingsproblemer og rent operativt. Fire porter ble derfor funnet å danne et godt kompromiss.

Hvor godt fri sikt kravet er oppfylt, er vist ved at man på hver link har påført minsteavstand til terrenget fra den rette linje mellom knutepunktene (gjelder stedet avstanden er oppgitt).

De mindre avdelinger med lite kommunikasjonsbehov finner man det ikke riktig å tilknytte nettet direkte. Her tenker man seg benyttet radioadgang, tilsvarende såkalt "single channel radio access", SCRA, i andre systemer.

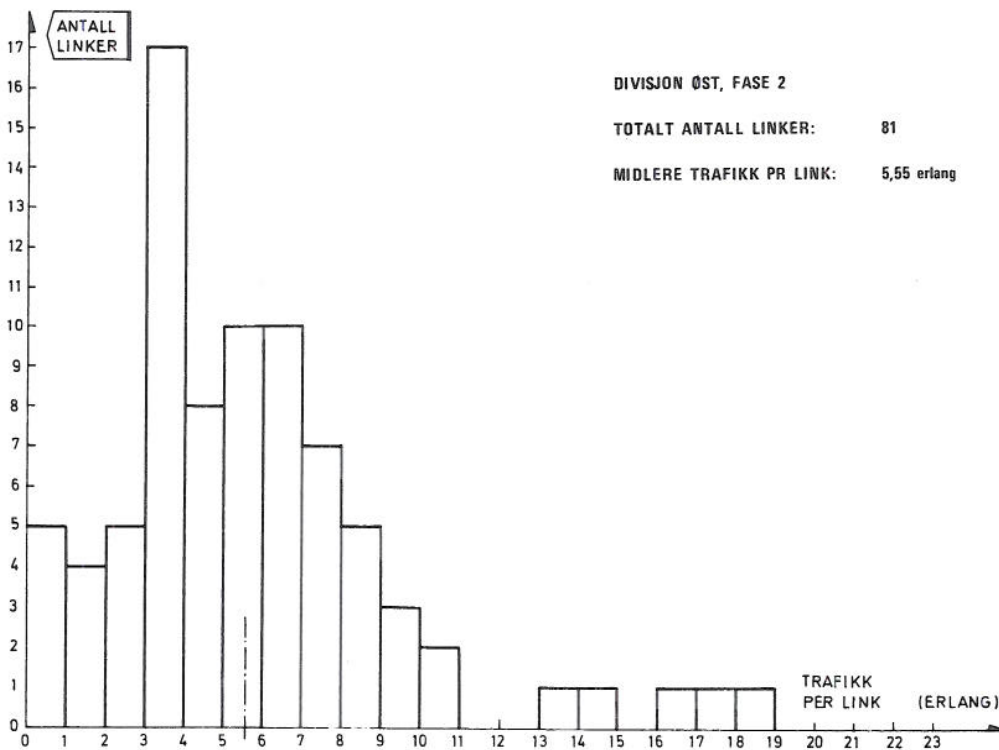
Man finner fort at ca 10 stasjoner i middel er tilstrekkelig pr brigade i de fleste terrengetyper og stridsformer. Terrenget rundt Vansjø i Østfold er meget flatt og skogbevokst, men likevel er det, ifølge kartet, mulig å etablere et nett med samme antall stasjoner som i Vestfold.

For fase 1 i Østfold er midlere avstand mellom knutepunktene ca 7,7 km. Største avstand er 22 km og minste 1,5 km. 25% av strekkene er over 10 km lange.

Man ser lett at det vil være adgangsproblemene som er av størst betydning ved en kostnads- og effektivitetsvurdering av et slikt system. Det er her de største utgiftene ligger, og hvor behovet for en optimal løsning vil være størst. Det er av den største betydning at man finner en god teknisk og brukervennlig løsning på adgangsproblemet. Disse problemer vil være gjenstand for detaljert behandling i senere kapittel.

For situasjonen Div Øst, fase 2 (vilkårlig valgt) har man så tegnet inn alle trafikkallene som ble vist i tabellene 3.1, 3.2 og 3.3 og summert for hver enkelt link.

Totalt ble det 81 linker i systemet for dette tilfellet, og fordelingen av trafikken på linkene er vist i figur 3.12.

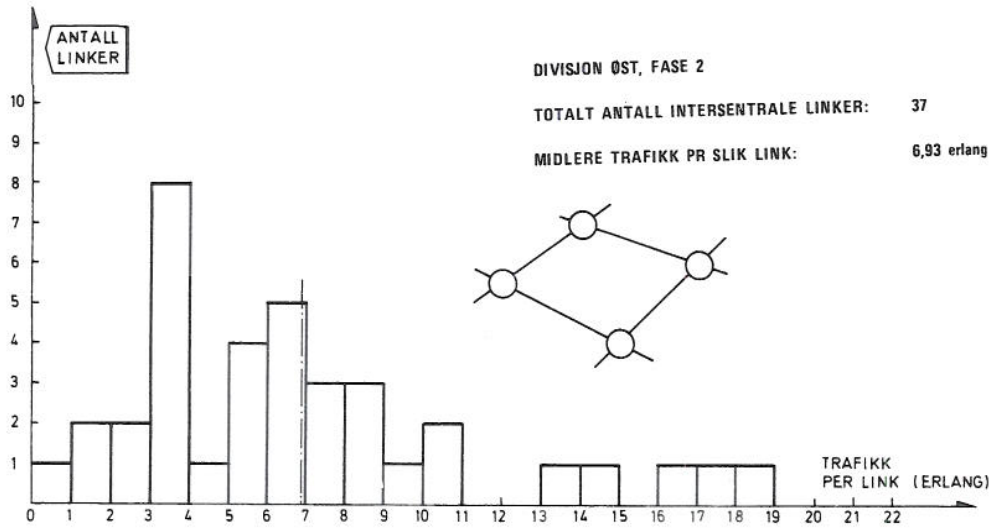


Figur 3.12 Trafikkfordeling over linkene

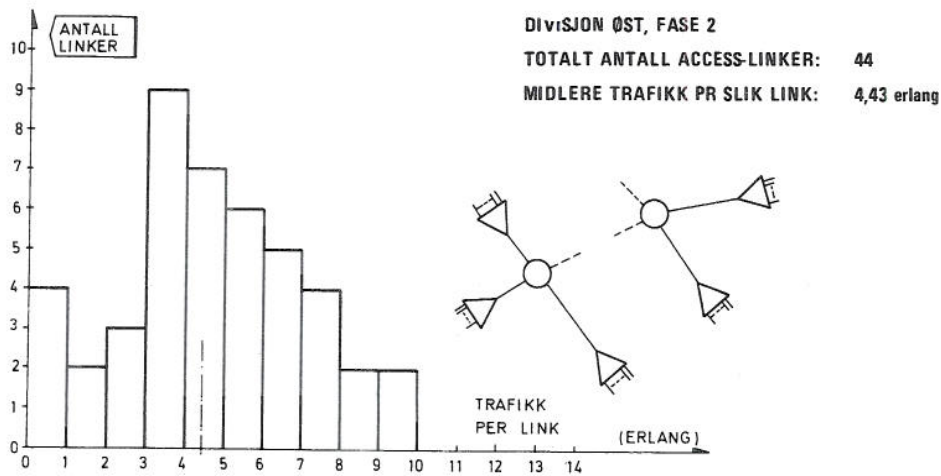
Gjennomsnittlig går det 5,55 erlang pr link, og på nesten en fjerdedel av linkene (17 stk) går det en trafikk som ligger mellom 3,0 og 4,0 erlang.

Fra et trafikkmessig synspunkt er det viktig å skille mellom intersentrale linker (mellom transittsentraler) og access-linker (mellom MUX-er og transittsentraler). Dette fordi kanalene i intersentrale linker er fellesorganer for alle anrop, mens kanalene i access-linkene er tilordnet hver sin abonnentterminal på MUXen. (Fast, individuell tilordning er valgt i vårt tilfelle.)

Trafikkfordelingen for de intersentrale linkene er vist separat på figur 3.13, mens figur 3.14 viser tilsvarende for access-linkene.



Figur 3.13 Trafikkfordeling over intersentrale linker



Figur 3.14 Trafikkfordeling over access-linkene

Det valgte eksemplet viser altså følgende resultater:

	Intersentrale linker	Access-linker
Antall linker	37	44
Midlere-trafikk/link	A=6,93 erlang	A=4,43 erlang
Hyppigste trafikk/link	$3,0 \leq A < 4,0$ erlang	$3,0 \leq A < 4,0$ erlang
Maksimal trafikk/link	18,4 erlang	9,85 erlang

Tabell 3.4 Trafikkstatistikk for linkene

### 3.4 Sperringssannsynligheter

Ved trafikkmessig dimensjonering av telefonsystemer vil man vanligvis anta:

- Anropene ankommer uavhengig av hverandre og følger den såkalte Poissonfordelingen. (Sannsynligheten  $P_k(T)$  for at k anrop kommer i tidsrommet T er gitt ved  $P_k(T) = (\lambda T)^k (k!)^{-1} \exp(-\lambda T)$  der  $\lambda$  er anropshyppigheten.)
- Varighetene av samtalene er uavhengige, men følger alle den samme fordeling med en endelig middelvei  $\tau$ . (Ofte antar man eksponensialfordelte samtaletider.)

- c) Et anrop som ankommer når alle  $n$  organer (kanaler) er opptatt, blir avvist fra systemet og går tapt. Vi har et såkalt tapssystem ("Loss System").

Disse antakelsene fører til at antall belagte kanaler vil følge Erlang-fordelingen

$$S_x = \frac{(\lambda \cdot \tau)^x (x!)^{-1}}{\sum_{i=0}^n (\lambda \cdot \tau)^i (i!)^{-1}}$$

der  $S_x$  angir sannsynligheten for at nøyaktig  $x$  kanaler er belagt. Produktet  $A = \lambda \cdot \tau$  kalles tilbudt trafikk. Størst interesse har verdien av  $S_x$  for  $x=n$

$$B = S_n = \frac{A^n \cdot (n!)^{-1}}{\sum_{i=0}^n A^i \cdot (i!)^{-1}}$$

Denne angir sannsynligheten for at et anrop blir avvist på grunn av sperring ("Congestion" eller "Blocking").

Den observerbare tilnærming til  $B$  vil da være forholdet mellom antall sperrede anrop i et langt tidsrom og det totale antall anrop i dette tidsrom

$$B \approx \frac{\# \text{ sperrede anrop}}{\# \text{ anrop totalt}}$$

Dette forholdet kalles anropssperring ("Call Congestion"). Som et eksempel kan nevnes at et simulert system med  $n=24$  kanaler og tilbudt trafikk  $A=13$  erlang fikk 3549 anrop i løpet av et simulert tidsrom på 10 timer, og 9 av disse anropene ble avvist. Det gir en anropssperring på 0,25%. (Dette eksemplet hadde  $\lambda=5,9$  anrop/minutt og  $\tau=2,2$  minutter.)

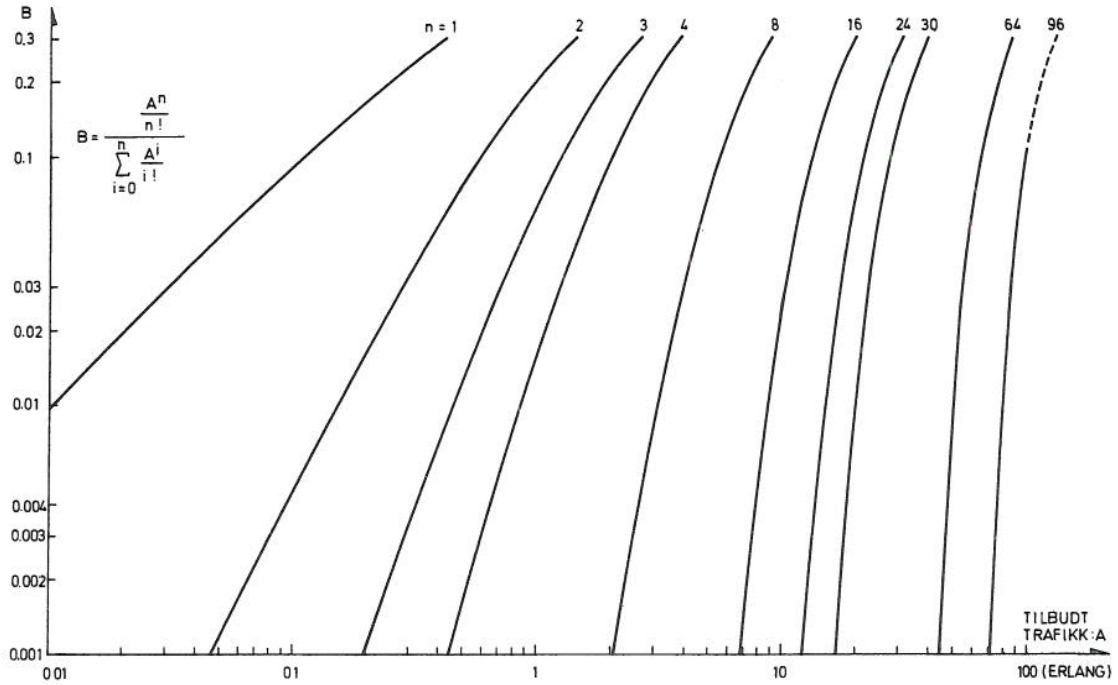
Vår forutsetning om at anropene ankommer etter en Poissonfordeling medfører at anropssperringen blir lik tidssperringen ("Time Congestion") som er forholdet mellom den samlede tid, der alle  $n$  kanaler er belagt innen et langt tidsrom og varigheten av dette tidsrommet

$$B \approx \frac{\sum \text{ Tidsintervaller med } n \text{ belagte kanaler}}{\text{Totalt tidsrom}}$$

$B$  som funksjon av  $A$  og  $n$  er vist i figur 3.15 for valgte verdier av  $n$  og med  $A$  som kontinuerlig variabel ( $0,01 E \leq A \leq 100 E$ ). Eksempelet med  $A=13$  erlang og  $n=24$  kanaler er spesielt avmerket. Vi ser at  $B=0,20\%$  mens den simulerte anropssperringen var 0,25%.

Denne konvensjonelle trafikkteorien betrakter altså de  $n$  kanalene som fullt tilgjengelige fellesorganer som samlet tilbys en trafikk  $A$ . Vi ser derfor at  $B$ -formelen i første rekke har gyldighet for de intersentrale linkene. Forutsetningen om Poissonfordel: "input" er også best etterkommet i disse linkene.

Med  $n=30$  ser man av figur 3.15 at  $A$  ikke bør overstige 20–25 erlang, men helst ligge i området 16–18 erlang som maksimum, slik at sperringssannsynligheten blir av størrelsesorden promille.



Figur 3.15 Sperringssannsynlighet

Sammenholder man dette med figur 3.13, virker det som om  $n=30$  er et ganske rimelig valg, selv om det må påpekes at tyngdepunktet av fordelingen i figur 3.13 ligger ved så lave trafikk tall at kanalutnyttelsen gjennomsnittlig blir meget liten. I et militært område-sambandssystem er imidlertid dette ikke noe tungtveiende argument, fordi det vesentlige ved et slikt system er at enhver operativ link skal kunne være reservelink for andre som eventuelt blir satt ut av drift på grunn av forflytninger, feil, jamming eller ødeleggelse. Det vesentlige her er altså at man lett får tilfeller der trafikken overstiger ca 15 erlang pr link, slik vi så i figur 3.13. Her kan vi jo også minne om at figur 3.9 allerede viste at man bare innen en enkelt brigade var oppe i ca 11 erlang gjennom et plan som krysset brigaden normalt på frontlinjen ("projisert trafikk" på tvers av brigaden). Med tre slike brigader i divisjonsforband ute i terrenget synes det ikke urimelig å anta at situasjoner der områdesambandssystemet tilbys opptil 15–25 erlang pr link, kan oppstå. I slike tilfeller er 30 kanaler nødvendig for å holde sperringssannsynligheten nede.

I semi-manuelle systemer (med betjente ekspedisjonsplasser o.l) og i automatsystemer med spesialprogramerte tjenester (automatisk tilbakeringing o.l), vil ikke vår tidligere antakelse c (om at anrop som finner alle kanaler belagt, avvises og går tapt) ha full gyldighet lenger.

La oss i stedet innføre en ny antakelse:

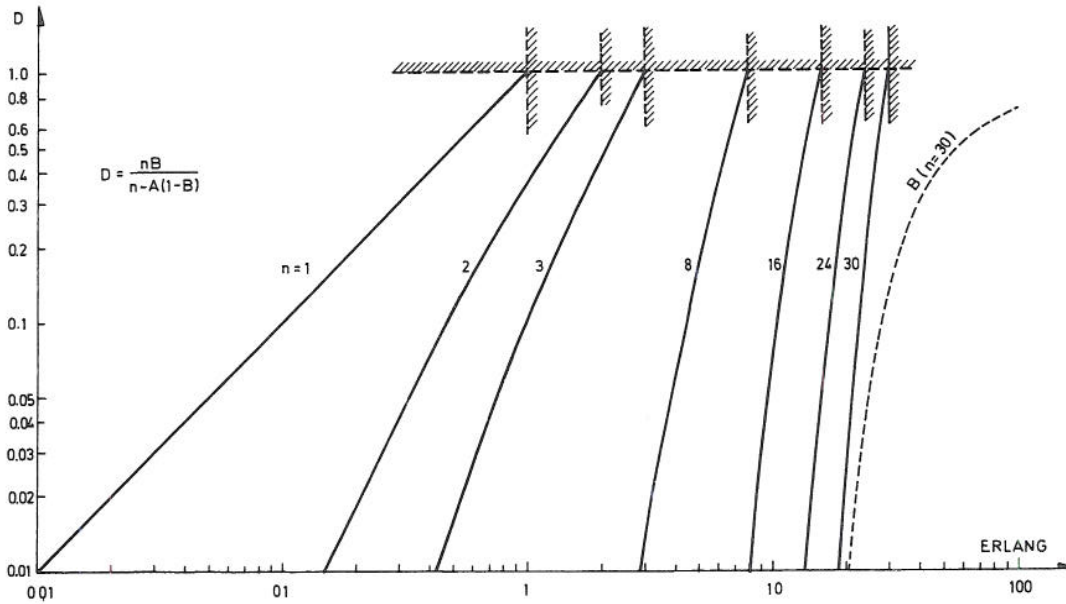
- c') Dersom et anrop som ankommer, ikke kan ekspederes øyeblikkelig på grunn av mangel på ledig kanal, blir anropet stilt i kø for å vente.

Dette gir et såkalt ventetidssystem ("Delay System"). Man finner at sannsynligheten for å måtte vente er

$$D = \frac{nB}{n - A(1-B)}$$

Leddene  $A(1-B)$  vil vi kunne gjenkjenne som den avviklede trafikken i tapssystemet. I ventetidssystemet er tilbudt trafikk lik avviklet trafikk, under den bestemte forutsetning at  $A < n$  ( $A > n$  vil jo gi uendelig lange køer).

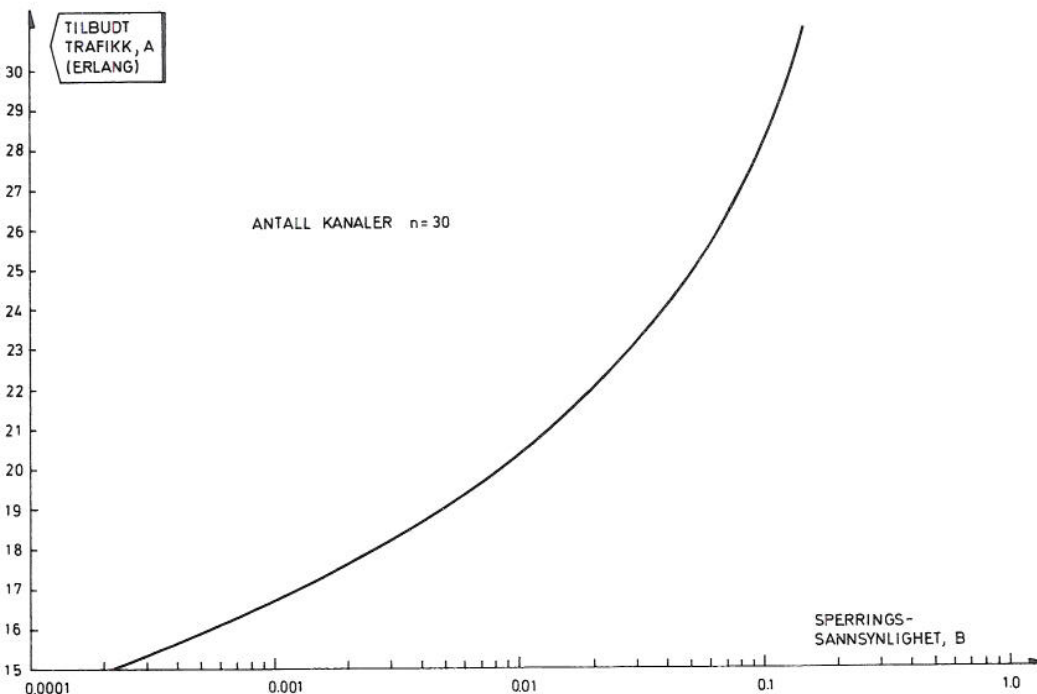
D som funksjon av A og n er vist i figur 3.16.



Figur 3.16 Sannsynlighet for venting

For sammenlikningens skyld er også verdien av  $B$  for  $n=30$  stiplet inn på denne figuren. Man ser at  $B$  og  $D$  blir tilnærmeelsesvis like store for trafikktall under 20 erlang. Innføring av visse former for køsystemer i telefonnettet skulle således ikke få vesentlige konsekvenser for trafikkavviklingsevnen. (Systemet vil jo ikke i noe fall bli et rent ventetids-system.)

For spesialtilfellet  $n=1$  kan man merke seg at  $D=A$ , mens  $B=A(A+1)^{-1}$ . For  $n=30$  er det i figur 3.17 for dette kanaltallet vist hvordan tilbudt trafikk vil variere innen det viktigste området for sperrings sannsynligheten.



Figur 3.17 Trafikk vs sperrings sannsynlighet for  $n=30$

For en rekke formål (som f.eks. ved sperringsmessig dimensjonering av switchene og ved vurdering av de trafikkmessige konsekvenser av spesielle tjenester i nettet) vil man ha behov for å kjenne sannsynligheten  $H(p)$  for at  $p$  spesifiserte kanaler av de  $i$  alt  $n$  kanalene er opptatt. Denne kan vi bestemme på følgende måte:

For at  $p$  kanaler skal være opptatt, må i alle fall  $x$  kanaler være opptatt, og  $x$  må oppfylle kravet

$$p \leq x \leq n$$

Sannsynligheten for at  $x$  kanaler er opptatt har vi foran kalt  $S_x$  (vi ser på et rent tapssystem). Vi hadde

$$S_x = \frac{A^x (x!)^{-1}}{\sum_{i=0}^n A^i (i!)^{-1}}$$

Totalt vil det være  $\binom{n}{x}$  mulige tilfeller der  $x$  kanaler (av  $i$  alt  $n$ ) er opptatt. Blant disse tilfellene er det bare  $\binom{n-p}{x-p}$  tilfeller der de  $p$  spesifiserte kanalene er opptatt. Det vil si at dersom vi vet sikkert at  $x$  kanaler er opptatt, ( $p \leq x \leq n$ ), vil sannsynligheten for at de  $p$  spesifiserte kanalene er opptatt være gitt ved

$$\frac{\binom{n-p}{x-p}}{\binom{n}{x}}$$

Den søkte totale sannsynlighet  $H(p)$  vil altså være

$$H(p) = \sum_{x=p}^n \frac{\binom{n-p}{x-p}}{\binom{n}{x}} \cdot \frac{A^x (x!)^{-1}}{\sum_{i=0}^n A^i (i!)^{-1}}$$

Av beregningsmessige hensyn bør dette omformes slik at vi for spesialtilfellet  $n=30$  får

$$H(p) = \sum_{x=p}^{30} \frac{\binom{30-p}{x-p}}{\binom{30}{x}} \cdot \frac{A^x (x!)^{-1} \cdot e^{-A}}{\sum_{i=0}^{30} A^i (i!)^{-1} \cdot e^{-A}}$$

Når  $p$  er liten vil det være lettere å regne ut

$$H(p) = 1 - (1 - H(p)) = 1 - \sum_{x=0}^{p-1} \frac{\binom{30-p}{x-p}}{\binom{30}{x}} \cdot \frac{A^x (x!)^{-1} \cdot e^{-A}}{\sum_{i=0}^{30} A^i (i!)^{-1} \cdot e^{-A}}$$

Access-linkene skiller seg i trafikkmessig henseende vesentlig fra de intersentrale linkene ved at hver kanal i en access-link er fast tilordnet en abonnentterminal på MUX-en.

Den enkelte abonnent vil altså ikke oppleve sperring på forbindelsen mellom seg og transittsentralen som han er tilknyttet.

Derimot vil anrop til abonnenten ha en positiv sannsynlighet for å møte sperring. Denne situasjonen vil være karakterisert ved  $n=1$ , og vi kan anta at all trafikk på linken blir jevnt fordelt på alle kanaler. Tilbudt trafikk pr kanal ( $A_k$ ) blir da

$$A_k = \frac{A}{30}$$

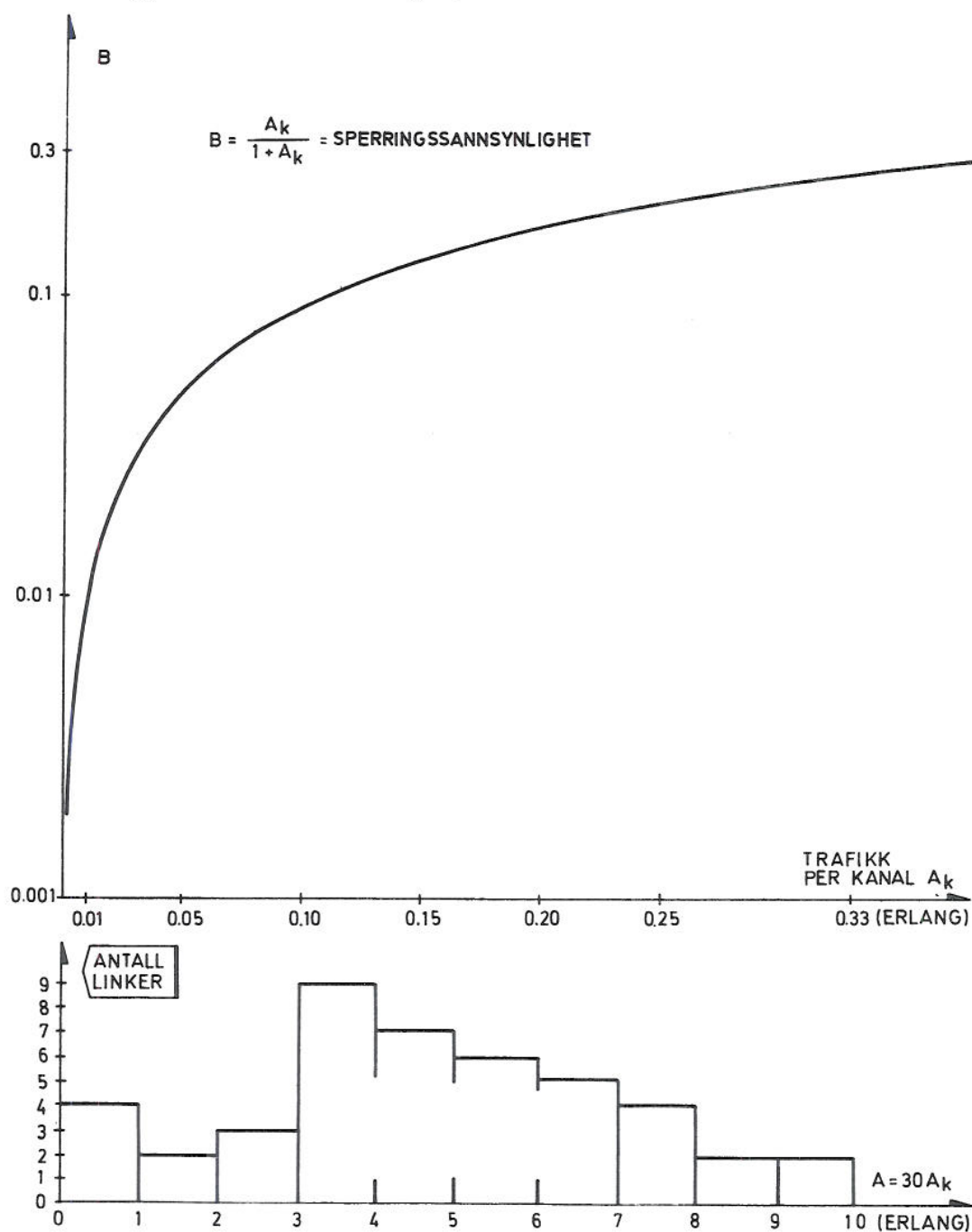
I figur 3.14 så vi at  $A$  lå i området  $0 < A < 10$  erlang, slik at vi finner

$$0 < A_k < 0,33$$

For  $n=1$  har vi sett at

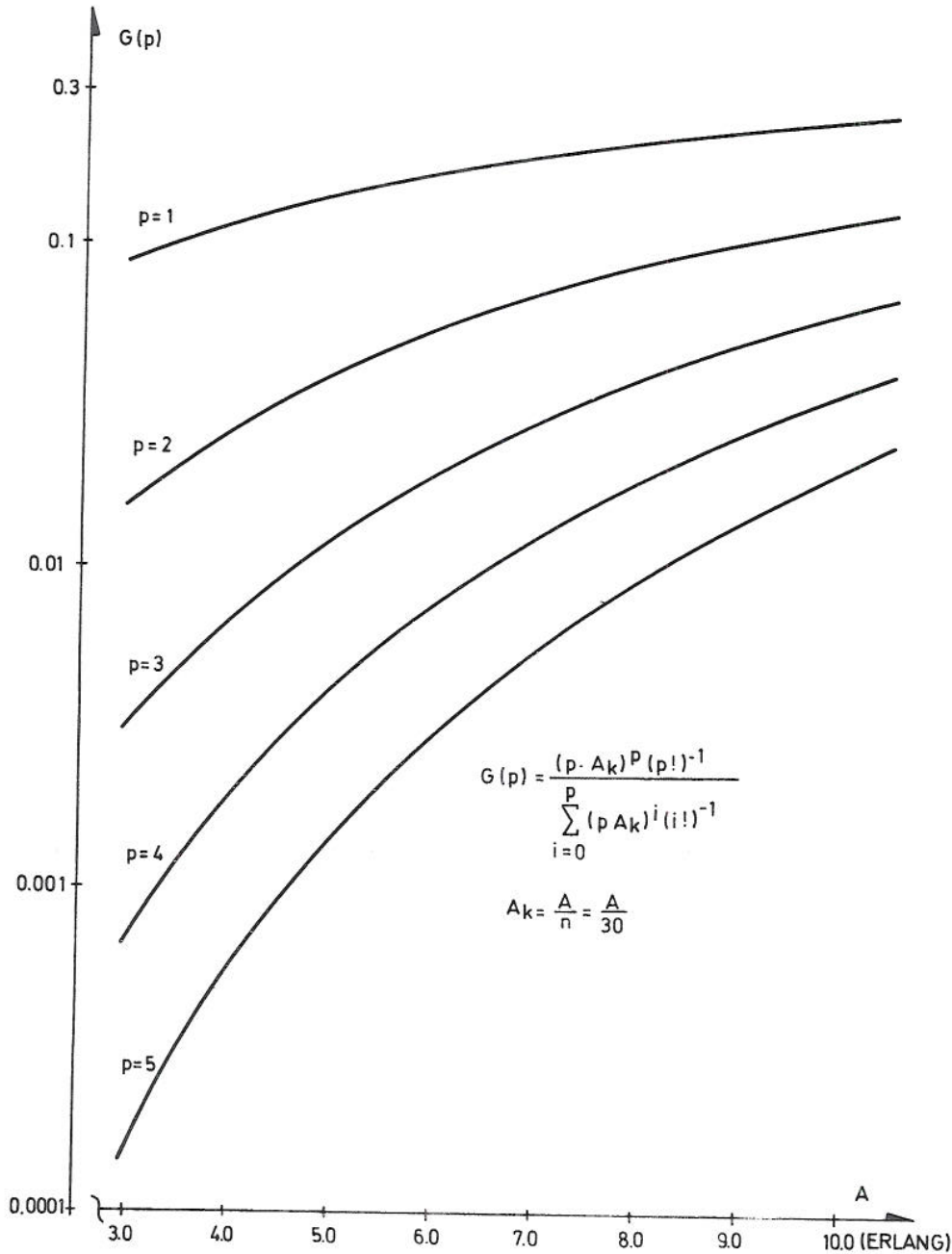
$$B = \frac{A_k}{1 + A_k}$$

$B$  som funksjon av  $A_k$  innen det aktuelle området er vist i figur 3.18. Vi ser at sperringen raskt når opp i verdier mellom 10 og 30%.



Figur 3.18 Trafikkfordelingen over access-linkene, se figur 3.14





Figur 3.19 Sperrings sannsynlighet med  $p$  stk abonnentapparater og kanaler

Det ble her forutsatt at alle 30 kanaler ble benyttet og at de delte trafikken jevnt mellom seg ( $A_k = A/30$ ). Prinsipielt er det riktigere å betrakte  $A_k$  som midlere tilbudte trafikk pr abonnentlinje, uavhengig av det totale kanaltallet. Figur 3.18 har da fortsatt full gyldighet, men aktuelle verdier på  $A_k$  vil selvsagt øke når antall utnyttede kanaler avtar og  $A$  er konstant.

Når antall trafikkgenerende enheter er mindre enn 30, synes det rimelig at man søker å utnytte kapasiteten optimalt ved å la hver slik enhet (kommandoplass, ekspedisjonsrom o.l.) ha flere ( $p$  stk) abonnentapparater og kanaler i access-linken til sin rådighet. (Man benytter seg da av en spesialtjeneste som kalles gruppenummerering, hvilket omtales annensteds i rapporten.) Spørsmålet som nå vil reise seg er: "Hva er sannsynligheten  $G(p)$  for at disse  $p$  bestemte kanalene er opptatt, når midlere trafikktilbud pr kanal er  $A_k$ ?"

Den trafikkmessige forskjellen mellom intersentrale linker og access-linker som allerede er påpekt, gjør at  $G(p)$  blir forskjellig fra  $H(p)$ . Følgende resonnement må nå følges:

De  $p$  kanalene tilbys samlet en trafikk lik  $p \cdot A_k$ . Den delen av denne trafikken som blir avvist fordi alle  $p$  kanaler er opptatt vil gå tapt og vil ikke berøre de  $n-p$  øvrige kanalene. På samme måte vil den øvrige trafikken på access-linken (gitt ved  $(n-p)A_k$ ) ikke virke inn på de  $p$  spesifiserte kanalene. Vi har altså et rent tapssystem med  $p$  kanaler og en tilbudt trafikk lik  $p \cdot A_k$ . Det betyr at  $G(p)$  blir lik den vanlige B-formelen

$$G(p) = \frac{(p \cdot A_k)^p (p!)^{-1}}{\sum_{i=0}^p (i \cdot A_k)^i (i!)^{-1}}$$

La oss anta at forskjellige  $p$ -verdier praktisk kan velges slik at alle 30 kanaler blir utnyttet.  $A_k$  kan da settes lik  $A/30$ .

De mest aktuelle verdiene for  $p$  vil trolig være  $p=1, 2, 3, 4, 5$ , mens vi med utgangspunkt i figur 3.14 naturlig konsentrerer interessen om trafikk i området  $3 \leq A \leq 10$  erlang. Resultatet er vist i figur 3.19. Kurven for  $p=1$  representerer det samme som kurven for  $B$  i figur 3.18.

## 4 VALG AV FREKVENS OG MODULASJONSFORM FOR ET OMRÅDESYSTEM

### 4.1 Frekvensvalg

Følgende krav må tillegges interknutepunkt sambandet:

- Radiolink må benyttes, kabel eller linje bare dersom det finnes på stedet
- Sambandet må ha direkte antenner for å lette frekvensallokeringen i et nett, for å redusere flerveis-fading og for å redusere sendereffekten
- Jammings- og avlyttingsmulighetene må minimaliseres
- Antenner, og utstyr forbundet med disse, må være lett bærbar og robuste
- Frekvensen bør være høy av hensyn til båndbreddekravene

Alle disse kravene trekker i retning av å nytte SHF-området. Militære brukere har pr i dag adgang til frekvensområdet 14,5–15,35 GHz.

I dette frekvensområdet kan man med meget små antenner oppnå høy direktivitet, med lavt side- og bakover-lobe nivå.

Effektforbruket vil bli lavt fordi man bør operere med tilnærmet fri sikt mellom stasjonene, og fordi man nå etter hvert får faststoffkomponenter som gir en meget økonomisk effektgenerering i SHF-området.

Arbeidet med mikrominiaturisering av mikrobølgekomponenter er kommet meget langt slik at det er antennen som vil bestemme dimensjonene på utstyret. Dersom man nytter et parabolisk speil med senterfødning, kan elektronikken plasseres direkte på baksiden av dette og man oppnår derved en god pakketetthet for utstyret.

Hvis man i en avstand av 10 km ønsker en hovedstrålediameter på 1 km, trenger man en antennediameter på ca 35 cm ved frekvensen 15 GHz. Antenne med mikrobølgekretser

og modulator vil da kunne pakkes i et volum på  $4 \times 4 \times 1$  dm og veie under 8 kg i en svært robust utførelse. En slik "pakke" vil lett kunne spennes fast på en bil, festes til et tre eller til en stein. Den neglisjerbare bakoverstrålingen forenkler problemene man normalt har med terrengets innvirkning.

Den eneste svakhet man nå kan se er rent transmisjonsmessig, idet man krever fri sikt mellom stasjonene. Fri sikt kravet fører til at man må være omhyggelig med plasseringen av stasjonene. Man tåler imidlertid noe skog i siktelinjen (3,4).

Uttak av posisjoner etter detaljerte kart og plassering i trær, på hustak etc bør selv i de vanskeligste terrenget i landet vårt gi tilstrekkelig fri sikt. Østfold og Vestfold, som er tatt som eksempler i denne analysen, er betraktet som ekstremt vanskelig terrenget. Forholdene i våre daler, på vidden og i Nord-Norge er langt gunstigere. Likevel var det små vanskeligheter forbundet med etableringen av nettene i eksemplene. Man har ikke vært ute i terrenget og virkelig kontrollert godheten av posisjonene p g a tidspresset, men ifølge kartinformasjonen har man tilnærmet fri sikt.

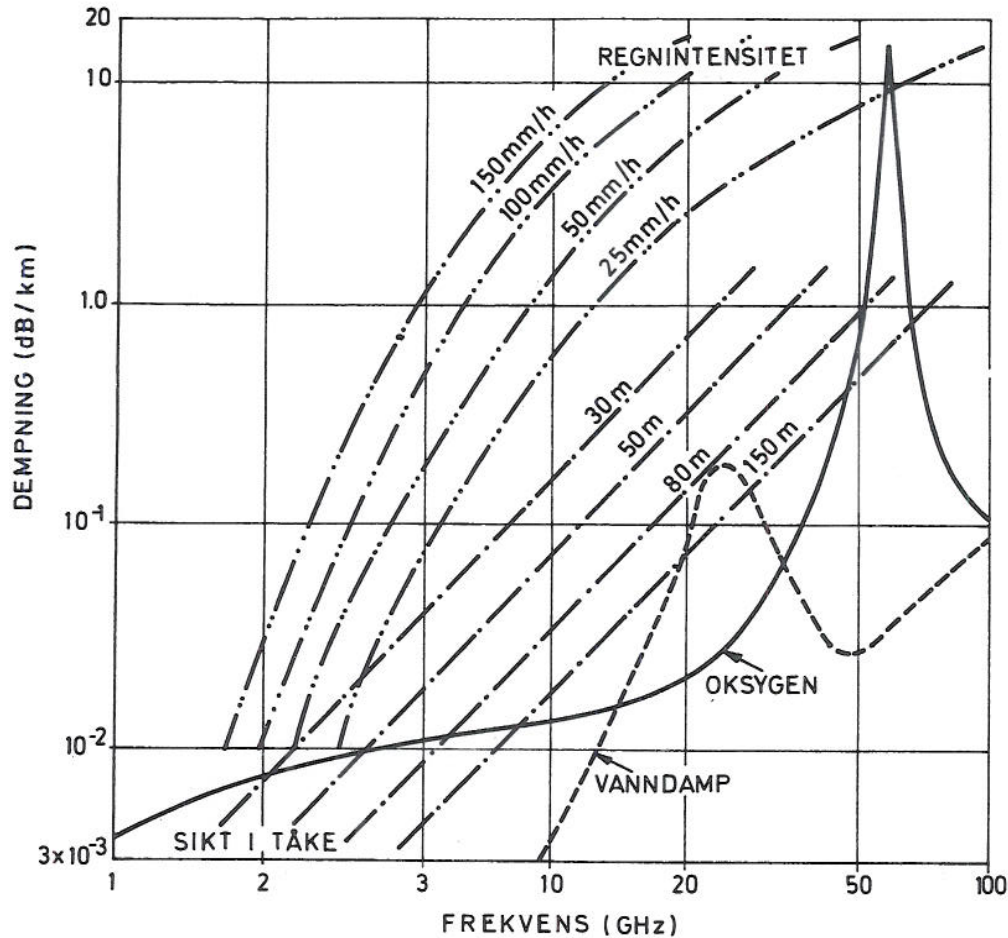
Hæren planlegger å anskaffe utstyr i dette frekvensområdet for å prøve de operative egenskaper. Likeledes vil Televerket i årene fremover foreta transmisjonsmålinger og sette opp prøvesystemer for å evaluere SHF-systemer for bruk i hårdt trafikkbelastede områder, og for kommunikasjon til såkalte grissgrendte strøk (oppover i våre daler og ut til øyer). Man vil derfor innen 1980 ha vunnet en betydelig driftserfaring både sivilt og militært.

Nedbørssvekking av signalene i SHF-området under 20 GHz er neglisjerbar. Man skal ha meget kraftige regnskyll før man ser noen innvirkning. I Østlandsområdet midtsommers kan man lokalt oppleve så intens nedbør (likeledes ved tung sludd) at man får registrering ved transmisjonsmålinger fra 10–20 GHz.

Da disse kraftige regnskyllene er svært sjeldne og meget lokale, vil de influere svært lite på et områdesambandssystem med alternativ ruting. Man kan også tenke seg en automatisk justering av sendereffekt etter mottatt signalnivå ved at f eks AGC-spenningen i mottakeren måles og benyttes for regulering av den andre senders signalnivå (tone med variabel frekvens f eks).

Det foreligger pr dato en rekke rapporter og vurderinger av SHF-linksystemer. Televerkets forskningsinstitutt vil dessuten i løpet av våren 1973 ha foretatt en studie over behovet for slike systemer. Resultatet av denne studien vil da gi et supplement til FFIs arbeid. Figur 4.1 viser nedbørssvekking som funksjon av frekvens og nedbørsintensitet.

Fri sikt kravet og direktive antenner kan gi en rekke taktiske fordeler som skal vises i det følgende. Vårt samband kan jammes (og avlyttes) fra fly, fra fiendtlig territorium og fra jammestasjoner droppet innenfor egne linjer. Det er svært lite man kan gjøre innenfor rimelige økonomiske rammer for å gjøre sambandssystemene jammere resistente. Imidlertid vil fri sikt kravet begrense rekkevidden av sambandet og jamming vil bli vanskeliggjort p g a direktiviteten. Ved riktig plassering av stasjonene og rimelig direktivitet vil jammere i fly ligge over hovedloben. Jammere innenfor eget område er den minst sannsynlige av de tre nevnte jammekilder. For jamming fra fiendtlig område vil man ha fordel av at egne stasjoner nærmest fronten "ser" bakover og disse bør da også plasseres i bakskråning. Terrengets skjermende virkning forenkler i høy grad frekvenstilldeling, idet periodisiteten av frekvenser kan geografisk sett gjøres mindre enn med langtrekkende samband.



Figur 4.1 Dempning på grunn av regn, tåke, vanndamp og oksygen (6)

## 4.2 Modulasjonsform

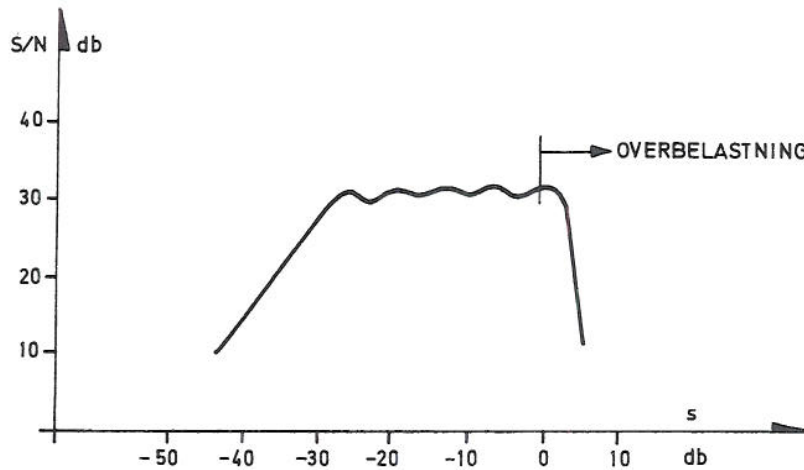
Som nevnt tidligere bør man nytte digital modulasjonsform i nettet, og valget står da reelt sett mellom puls-kode-modulasjon (PCM) eller en form for delta-modulasjon. Man skal i korte trekk redegjøre for fordeler og ulemper ved de to modulasjonsformer for bruk i et nett av denne typen.

### 4.2.1 PCM

Ved PCM sampler og kvantiserer man det analoge signalet og koder kvantiseringsverdien i binærkode. Sampelfrekvensen må være minimum to ganger øvre grensefrekvens for analogsignalet for at korrekt regenerering skal være mulig. I de fleste PCM-systemer som er i bruk i dag benyttes en sampelfrekvens på 8 kHz.

For å oppnå et stort dynamisk område uten for mange kvantiseringsnivåer, benytter en seg av kompandering. Det vil si at desisjonsnivåene for kvantiseringen ikke har ekvidistante mellomrom. Avstanden mellom nivåene øker med økende signalnivå slik at signal-kvantiseringsstøy-forholdet holder seg tilnærmet konstant over det dynamiske området.

Svært vanlig er det å benytte tilnærmet logaritmisk kompandering hvor den logaritmiske kurven tilnærmes med rette linjesegmenter. For høye signalnivå får en raskt synkende



Figur 4.2 S/N-forholdet for PCM med kompandering som funksjon av signalnivå

S/N da en nærmest får klipping av signalet (N står for kvantiseringsstøyen). For lave signalnivå får en avtakende S/N da minste kvantiseringsstrinn etter hvert blir for grovt. Kurven for S/N kan se ut som på figur 4.2. Kurvens rippel er ca 1–3 dB.

S/N avhenger av lengden på kodeordet, og en lengde på  $n$  bit gir  $2^n - 1$  kvantiseringsnivåer. Med samme kompanderingslov får man:

Kode	(S/N) maks
6 bits	27 dB
7 "	32 "
8 "	37 "

Tabell 4.1 Signal–støy-forhold

Tallene må kun betraktes som relative verdier.

Hvis man krever f eks et signal-til-kvantiseringsstøyforhold bedre eller lik 22 dB, får man følgende dynamiske områder når CEPTs standard kompanderingslov benyttes og (S/N) maks er som gitt i tabell 4.1:

Kode	Dynamisk område
6 bits	38 dB
7 "	45 "
8 "	49 "

Tabell 4.2 Dynamisk område

Det er kun av interesse å betrakte 8-bits PCM p g a den sivile utvikling og de standarder man der legger til grunn.

6 og 7 bits ordlengde vil kun gi en gevinst i båndbredde og lagerkapasitet, og ulempene overskygger helt denne fordelene.

Sannsynligheten for bitfeil er ens for alle posisjoner i ordet. D v s at man kan få fortegnsfeil (feil i første bit) og lite signifikante feil (feil i de siste bitposisjoner) med like stor sannsynlighet. For en kvalitetsoverføring kreves av CCITT for tale en bitfeilsannsynlig-

het mindre enn  $10^{-5}$ . Tale er oppfattbar med feilsannsynlighet på  $10^{-2}$ , men imidlertid vil en samtale bli uforståelig p g a manglende rammelåsning før den blir det p g a feil i sampelverdiene. For et militært system bør bitfeilsannsynligheten ikke være større enn  $10^{-3} - 10^{-4}$  når det gjelder tale.

Ved CEPT-standard vil midlere tid for låsning av rammen igjen etter tap av rammelås være mindre enn 1 ms. Dette forårsaker liten forstyrrelse hvilket også er nødvendig fordi systemet relativt lett hopper ut av lås når bitfeilsannsynligheten øker.

#### 4.2.2 Deltamodulasjon

Ved deltamodulasjon samples differansen mellom analogsignalet og integralet av foregående pulser, og det sendes en positiv puls dersom sampelverdien er positiv. Det sendes en negativ puls, evt ingen puls, dersom sampelverdien er negativ.

En vesentlig forskjell fra PCM er at man opererer på en-kanalbasis ved overgang fra analog til digital representasjon i deltamodulasjonssystemer. De digitale pulstogene blir deretter multiplekset i tid.

I vedlegg 2 finner man en detaljert behandling av deltamodulasjon samt en vurdering av en rekke representative deltamodulator typer. Dette er en studie utført i samband med jobb 264 og representerer Tom Heggelunds hovedfagsoppgave for NTH.

For deltamodulasjonssystemer er det foreløpig ikke etablert noen standard. Her skal kort refereres egenskapene til 3 forskjellige modulatorer som er omtalt i litteraturen (disse er behandlet detaljert i vedlegg 2).

Tomozawa og Kaneko's deltamodulator benytter en samplingsfrekvens på 56 kHz. For et 800 Hz inngangssignal har man et signal-til-kvantiseringsstøy forhold på  $\geq 27$  dB over et dynamisk område av inngangssignalet på 41 dB. Dette tilsvarer kvaliteten av 7-bits PCM etter en CEPT-standard som tillates nasjonalt. Bitfeiltolererbarheten, d v s den feilhyppighet som gir støy lik kvantiseringsstøy, er for denne modulator  $2 \cdot 10^{-5}$ . Hauser og Zarda's deltamodulator oppnår tilsvarende egenskaper ved en samplingsfrekvens på 40 kHz. Denne type er, i motsetning til den foregående, vel egnet til integrering og er optimalisert m h t pålitelighet, pris, vekt og størrelse. Bitfeiltolererbarhet er  $10^{-4}$ .

Wilkinson's delta-sigma-modulator har en samplingsfrekvens på 19,2 kHz. Målt S/N gir et maksimum lik 15 dB og et dynamisk område på 35 dB ved  $S/N \geq 10$  dB. Dette er tilstrekkelig til å overføre tale forståelig. Bitfeiltolererbarhet er  $0,7 \cdot 10^{-2}$ . En modifisert utgave av en slik modulator er bygget i vårt laboratorium, og er tenkt nyttet i forbindelse med et kryptosystem for AN/PRC-77 (kryptet deltamodulert tale overført via data-inngangen på dette radiosettet). Modulatoren med målinger vil bli sluttdokumentert separat. En taletydighetsprøve ble foretatt i samarbeid med Institutt for akustikk ved NTH på en tidlig utgave av modulatoren. Disse målinger er gjengitt i vedlegg 2.

Når man nå skal velge modulasjonsform i nettet, må følgende parametre legges til grunn:

- a) Utstyrskompleksitet – vekt, volum, vedlikehold og pris
- b) Båndbredde
- c) Effektforbruk
- d) Sivil utvikling og valget av SHF-link for internodale forbindelser
- e) Følsomhet for bitfeil

M h t a og c vil forskjellen i multipleksutstyret ved bruk av PCM CEPT-standard eller en form for deltamodulasjon bli neglisjerbar. Kompleksiteten og effektforbruket er for PCM dominert av de sentrale funksjoner som er felles for alle kanaler og er lite influert av antall kanaler.

For deltamodulasjon er derimot omfanget av multipleksutstyret langt sterkere kanal-avhengig, men for 30 kanaler vil kompleksitet og effektforbruk adskille seg lite fra PCM-utstyret.

I appendiks 5 finner man en grov skisse av hvordan man kan tenke seg en deltamodulasjonsmultiplekser for 30 kanaler realisert i dag v h a standard TTL lav-effekt-kretser. Resultatet er et effektforbruk på 12 W, en vekt på 14 kg samt et volum på 15 dm<sup>3</sup>. Ved FFI er det utviklet en PCM multiplekser for 30/32-kanals CEPT-standard i hybrid-integrert utgave. Effektforbruk og volum for tilsvarende funksjoner som deltamultiplekserberegningen er basert på, gir hhv 26 W og 2 dm<sup>3</sup>. Uten hybridisering og med en gjennomført minimalisering av effektforbruket ville PCM-utstyret bli sammenlignbart med deltamultiplekset omtalt foran.

Alt taler for at begge typer utstyr i samme grad vil nyte godt av den teknologiske utvikling i årene fremover.

En tilsvarende vederheftig sammenlikning av en PCM- og en deltaswitch er ikke utført. Imidlertid vil funksjoner som er knyttet til ordlengden, hovedsakelig bufring og gjennomkopling i selve switchen, bare utgjøre en del av transittsentralen, og forskjellen vil neppe bli utslagsgivende.

PCM CEPT-standard som man vil nytte sivilt trenger en bithastighet pr talekanal på 64 kbit.

Med deltamodulasjon kan man med 40 kbit oppnå en kvalitet som rent operativt er like god. Reduseres bithastigheten merker man en kvalitetsreduksjon, og ved 20 kbit er kvalitetsforringelsen meget stor. For vanlig radiotilknytning til nettet, såkalt single-channel-radio-access (SCRA), kan denne lave bithastigheten tillates, men for hovednettet bør man kreve noe bedre kvalitet. 35–40 kbit skulle være tilstrekkelig og dette betyr en båndbreddebesparelse på 2:3 i forhold til 8-bits PCM.

Det kan nevnes at for et fremtidig engelsk system under utvikling, Ptarmigan, står valget mellom 19,2 og 38,4 kbit pr i dag.

Både PCM og deltamodulasjon tåler en høy bitfeilsannsynlighet m h t taleforståelighet. Det er rammesynkronismen som bestemmer kravene til feilhyppigheten. Med hensiktsmessig valg av rammeoppbygging kan et deltasystem her få like gode egenskaper som PCM. Tap av rammelås i et deltamodulasjonssystem er alvorligere enn i et PCM-system. Ved deltamodulasjon vil man p g a den differensielle kodingen få et skifte i nivå tilsvarende forandringen i det analoge signal den tiden systemet har vært ute av lås. Ved PCM mottar man umiddelbart det riktige nivå igjen etter brudd.

Som allerede nevnt og som i et senere kapittel vil bli behandlet i detalj, ønsker man å nytte deltamodulasjon i radiotilknytningen til hovednettet. UHF-området vil bli benyttet til dette radioutstyret, og p g a flerveisfading må bitfrekvensen være så lav som mulig for å oppnå rekkevidde. En rekke land har under utvikling radioutstyr beregnet for 19,2 kbit deltamodulasjon og dette tegner til å bli en standard. Velger man lavere bitfrekvens, vil sambandskvaliteten bli for dårlig.

Disse radioabonentene skal kunne ringe direkte inn i nettet. Det kan skje på to måter:

- a) Ved at man går ned på analogform og benytter en telefoninngang i en av hovednettets terminaler.

- b) Hvis hovednettet har deltamodulasjon og samme bithastighet eller et multiplum av denne kan man gå inn etter modulatorene i en telefoninngang. Man slipper å gå ned på analogform med den forringelse dette medfører, men det stilles visse krav til radioterminalens klokkestabilitet samt til signaliseringssystemet.

Som tidligere nevnt bør 19,2 kbit ikke benyttes i hovednettet. Med 38,4 kbit i nettet kan man også relativt lett gå direkte inn ved en enkel omforming til denne bithastighet i nett-terminalen.

Det er teknisk sett ingen klare fortrinn for noen av modulasjonsmetodene. Avgjørende i vurderingen er derfor den sivile utvikling. Ved å nytte standard komponenter har man klare fordeler prismessig og forsyningsmessig.

Valget ble derfor 8-bits PCM CEPT-standard i hovednettet og 19,2 kbit modulasjonssystem i tilknytningsutstyret. Man må nå ned på analog form før man går inn i hovednettet, hvilket teknisk sett er den enkleste løsning.

Dersom nå to radioabonnenter har samband, får man to modulasjoner og demodulasjoner i tandem på 19,2 kbit. Nettet vil ikke påvirke kvaliteten. En slik tandemsituasjon ble utprøvet på laboratoriet. Prøvene er beskrevet i vedlegg 2 og resultatene i figur 27 i denne. Som ventet ble alle prøver dårligere med 2 deltamodulatorer i tandem enn med bare en. Ved normal taleoverføring var forståeligheten fremdeles tilstrekkelig god, men ved taletydighetsprøvene hvor blant annet talens redundans var sterkt redusert, var feiltolkingen som 1:3, se for øvrig vedlegg 2.

## 5 BESKRIVELSE AV ET NYTT SAMBANDSSYSTEM

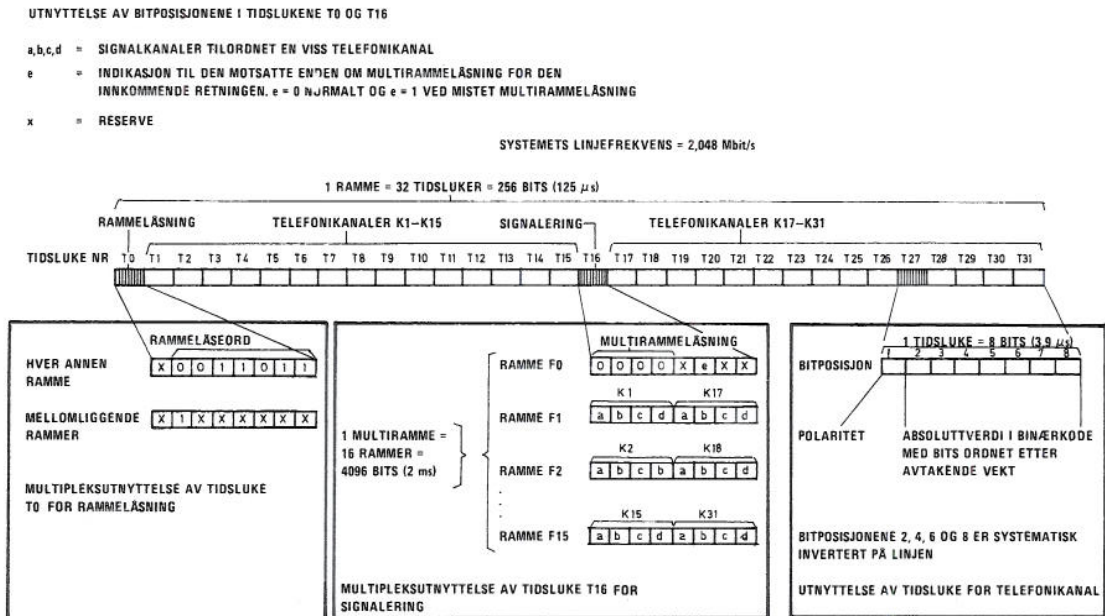
### 5.1 Nettets oppbygning

Kommunikasjonssystemet tenkes oppbygget som et maskenett, primært for telefoni. Transmisjon og switching skal foregå på tidsdelt multipleks (TDM) med pulskodemodulerte signaler (PCM). Man vil ta utgangspunkt i CEPTs 30/32-kanals system med følgende karakteristika:

Samplingsfrekvens:	8 kHz
Overstyringsgrense:	3 dBmO
Kompresjonslov:	Logaritmisk ( $A=87,6$ ) som tilnærmes med 13 rettlinjede linjesegmenter med helningsforhold 2:1 innbyrdes
Antall bits pr tidsluke:	8
Antall tidsluker:	32 (nr 0 – nr 31)
Antall tidsluker for telefoni:	30
Synkronisering:	Rammelåsningsord i tidsluke nr 0
Signalering:	Samlet i tidsluke nr 16 med $4 \times 500$ bit/s pr telefonikanal
Antall rammer pr multiramme:	16 (nr 0 – nr 15)



Multirammelåsning: Tidsluke nr 16 i ramme nr 0  
 Linjefrekvens: 2 048 000 bits/sekund  
 Koding: Symmetrisk binærkode med 256 kvantiseringstrinn  
 Formatet kan samlet gjengis slik (figur 5.1).



Figur 5.1 PCM-format

Transmisjonen i systemet vil foregå over kabler eller via SHF-link.

### Synkronisering

Et slikt TDM transmisjons- og switchingsystem må ha en viss grad av synkronisme for å kunne virke som det skal og ikke tape for mye informasjon. Med forskjellig frekvens på klokken i sentralene vil en få fasefeil. Dette kan resultere i at et PCM-ord skrives inn i en sentral før foregående er lest ut (overskriving) eventuelt at et PCM-ord leses ut 2 ganger.

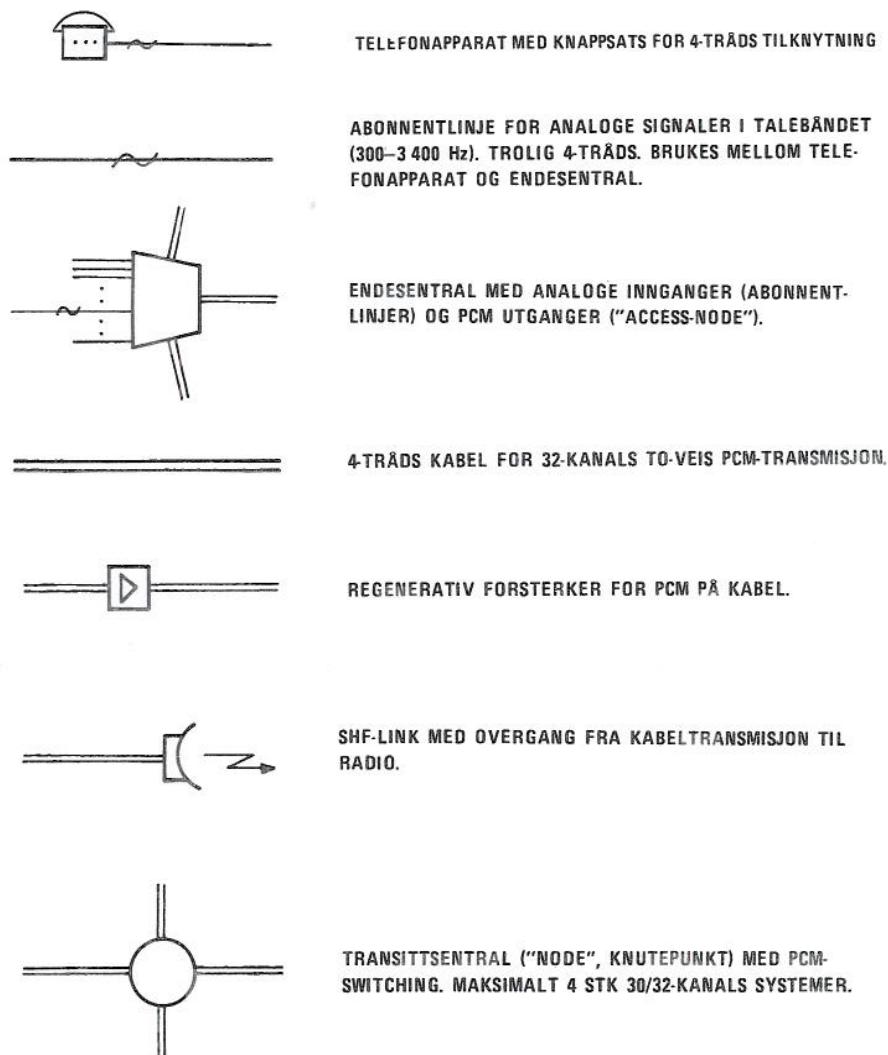
I litteraturen finnes en rekke forslag til fullsynkronisering av slike nett. Felles for disse løsningene er at de krever mye ekstra elektronikk. Svært få av metodene er egnet for et militært mobilt nett, og omtales derfor ikke her. Et tilleggskrav man bør tillegge et militært områdesystem er at det skal være delvis eller fullstendig autonomt. Ved flytting av knutepunkt eller ved skader skal forbindelser i nettet som ikke direkte berøres forstyrres minst mulig.

Man velger derfor å benytte et asynkront system med stabile kvartskrystallstyrte klokker i hvert knutepunkt. Krystallklokker med stabilitet  $10^{-7}$  og i en enkel utførelse finnes på markedet. Denne stabilitet er fullt ut tilstrekkelig for både taleforbindelser og dataforbindelser som nytter modems i talebåndet. Tale er for øvrig lite følsom for feil som skyldes asynkronisme og stor redundans. Det er feil ved dataoverføringer som setter stabilitetskravene. Hittil har det ikke vært behov for store datahastigheter og det kan vanskelig sees at noe behov utover det som kan skjøttes av modem i talebåndet vil melde

seg i årene fremover. Data transmisjon er for øvrig behandlet i senere avsnitt, og det samme gjelder feil p g a asynkronisme.

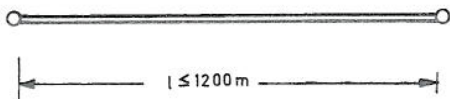
### Modularitet

Nettet vil få en modulær oppbygning basert på følgende enheter:



Et vilkårlig eksempel på et nett kan da få følgende form, figur 5.2.

En kabel vil normalt ikke kunne ha en uavbrutt lengde på mer enn 1200–1500 meter. Signalet må etter gjennomløp av et slikt kabelstykke regnereres. Kabelen avsluttes med en standard kontakt (plug) i begge ender:



slik at regenerative forsterkere kan utstyres med tilsvarende kontakter (sockets) for sammenkopling:





## 5.2 Adgang til systemet

Nettet er i første omgang tenkt å skulle være et telefonnett, med telefonapparater som primære trafikk-kilder.

Alle signaler fra endesentral til telefonapparat kan legges i talebåndet og kan ha lav effekt. (Dette bør også kunne gjelde ringesignalet, som i sivile, konvensjonelle sentraler er 16–25 Hz, 80–100 V sinusspenning.)

Alle signaler fra telefonapparatet til endesentralen kan være laveffekts frekvenssignaler i området 300–3 400 Hz, men ofte vil man foretrekke en kombinasjon av slike og likestrømssignaler.

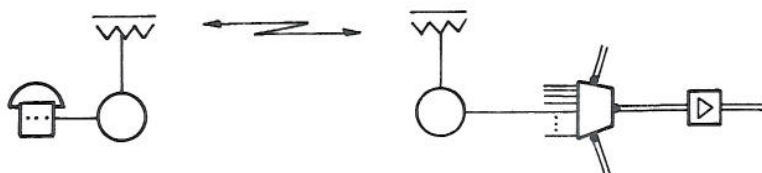
En del av de alternativer man kan tenke seg å anvende for signalering i begge retninger mellom telefonapparat og endesentral er omtalt i lic-avhandlingen, Anvendelse av datamaskin for styring av telefonsentraler, side 13–21 (8). Sending av siffersignaler bør skje ved hjelp av knappsats i stedet for fingerskive.

Et detaljert forslag til signalering i nettet og i tilknytningen er beskrevet i TN–E–445.

Det vil være ønskelig å ha 4-tråds forbindelse mellom telefonapparatet og endesentralen. Man kan tenke seg behov for å forlenge abonnentlinjen ved hjelp av VHF/UHF radiostasjoner på en- eller flerkanalsbasis.

Innføring av denne mulighet vil øke systemets fleksibilitet generelt, og det vil fremfor alt bety et tilbud om mobiltelefoni, se figur 5.3.

En detaljert vurdering av denne tilknytningsform er gitt i kapittel 5.6.



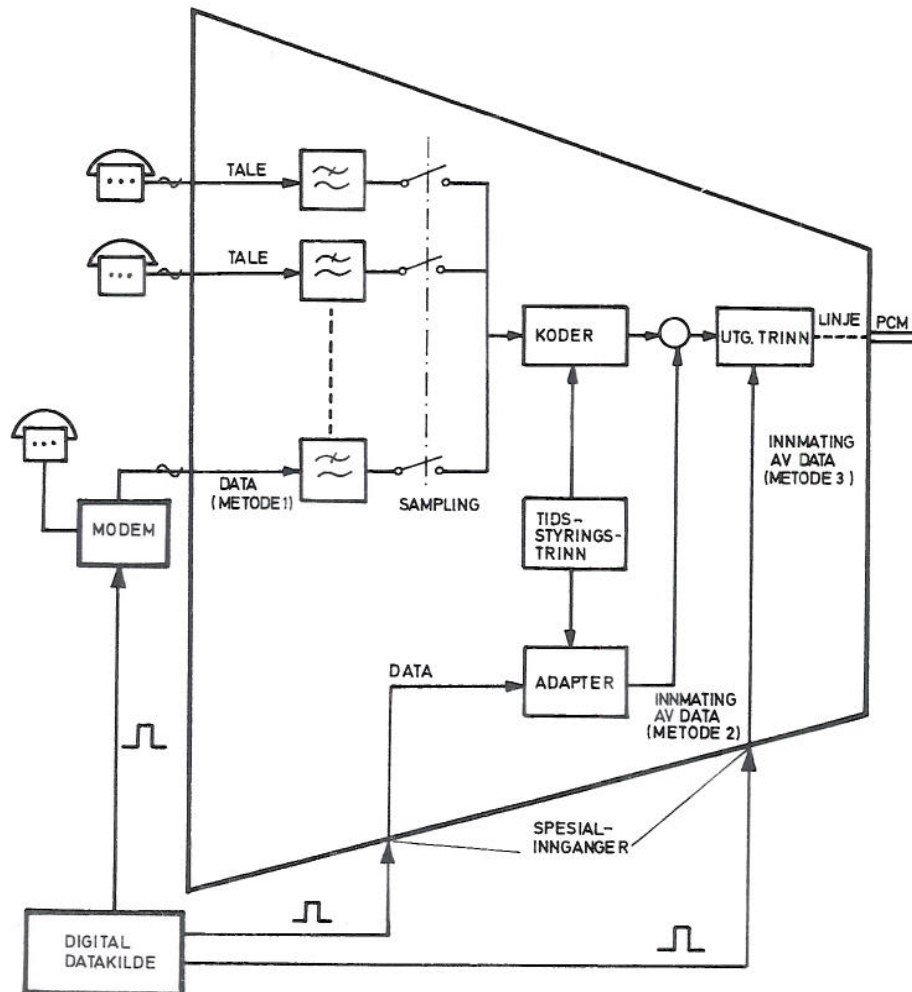
Figur 5.3 Endesentral med mobil-radio

## 5.3 Datatransmisjon

Behovet for overføring av informasjon i digital form vil sikkert øke i tiden som kommer, også innen den norske felthær. Selv om transmisjon og switching i selve nettet her forutsettes å være på digital basis, er de digitale datakilders adgang til systemet et problem. (De digitale datakilder kan tenkes å variere fra langsomme fjernskrivere (50-baud) til hurtige datamaskiner.) Her skal vi referere hvordan man på sivil side nå betrakter disse problemene (figur 5.4):

Dataenheten virker som adapter mellom datatransmisjons- og PCM-utstyret. På grunn av de pågående diskusjoner innen CCITT og CEPT er det foreløpig vanskelig å si noe om dataenhetens oppbygging, men vi vil gi en kort orientering om mulighetene for overføring av data på PCM-systemer. Datatransmisjon over PCM-systemer kan skje ved:

- a) Overføring i en telefonkanal med modem på samme måte som ved andre typer telefonkanaler, dvs tilkopling til PCM-systemets analoginngang.



Figur 5.4 Dataterminal

- b) Direkte overføring av data i de bit-posisjoner som representerer en enkelt eller flere telefonkanaler, d v s tilkopling til PCM-systemets digitaldel. CEPTs spesifikasjoner for 30/32-kanals PCM-systemer har åpnet muligheten for dette. Man kan skille mellom 3 overføringstyper:
- i) Synkron overføring med taktfrekvenser gitt av PCM-systemet. Det kan ventelig benyttes 7 bit-posisjoner i hver telefonkanal til dataoverføring som gir en netto datasignaleringshastighet på  $7 \times 8000 = 56\ 000$  bit/s pr kanal.
  - ii) Isokron overføring, d v s frittstående takt i dataterminalen, men med taktfrekvens nær PCM-systemets takt. Ved hjelp av "pulsinnstopping" (pulse stuffing) kan datasignalet synkroniseres med PCM-systemet og overføres som under punkt i), men netto datasignaleringshastighet blir noe lavere.
  - iii) Asynkron overføring der bit-ene for en enkelt eller flere telefonkanaler kodes slik at de angir tidspunktet og den nye tilstand ved polaritetskiift i datasignalet (transitional coding). Denne kodemetoden medfører at man får en usikkerhet i bestemmelse av tidspunkt for polaritetskiiftene og man får en telegrafforvrengning som er avhengig av hastigheten på datasignalet.
- c) Overføring over PCM-systemets transmisjonsdel, d v s over linjen med regenerative forsterkere eller radiolinjehopp. Dette gir en forholdsvis enkel og rimelig overføring for datasignaleringshastigheter i området 1–2 Mbit/s.

Et foreløpig valg av metode 1 (med modem) har ingen innflytelse på systemet som helhet, det begrenser ikke senere innføring av andre metoder, og det gir et meget enkelt system. Man foreslår derfor at denne metode anvendes.

Forbindelsen etableres da først som vanlig ved hjelp av et telefonapparat tilknyttet modemmet. Deretter kopler man inn den digitale datakilden via modemmet. Endesentralen vil således ikke merke at det er en digital datakilde som er tilkople, og systemet behøver ingen spesialfasiliteter for å formidle datatrafikk.

#### 5.4 Endesentralen

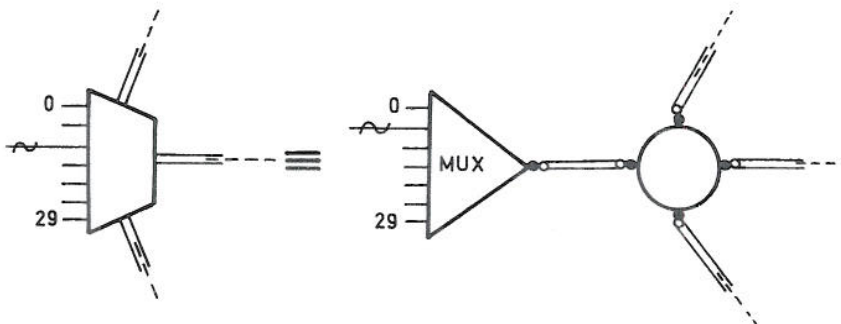
Kravene til endesentralens abonnentside er allerede omtalt i forrige avsnitt.

Innover i systemet bør endesentralen kunne se minst 2 transittsentraler via kabel eller SHF-link. Foruten trafikk til og fra tilknyttede abonnentlinjer, bør endesentralen kunne formidle transitt-trafikk. Dessuten bør den kunne brukes helt separat fra nettet som et "intercom"-anlegg.

Disse krav – sammen med det generelle krav til utstrakt modularitet – peker i retning av følgende løsning:

- En endesentral består av en eller flere multipleksere (MUX) og en eller flere transittsentraler sammensatt ved hjelp av 4-tråds kabelforbindelser med de standardiserte kontakter som ble nevnt foran.

Eksemplet i figur 5.5 viser en endesentral bygget opp av 1 MUX og 1 transittsentral forbundet med en kort kabel.



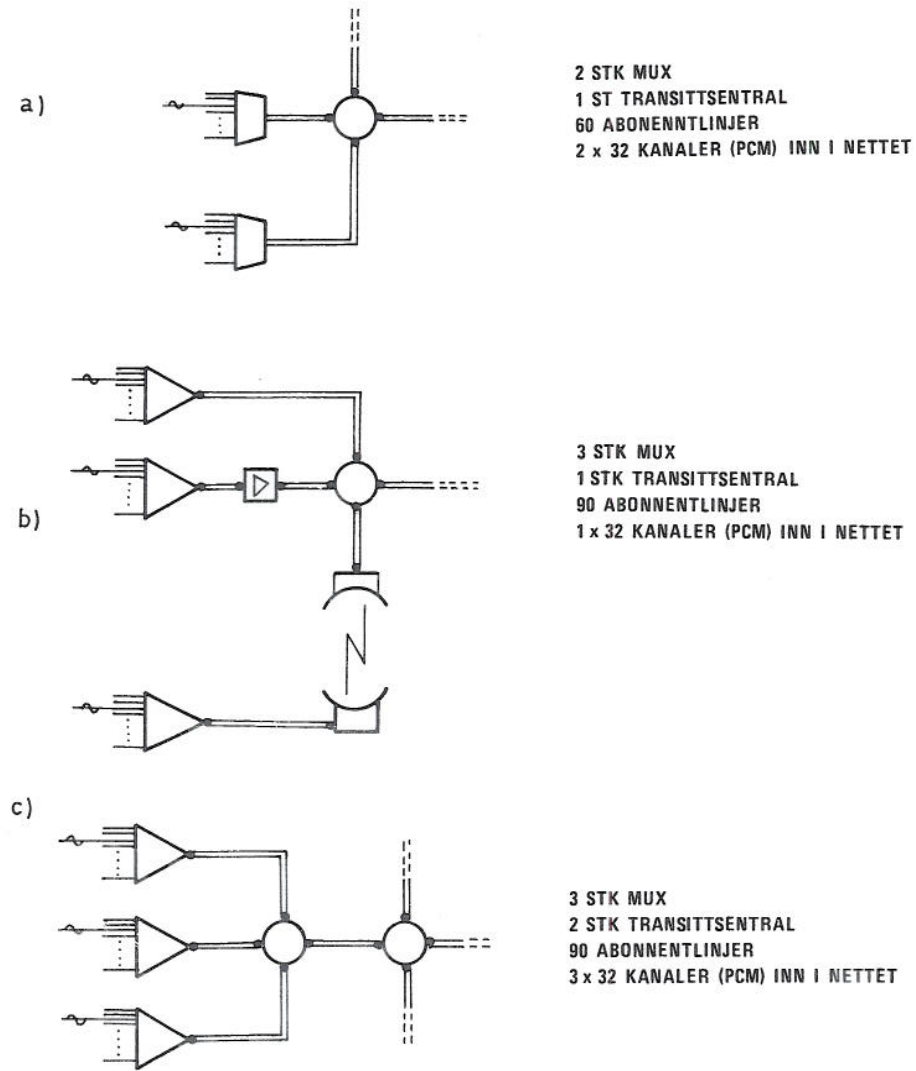
Figur 5.5 Eksempel på endesentral

Til en MUX kan det koples 30 analoge forbindelser (abonnentlinjer) og 1 PCM-kabel.

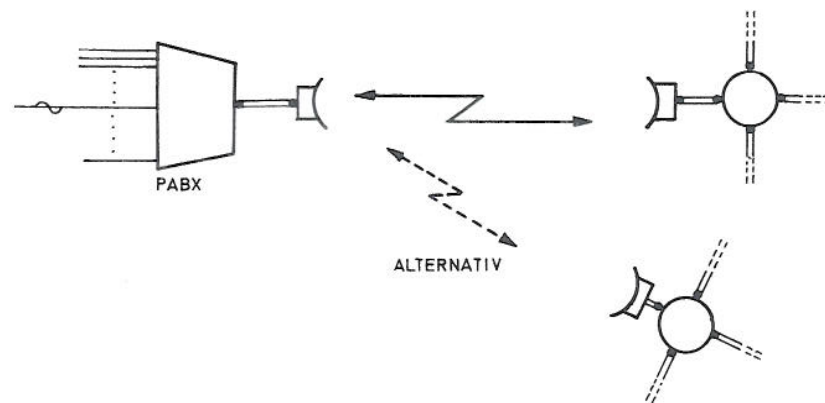
Vi kan således tenke oss en endesentral bygget opp på en rekke forskjellige måter, se figur 5.6.

På krav til krypting og spesielle signaleringsegenskaper vil de militære MUXer måtte bli forskjellig fra de sivile, og det bør neppe legges stor vekt på å oppnå full kompatibilitet. Imidlertid vil en rekke delfunksjoner lett kunne bli ensartet, og her bør av pris- og produksjonshensyn de to løsningene om mulig gjøres identiske.

Det vil neppe være behov for flere enn 30 kanaler ved selv de største kommandoplasser. Dersom nå prisen for den foran nevnte løsning viser seg å bli høy, bør det derfor overveies å benytte en spesielt konstruert PABX for 30/32-kanals PCM-system. Man vil da unngå å benytte en knutepunktswitch som jo må ligge i nær tilknytning til MUXen



Figur 5.6 Endesentralkonfigurasjoner



Figur 5.7 Eksempel på endesentral

for ikke å slippe intern trafikk "ut på lufta". Det er primært i terminalutstyret hovedtyngden av kostnadene vil ligge p g a store antall, og dersom da en spesialkonstruert PABX kan lages relativt rimelig bør denne løsning være å foretrekke. Terminalen vil da se slik ut, se figur 5.7.

Dette systemet kan om ønskes bygges ut ved å benytte en switch dersom man mot formodning skulle få et slikt behov.

Foreløpig har man valgt å benytte en MUX uten switchferdigheter p g a det fleksible system man på den måten oppnår. En MUX for 30/32-kanals PCM er under utvikling ved FFI. Sluttdokumentasjonen for dette arbeid, jobb 263, vil foreligge i april-mai 1973, og man vil derfor la en nærmere teknisk beskrivelse av et slikt utstyr utstå til da. Prinsipiell oppbygning er jo også kjent fra sivil utvikling.

## 5.5 Transittsentralen

Transittsentralen er en PCM-switch for opptil 4 stk 30/32-kanals PCM-systemer etter CEPT-standard.

Transittsentralen er den eneste modulen i systemet med switchferdigheter, siden endesentralens switchedel utgjøres av en slik.

Vi har forutsatt at de 4 PCM-systemene som terminerer i sentralen normalt er asynkroner, men med nominelt samme frekvens. De utgående pulstog har alle samme frekvens ( $f_0$ ) og samme fase, styrt av sentralens klokke. Switchingen styres av samme klokke.

Dersom et innkommende pulstog går saktere enn de utgående, vil man være i fare for å lese ut samme 8-bits PCM-ord to ganger etter hverandre av og til.

Er det motsatte tilfellet, vil man stå i fare for å miste et 8-bits ord nå og da. Begge deler vil virke forstyrrende, særlig ved datatransmisjon.

En mulig måte å implementere en slik switch skal skisseres i det følgende. Metodikk for simulering av switchen er beskrevet i TN-E-459. (En switch vil bli detaljspesifisert i forbindelse med et studium av regnemaskinteknologi ved FFI i løpet av de første måned-er av 1973.)

Hvert 8-bits PCM-ord (som altså tilsvarer en avtasting av et analogt talesignal) vil altså gjennomgå følgende operasjoner i switchen:

- Ordet skrives inn i en innkommende tidsswitch ( $i_0-i_3$ ). Serie-/parallellomforming foretas om nødvendig i en utvendig buffer. Hver kanal har et fast allokert ord i tidsswitchen (lageret), så innskrivingen skjer syklisk og med innkommende pulstogs egen frekvens (ekstrahert fra signalet selv i linjeutstyret).
- Ordet leses ut etter adressering fra styrelageret etter sentralens lokale klokke. Rom-switchen utgjøres av en intern busslinje med 8 bits paralleloverføring og med tidsdelt multipleks for 512 tidsluker.
- Ordet skrives inn i en av de utgående tidsswitcher ( $u_0-u_3$ ). Skrivningen styres fra styrelageret og etter sentralens lokale klokke (punktene b og c er simultane).
- Ordet leses ut (syklisk adressering) på utgående linje. Også dette har vi jo forutsatt skal følge sentralens klokke. Parallell/serieomforming foretas om nødvendig i en utvendig buffer.



**Figurforklaring:**  
**Tid-Rom-Tid-switch (TST)**

**Innkommende tidsswitch:**

4x32x8 bits  
 Syklisk innskriving  
 Adresserbar utlesing  
 Maks lagringstid: 125  $\mu$ s

**Utgående tidsswitch:**

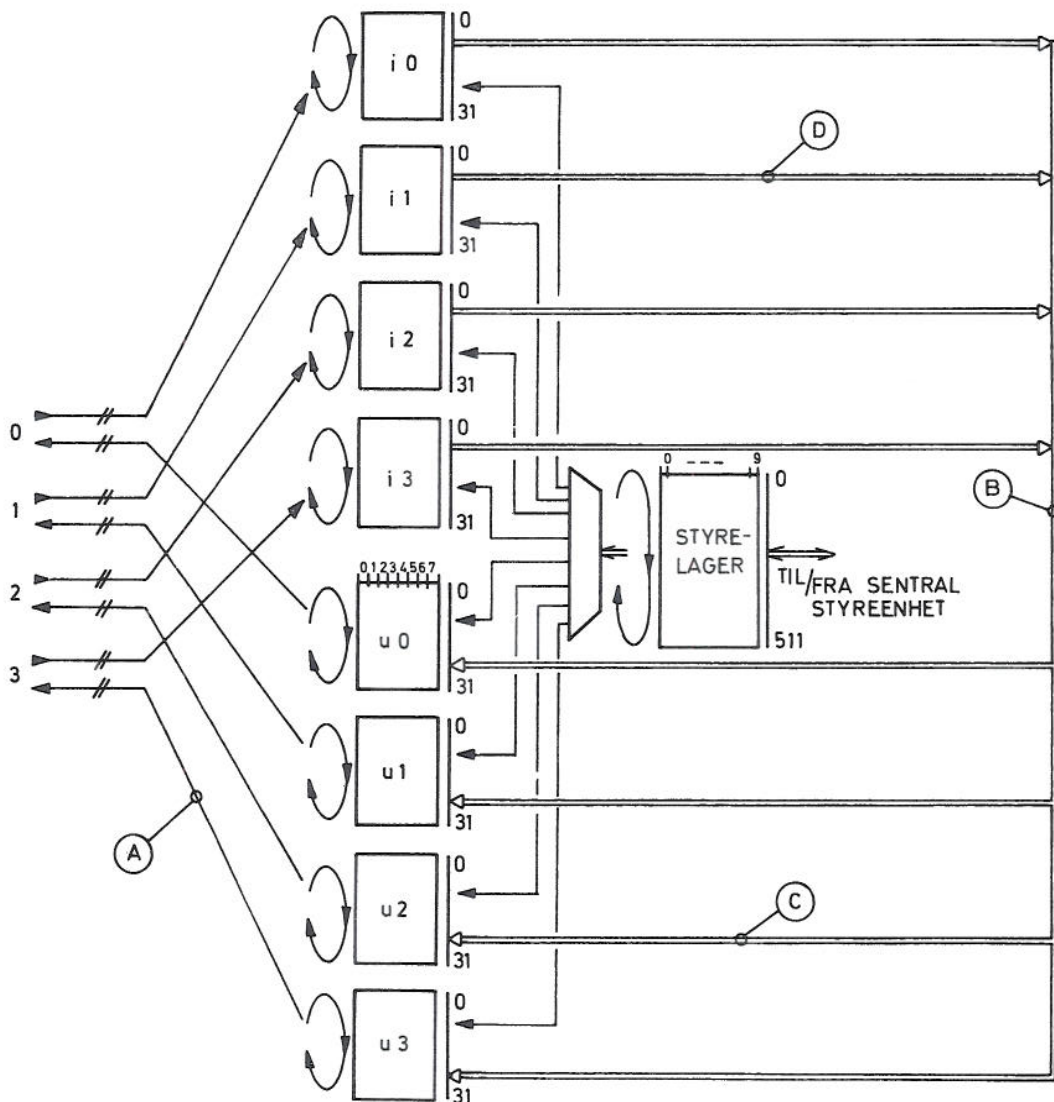
4x32x8 bits  
 Adresserbar innskriving  
 Syklisk utlesing  
 Maks lagringstid: 125  $\mu$ s

**Romswitch:**

4x8 bits innganger  
 4x8 bits utganger  
 4x32x4 tidsluker a 244 ns for 8 bits paralleloverføring  
 for 8 bits paralleloverføring

**Styrelager:**

512 ord a 10 bits



Figur 5.8 Transittswitch

Punktene b, c og d forløper synkront etter sentralens egen klokke og byr således ikke på spesielle synkroniseringsproblemer.

Man vil lett kunne innse at det er i grensesnittet mellom pkt a og b at nettets asynkrone modus kan medføre de farer for dobbeltlesning eller tap (overskriving) av et PCM-ord som ble nevnt foran.

For å få en *lengst* mulig holdetid for en forbindelse med *minst* mulig sannsynlighet for slike forstyrrelser (ved hjelp av *enklest* mulig logikk) synes følgende forslag å være brukbart:

- Når en ny forbindelse gjennom switchen skal etableres, bør romswitch-tidsluken for forbindelsen velges slik at den får størst mulig avstand fra innskrivningstidspunktene for vedkommende kanal i innkommende tidsswitch. *Det ideelle er altså at hvert 8 bits PCM-ord lagres i 62,5  $\mu$ s i innkommende tidsswitch (i0–i3).*

Dersom nå innkommende og utgående pulstog som representerer den betraktete forbindelsen, ikke "glir" så mye som  $\pm 62,5 \mu$ s relativt til hverandre i løpet av holdetiden, vil forbindelsen operere uforstyrret.

Med en relativ frekvensforskjell på  $10^{-7}$  vil uforstyrret holdetid bli over 10 minutter.

Vi ser altså at et gunstig valg av tidsluke i romswitchens tidsmultipleks er av største betydning, se TN–E–459.

Med henvisning til foranstående figur 5.8 hvor switchen ble skissert, kan man nå angi følgende bithastigheter internt i switchen (pkt A, B, C og D finnes på nevnte figur):

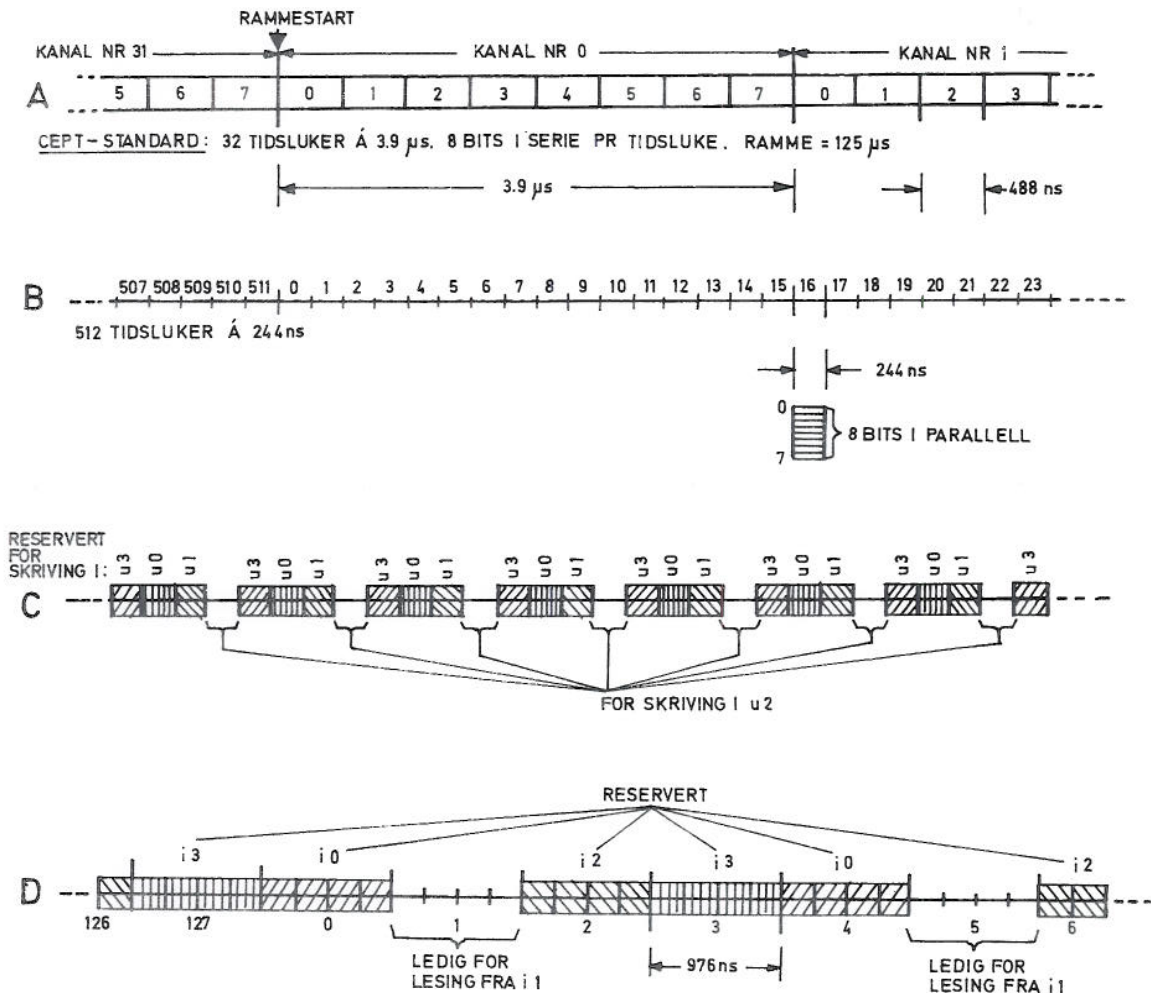
- A Transittsentralen er tilknyttet 4 stk PCM-systemer på kabel. Hver av disse består av ett innkommende og ett utgående lederpar. Hvert lederpar bærer 2 048 000 bits/sekund med vanlig 30/32-kanals format (CEPT).
- B Romswitchen er en TDM busslinje med 8 ensrettede, parallelle bittråder. Med 512 tidsluker blir overføringskapasiteten totalt 32 768 000 bits/sekund, men på grunn av paralleltransmisjonen blir operasjonshastigheten begrenset til 4 096 000 bits/sekund for hver enkelt av bittrådene. Styrelageret adresseres syklisk hvert 244 ns.
- C Hver tidsluke i romswitchen tilordnes en av de utgående tidsswitchene. Tidsluke 0 til u0, 1 til u1, 2 til u2, 3 til u3, 4 til u0 igjen o s v. Tilordningen er altså syklisk og uforanderlig. Vi vet således at det 8-bits PCM-ord som måtte opptre i romswitchens tidsluke 6 skal til utgående tidsswitch u2. Styrelageret forteller (med 5 bits i lagerets ord 6) hvilken av u2's 32 posisjoner som skal motta dette PCM-ordet.
- D Romswitchens 512 tidsluker grupperes med 4 og 4 luker i hver gruppe. Gruppene tilordnes syklisk og uforanderlig til de innkommende tidsswitcher, slik at:

Gruppe	1 =	tidslukene	0–3	tilordnes	i0
Gruppe	2 =	"	4–7	"	i1
Gruppe	3 =	"	8–11	"	i2
Gruppe	4 =	"	12–15	"	i3
Gruppe	5 =	"	16–19	"	i0
	:				
	o s v				
	:				
Gruppe	128 =	"	508–511	"	i3

Vi vet således at PCM-ordet i romswitchens tidsluke 6 kommer fra innkommende tidsswitch i1. (De resterende 5 bits i styrelagerets ord 6 angir hvilken av i1's 32 posisjoner som ordet kommer fra.)

(Det er mye som tyder på at styrelageret fysisk før skilles i 8 desentraliserte enheter, tilordnet hver sin tidsswitch. Hver av tidsswitchene i0–i3 bør få en styrelagermodul på 32 ord a 20 bits, mens u0–u3 bør få 128 ord a 5 bits hver. Dette er selvsagt et teknologiavhengig detaljspørsmål som må utredes nærmere før avgjørelse tas.)

Switchen får etter dette tidsdiagrammet vist i figur 5.9.



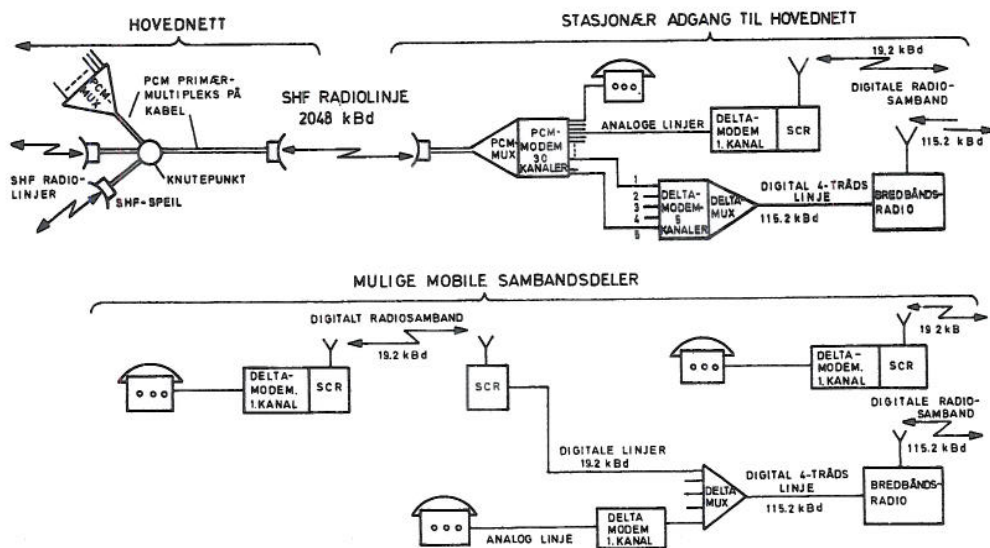
Figur 5.9 Tidsdiagram for switch

Vi ser at busslinjen (altså romswitchen) har 16 tidsluker i hvert vanlig kanalintervall på 3,9 µs.

Innen hvert slikt 3,9 µs intervall kan man kombinere (forbinde ved romswitching) hver av de 4 innkommende tidsswitcher i0–i3 med hver av de 4 utgående tidsswitcher u0–u3. Altså: 4 innkommende  $\times$  4 utgående = 16 tidsluker pr kanalintervall a 3,9 µs.

## 5.6 Mobilradio (SCRA)

Som tidligere nevnt er det behov for et radioutstyr som åpner adgangen til nettet for avdelinger under forflytning samt for mindre avdelinger hvis eksterntrafikk ikke berettiger til en PCM-MUX. De mulige adgangsformene til hovednettet er skissert i figur 5.10. Begge radioforbindelser vil være digitale med en 19,2 kbit/s delta-sigma modulator som A/D-omformer pr kanal. Enkanalsutstyret (SCRA = single channel radio access) vil spesielt behandles i dette avsnitt, mens deltamultipleksystemet med 5 talekanaler blir omtalt i avsnitt 5.7.



Figur 5.10 Radioadgangsformer til hovednett

Avdelinger under kontinuerlig forflytning eller som flytter ofte vil ha et kommunikasjonsbehov under disse operasjonene. Typiske avdelinger av denne kategori er panser, infanteri etc.

Avdelinger med mindre krav til mobilitet, såsom Feltartilleriet, har også behov for kontinuerlig samband under forflytning fordi taktikk og stridssituasjon kan endres under bevegelse. Trafikkontrollposter må kunne holdes løpende orientert om situasjonen i fremre linjer og kunne omdirigeres mens postmannskapet er under forflytning.

Kravene til forflytningstakt er også sterkt preget av hvilken type strid som føres. Infanteriet vil i en rekke typiske situasjoner utføre små og sjeldne forflytninger. P g a den store trafikkmengden til/fra disse avdelinger vil den naturlige sambandsutrustning for disse være en PCM-MUX supplert med mobilradio. Multipleksutstyret behøver jo nødvendigvis ikke flyttes i samme takt som avdelingen, og mobilradiotilknytning til egen MUX vil løse kommunikasjonsproblemene i de aller fleste tilfeller.

Ved etableringen av forsvaret etter mobilisering vil en lang rekke avdelinger ha behov for mobilradio ved fremføring av personell og materiell.

Antallet avdelinger som således har behov for mobilradio blir relativt stort. Eksempelvis finner man ut fra appendiks 4, Div Øst, fase 2, tallene vist i tabell 5.1. Man har her kun betraktet avdelingenes eksterntrafikk. Den interne trafikken vil bli behandlet i noen utstrekning i avsnitt 5.7.

16	FAbtt	med	2,7–3,6 erlang
5	FAbn	”	4,0 ”
7	Infbn	”	3,0–4,45 ”
3	Brigko	”	6,6 ”
2	Brigkdogrp	”	1,8 ”
1	Divkdogrp	”	1,6 ”
1	Pansret Infbn	”	4,45 ”
2	Oppklesk	”	0,2 ”
10	TKP	”	0,15 ”
1	Stridsgrp (erlang-tall ikke kjent)		

Tabell 5.1 *Antall avdelinger med kommunikasjonsbehov under forflytning for Div Øst, fase 2*

I tabell 5.1 referer tallene i parentes seg til trafikktettheten i ”travel time”, d v s klokken H, tidspunktet fienden eller en selv angriper. Ellers kan kommunikasjonsbehovet være vesentlig mindre, især under forflytning. Av de enhetene som er listet i tabell 5.1, så står brigadens kommandogrupper i en litt spesiell stilling. Man ønsker her full sambandskapasitet også under forflytning, hovedsakelig av koordineringshensyn. Normalt vil KDOene flytte satsvis, slik at den tiden man er under forflytning blir vesentlig mindre enn den tiden man er stasjonær. For å beholde en standardisering i utstyret, vil KDOene derfor bli tildelt det samme utstyret som de øvrige mobile avdelingene.

Som mobilutstyr har man valgt mellom SCR og 5-kanals deltamultiplekset radio. SCR ble valgt som normal tilknytningsform ut fra hensynet til enkelhet i utstyret samt av frekvenshensyn. Enkelte avdelinger vil nå ikke få sitt sambandsbehov dekket fullt ut v h a en SCR, men trafikk utover 1 erlang bør kunne bæres av nettradio eventuelt av ett ekstra SCR-sett. Øvrige avdelinger som hverken har PCM-MUX eller SCR må nytte annet sambandsmiddel, såsom nettradio og kurer.

Da også avdelinger med PCM-MUX må nytte SCR under forflytning, vil hoveddelen av divisjonens avdelinger bli bestykket med denne radioen. En divisjon med 3 brigader har omlag 80 avdelinger hvorav nær halvparten vil ha en PCM-MUX.

På figur 5.11 og 5.12 er vist hvordan SCR tenkes benyttet som mobilradio i to tilfeller.

Figur 5.11 viser et eksempel på hvorledes sambandet er tenkt forandret i frontlinjen fra en stasjonær tilstand til en tilbaketrekkingssituasjon (fronten trekkes bakover). Under forflytningen skal man ha mobilt samband, hvilket innebærer overgang fra PCM (SHF)-linjer til SCR.

Prosedyren for reorganisering kan være følgende:

- a) Oppsett av en spesiell sambandsgruppe med en PCM-MUX og 5–10 SCR-sett. Det er her ikke snakk om å operere på nett, men et SCR-sett er allokert til hver avdeling under bevegelse. Sambandsgruppen plasseres på et strategisk sted 5–10 km bak

frontlinjen, mest hensiktsmessig ved en etablert avdeling med PCM-MUX. Når avdelingen eventuelt forflytter seg, overtar den sambandsgruppens PCM-MUX som ikke er i bruk, og man sparer derfor tid.

- b) De enkelte avdelingene som skal forflyttes ringer via PCM-nettet til sambandsgruppen (eller omvendt) og man avtaler oppsett av SCR-samband som straks etableres. Man er derved igjen tilknyttet hovednettet over sambandsavdelingens PCM-MUX via SCR. Avdelingen kan nå kople ned sin PCM-MUX.
- c) Når alle avdelingene har etablert SCR-samband, kan PCM-nodene og SHF-speilene tas ned etter hvert under tilbaketrekningen.

Det er forutsatt opprettet spesielle små sambandsgrupper. De behøver ikke nødvendigvis være selvstendige. Deres funksjon kan overtas av en hensiktsmessig plassert avdeling supplert med det nødvendige antall SCR-sett (en trenavdeling f eks). Ved en ordnet tilbaketrekning vil man lett kunne nytte en satsvis bruk av SCR uten at dette bør føre til store utstyrsmengder. Ved rask tilbaketrekning av hele fronten vil sannsynligvis nettradio være den riktige kommunikasjonsstøtte for de fremre avdelingene.

Figur 5.12 viser eksempel på hvorledes samband er tenkt organisert ved forflytning av en avdeling. Den skal ha kontinuerlig samband, d v s på SCR, under forflytningen.

Følgende prosedyre kan følges:

- a) Avdelingen som skal flytte (a i figur 5.12) ringer opp en passende beliggende avdeling (b) over PCM-nettet. Man avtaler oppsett av en SCR forbindelse og etablerer denne. Avdeling (a) har da forbindelse til hovednettet via PCM-MUXen til avdeling (b) og SCR, og kan kople ned sin egen PCM-MUX.
- b) Avdelingen flytter til sin nye posisjon.
- c) Egen PCM-forbindelse opprettes til en node med ledig terminal. Det kan som her være den en tidligere kople seg fra, eller en mer nærliggende.
- d) Blir man i den nye posisjonen liggende for langt unna en ledig terminal, kan eventuelt en avdeling kople seg om og inn på en annen node. Derved blir en passende terminal fri.

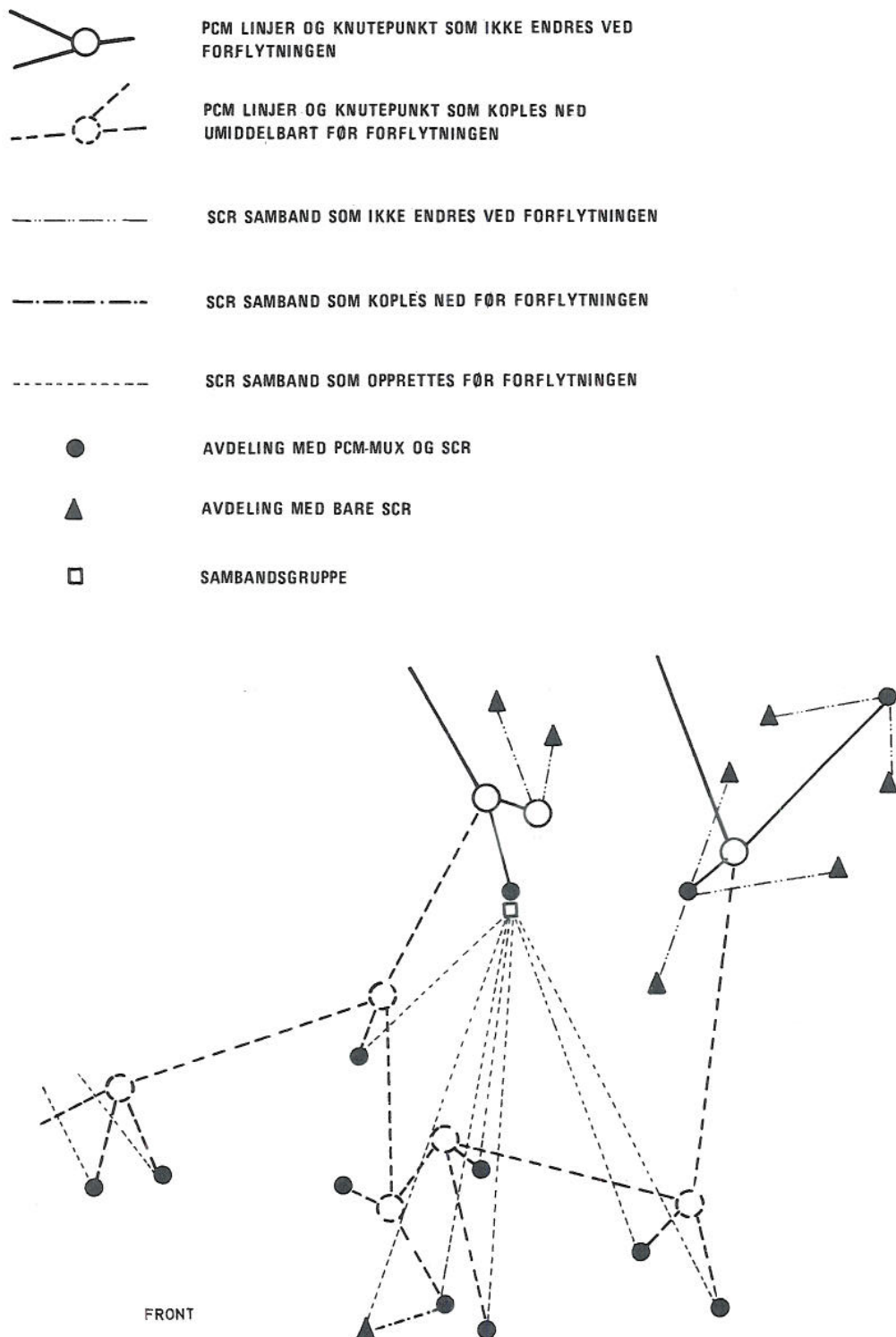
I en statisk situasjon (Divisjon Vest, fase 1) finner man avstandene fra avdelinger uten PCM-MUX til nærmeste avdeling med PCM-MUX. Stolpediagram er tegnet på figurene 5.13 og 5.14. Det er skilt mellom avdelinger som i en "travel" time kan få dekket sambandsbehovet (trafikkmengde  $\leq 1$  erlang) og de som ikke kan få dekket behovet (trafikkmengde  $> 1$  erlang).

Tilsvarende figurene 5.13 og 5.14, er det satt opp stolpediagrammer for Div Vest, fase 2 (figur 5.15 og 5.16) og Div Øst, fase 1 og fase 2 (figur 5.17–5.19).

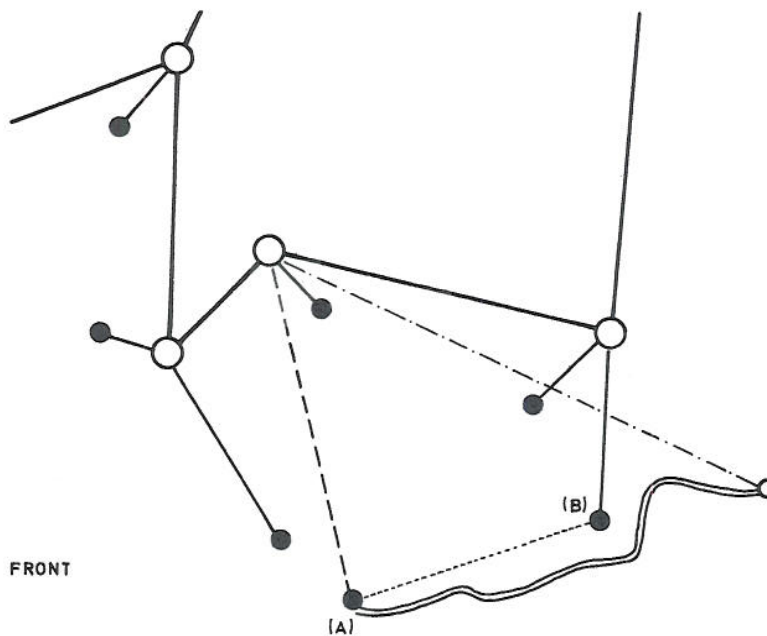
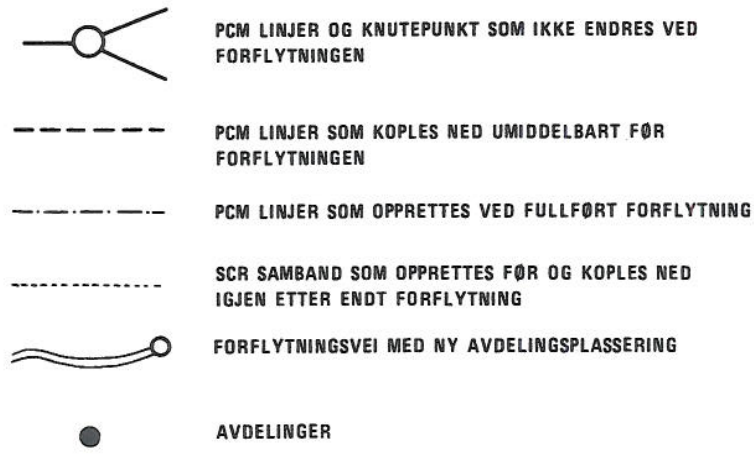
Figur 5.17 er fremkommet på en noe spesiell måte idet man her tillater avdelinger med PCM-MUX å knytte til seg bare en avdeling med SCR. Figur 5.17 representerer derfor kanskje den mest aktuelle situasjon. Likevel er heller ikke her 90% av dekningsområdet (90% av avdelingene) større enn 10 km. Nå vil de bakre avdelingene være relativt stasjonære og oftest ha liten trafikk tetthet, og det er her man finner de største avstandene.

De kan derfor nytte en annen sambandsform der hvor SCR-hoppene ville blitt lange. HF-radio, kurér etc vil være aktuelle alternativer. Av figurene ser man da at maksimal rekkevidde for SCR bør være omlag 10 km.

For eksempelet på figur 5.11, kan man lage en tilsvarende distansefordeling (figur 5.20). En 10 km SCR-rekkevidde dekker her alle avdelingene vist i figuren.



Figur 5.11 Samband under tilbaketrekking av front  
 Utsnitt fra divisjon Vest, fase 1



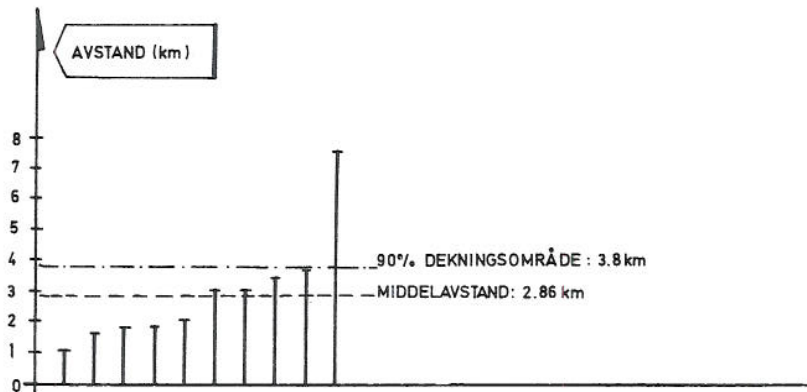
Figur 5.12 Samband ved forflytning av en avdeling med kontinuerlig behov for samband

Utsnitt fra divisjon Vest, fase 1

Det er klart at belegget på en SCR vil bli stort for enkelte avdelinger, som f eks brigadens kdo-gruppe. Da de aller viktigste meldingene, som f eks varsling, må fram umiddelbart, vil det bli brukt prioritering ned til abonnenten. En viktig melding bryter da allerede oppsatte forbindelser. Sentralen "husker" den tidligere samtale og kopler denne opp igjen eller at f eks varselet er sendt.



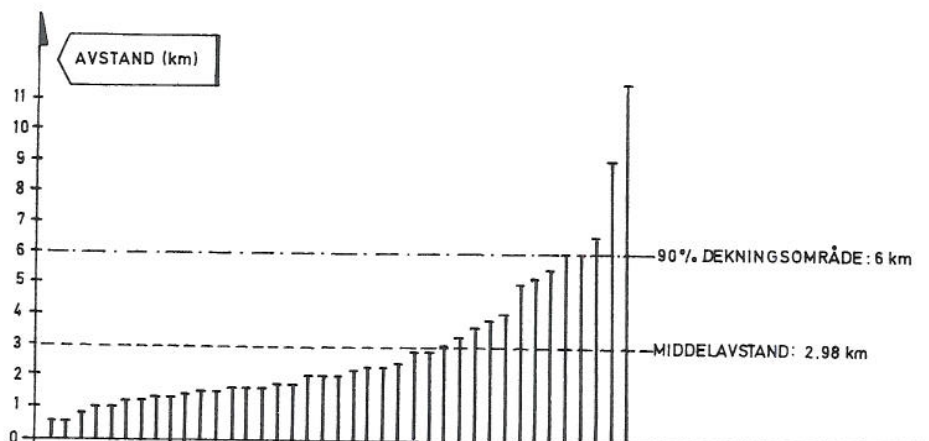
AVSTAND (km)	TRAFIKKTETTHET (erlang)	AVSTAND (km)	TRAFIKKTETTHET (erlang)
3,0	1,4	1,5	1,1
1,7	1,1	1,8	1,1
2,0	1,3	3,0	1,8
1,1	3,6	3,4	1,1
7,5	1,1	3,6	1,4



Figur 5.13 Distansefordeling for avstanden mellom avdelinger uten PCM-MUX til nærmeste avdeling med PCM-MUX

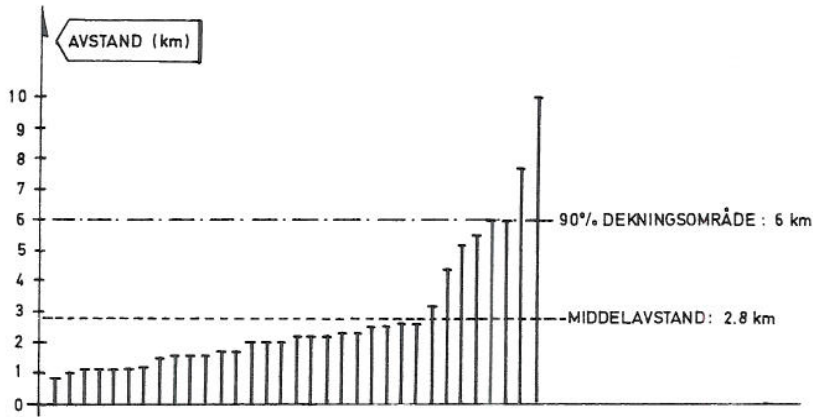
Trafikktetthet større enn 1 erlang, fra divisjon Vest, fase 1

AVSTAND (km)	TRAFIKKTETTHET (erlang)	AVSTAND (km)	TRAFIKKTETTHET (erlang)	AVSTAND (km)	TRAFIKKTETTHET (erlang)
6,0	0,15	6,5	1,00	3,8	0,15
1,0	0,15	1,3	0,15	2,4	0,40
6,0	0,10	2,0	0,20	5,0	0,20
2,3	0,50	2,0	0,50	2,0	0,60
1,5	0,50	2,2	0,10	3,6	0,15
3,2	1,00	0,9	0,15	1,6	0,10
0,6	0,15	2,3	1,00	5,2	0,20
1,2	–	2,8	0,15	4,0	0,25
2,8	0,10	1,7	0,25	1,3	0,40
1,0	0,30	1,2	0,60	1,8	0,15
0,6	–	1,6	0,20	5,5	0,50
1,5	0,15	3,0	0,30	9,0	0,20
1,4	0,30	1,8	0,30	11,5	1,00

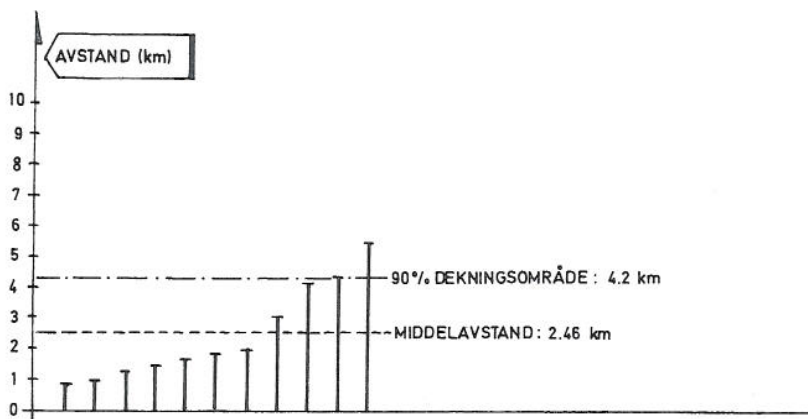


Figur 5.14 Distansefordeling for avstanden mellom avdelinger uten PCM-MUX til nærmeste avdeling med PCM-MUX

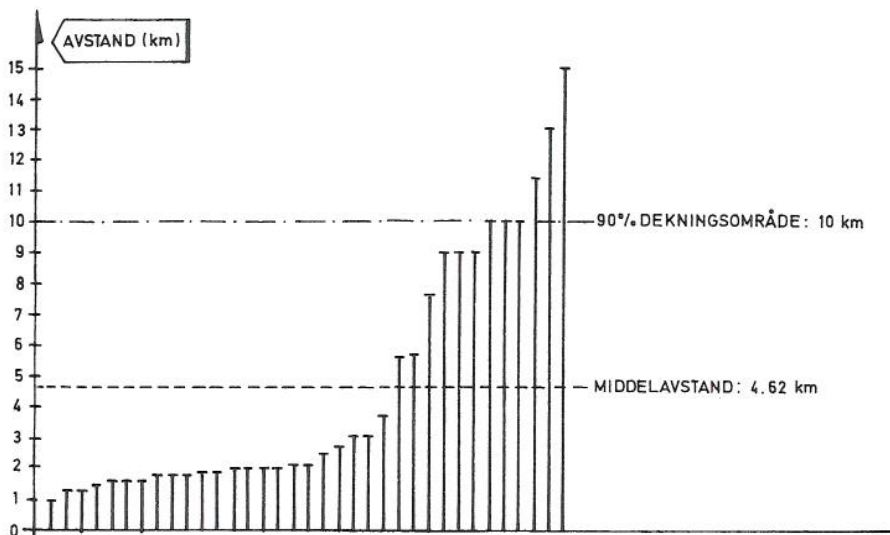
Trafikktetthet mindre enn eller lik 1 erlang, fra divisjon Vest, fase 1. Middellavstand og 90% dekningsområde totalt for figurene 5.13 og 5.14 er henholdsvis 2,95 km og 6 km.



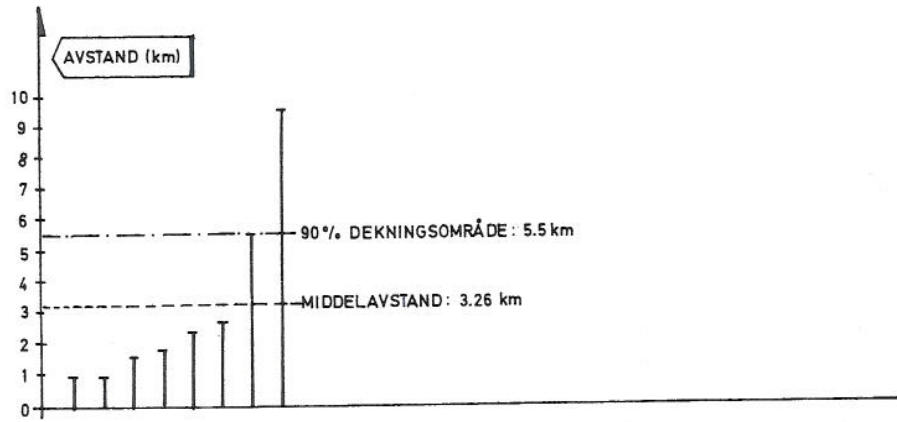
Figur 5.15 *Distansefordeling for divisjon Vest, fase 2*  
Trafikktetthet mindre enn eller lik 1 erlang



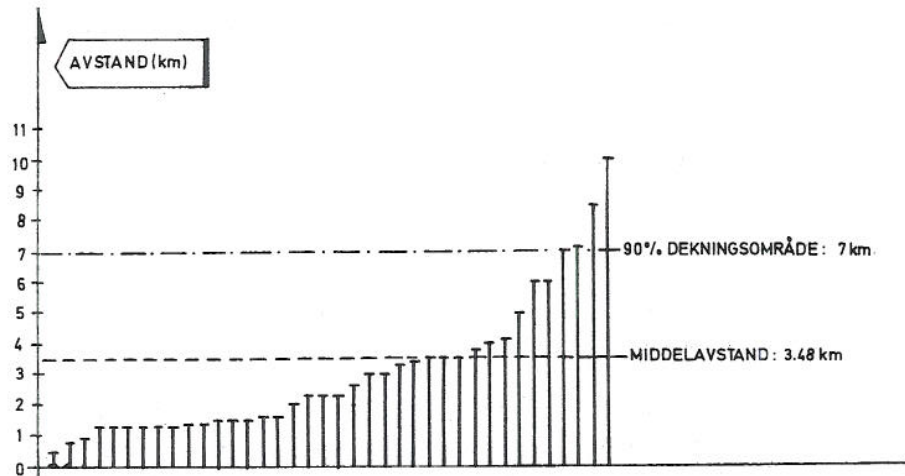
Figur 5.16 *Distansefordeling for divisjon Vest, fase 2*  
Trafikktetthet større enn 1 erlang  
Middelavstand og 90% dekningsområde totalt for figurene 5.15 og 5.16 er henholdsvis 2,71 km og 6 km



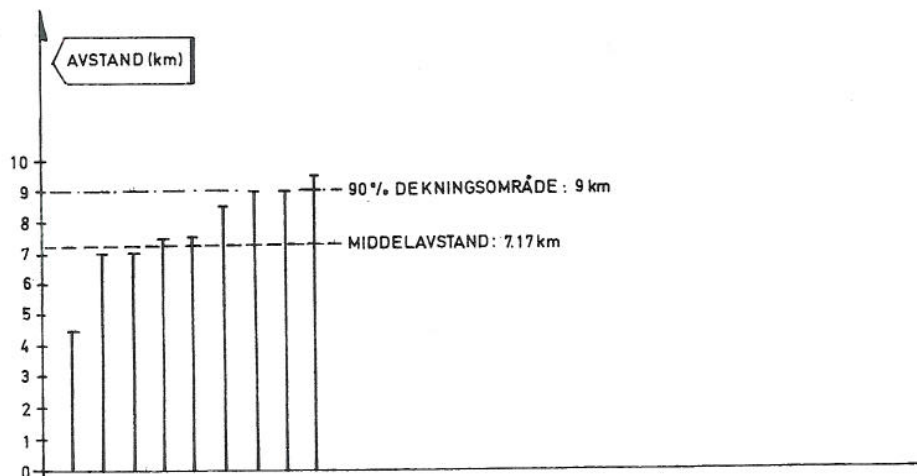
Figur 5.17 *Distansefordeling for divisjon Øst, fase 2*  
Trafikktetthet mindre enn eller lik 1 erlang  
Det er i de midtre og bakre områder tatt hensyn til at en avdeling med PCM-MUX normalt bare vil knytte til seg en avdeling med SCR. Dette resulterer i lange radiohopp. Figuren ville ellers vært svært lik figur 5.19 for de lange distansene.



Figur 5.18 Distansefordeling for divisjon Øst, fase 2  
 Trafikktetthet større enn 1 erlang  
 Middelaavstand og 90% dekningsområde totalt for figurene 5.17 og 5.18 er henholdsvis 4,37 km og 10 km.



Figur 5.19 Distansefordeling for divisjon Øst, fase 1, alle trafikktettheter



Figur 5.20 Distansefordeling for de nyetablerte SCR-forbindelsene i figur 5.11 fra de enkelte avdelinger til sambandsgruppen ved begynnende forflytning

### 5.6.1 Tekniske egenskaper for SCR

Ved valg av systemløsning vil en søke å tilfredsstillende krav om:

- minimum forbruk av båndbredde
- god undertrykkelse av uønskede signalkilder og støy
- tilfredsstillende rekkevidde
- minimalt effektforbruk

Kravene er ofte motstridende og løsningen velges ut fra en helhetsvurdering. Man skal i det følgende drøfte en del av utstyrets hovedparametre.

*Modulasjonsform (10,14,15,18,20,21,23)*

De aktuelle modulasjonstypene er enkelt sidebånd (SSB), frequency shift keying (FSK) og phase exchange keying (PEXK). Ved "shift keying" er fasen til bærebølgen kontinuerlig ved bitskift, mens den er diskontinuerlig ved "exchange keying".

Ut fra en helhetsvurdering av de tre nevnte modulasjonssystemer anbefales FSK benyttet. FSK gir en kombinasjon av enkelhet, god ytelse og anvendbarhet. Optimalt velges da:

$$\frac{\text{Båndbredde}}{\text{Bithastighet}} \approx 1,6 \quad \text{og} \quad \frac{\text{Deviasjon}}{\text{Bithastighet}} \approx 0,4$$

En nærmere diskusjon av fordeler og ulemper ved de tre modulasjonstyper finnes i de angitte referanser.

*Jamming (10,13)*

For ikke å bli forstyrret av nærliggende kraftige sendere, må mottakeren ha høy selektivitet og stort dynamisk område.

Motstandsdyktighet overfor jamming ligger først og fremst innebygget i modulasjonsformen, men er også sterkt avhengig av frekvensbånddisponeringen. Om man bare sender i et smalt bånd så er det lett å jamme. Benytter en stadig hopping mellom mange spredte bærebølgefrequenser, innebærer effektiv jamming at alle de aktuelle båndene må jammes simultant. Imidlertid vil slik frekvenshopping øke båndbreddebehovet drastisk, især i systemer som her er aktuelle hvor man ikke arbeider på nett.

Utover disse enkle forholdsregler og egenskapene som er innebygget i modulasjonsformen er det svært lite som kan gjøres innenfor en realistisk prisramme for å oppnå jammesikkert utstyr av denne type.

*Bithastighet og frekvensvalg (10,11,12)*

Bithastigheten i det påtenkte mobilradiosystemet er 19,2 kbit/s. På en kanal hvor man får et flerveissignal med en direkte og en indirekte bølge, vil det ved en veilengdedifferans på 7,8 km være en relativ forsinkelse på en halv bit mellom bølgene. Om de har omlag samme styrke, så vil dette være den maksimale forsinkelse som kan tillates for å detektere riktig. Høyere bithastighet gir kortere tolererbar veilengdedifferans og derved større sannsynlighet for uheldige refleksjoner.

De interfererende reflekterte bølgene vil være dempet i forhold til hovedsignal avhengig av relativ veilengde og refleksjonstap. Ved samband over 10 km vil den sjenerende reflekterte bølge ha en gangvei på >17,8 km samt har den blitt ytterligere dempet p g a refleksjonstap. I et FM-system vil man ved frekvenser i VHF/UHF-området undertrykke

den interferende bølge i dette tilfellet. Veilengdedifferanser ned til 3–4 km over 10 km sambandsstrek kan tolereres. Den enkle refleksjonsmodell man her refererer til gir bare et forenklet bilde av forholdene i felten, men den tjener til å anskueliggjøre problemstillingen. Man må forvente at transmisjonsegenskapene er sterkt terrengavhengig, og det er derfor nødvendig å foreta feltnmålinger i typiske norske terreng før man kan bestemme optimalt frekvensområde og maksimal bithastighet. I Tyskland og England vet man positivt at målinger av denne type er foretatt, men eksakte måleprosedyrer og resultater er ikke kjent. I Tyskland ble det foretatt målinger i et område fra Heidelberg til Salzburg med alle tenkelige terrengtyper, såsom flatt terreng, småkupert terreng, fjellområde (fjell på 2000 m høyde), i skog og i byer (11). Det ble spesielt oppnådd meget gode resultater i trange daler ved bruk av UHF-signaler (p g a refleksjoner mellom fjellssidene). Her sviattet konvensjonelle analoge systemer som opererte i 40–69 MHz-området fullstendig. Konklusjonen var ellers at man må tilstrebe så lave bitfrekvenser som mulig, samt at UHF-området (225–400 MHz) bør benyttes ut fra følgende begrunnelse:

- små antenner
- lav antennestøytemperatur
- små forstyrrelser
- lave refleksjonstap gir mulighet for ”refleksjonssamband”
- stor immunitet for interferens fra andre tjenester
- liten forstyrrelse av andre tjenester
- antall frekvenser kan velges større enn i VHF-området, hvilket gir en øket ECM beskyttelse

#### *Dupleksmetoder*

Det er to typer dupleksteknikker som kan komme på tale, nemlig:

- TDD (tidsdelt dupleks)
- FDD (frekvensdelt dupleks)

Ved TDD benyttes samme frekvens både for sending og mottaking. Den digitaliserte tale lagres i skiftregistre og transmitteres med den dobbelte hastighet. På den måten får man tid til både sending og mottaking i ”sann tid”.

Ved FDD benyttes to frekvenser – en for sending og en for mottaking.

Hovedfordelene ved TDD fremfor FDD er:

- nøyaktig avpassing av sendereffekt er mulig (resiproke transmisjonsveier)
- ingen egen sender/mottaker-interferens
- enklere frekvenstildeling

Manglene ved TDD i forhold til FDD er:

- øket bithastighet
- øket følsomhet for ECM
- mer komplisert utstyr

Prismessig skal FDD og TDD være omlag like. Totalt båndbreddeforbruk ved TDD og FDD blir også nær likt. Ved FDD beslaglegges 4 frekvenser dersom to mobile brukere samtaler, mens det kun nyttes 2 ved TDD. Ved TDD må i tillegg bithastigheten økes noe utover 2 ganger 19,2 kbit/s, p g a det nødvendige oppholdet mellom send- og mottakeroperasjonene. Denne økningen minimaliseres ved at det sendes og mottas lange bitsekvenser som mellomlagres i buffere.

Det virker på denne bakgrunn noe gunstigere å velge TDD fremfor FDD, spesielt med henblikk på automatisk effektilpasning. Det vil imidlertid ikke være riktig å ta standpunkt til valg av dupleksoperasjon før feltnålinger er utført.

### *Effekt (9,10,17,19)*

I flatt terreng med fri sikt varierer effektkravet til senderen med frekvensen som  $20 \lg(f_1/f_2)$  dB. En frekvensdobling krever en effektdobling for å opprettholde samme rekkevidde. Forholdene endrer seg så med terrenget og i fjellområder er dempningen omlag 10 dB større enn i flatt lende ved 150 MHz, mens den er 20 dB større ved 400 MHz. Ved siden av dette trenger man en fading-margin (90–95% dekning) på omlag 15 dB fordi sambandet skal være mobilt. Totalt krever dette en maksimaleffekt på omlag 10 W ved 70 MHz, 15 W ved 150 MHz og ca 30W ved 400 MHz for å ha en 90% effektiv rekkevidde på 10 km.

Det er ønskelig med automatisk effekregulering av utstyret, slik at utstrålt effekt hele tiden er minimal. Dette gir lenger batterilevetid, og farene for interferens, avlytting og peiling blir mindre. Effekregulering er meget enkelt ved TDD, idet man måler styrken på mottatt signal og regulerer utsendt effekt dertil.

### *Signaleringsplan*

Det er forutsatt at verken abonnentapparat eller PCM-MUX skal merke at det er et radiohopp på forbindelsen mellom dem. Dette er det tatt hensyn til i TN-E-445 ved utarbeiding av signaleringssignaler. I det følgende er det beskrevet hvorledes disse signalene kan overføres på en radioforbindelse.

Figur 5.21 viser utstyrets sammensetning fra abonnentapparat til PCM-MUX over en full dupleks radiolinje. Det benyttes firetråds forbindelse med et senderpar (SP) og et motakerpar (MP).

Signaleringsprosedyre og signaler er foreslått i Teknisk notat E-445, og dette følges her.

### *Anrop og B-svar*

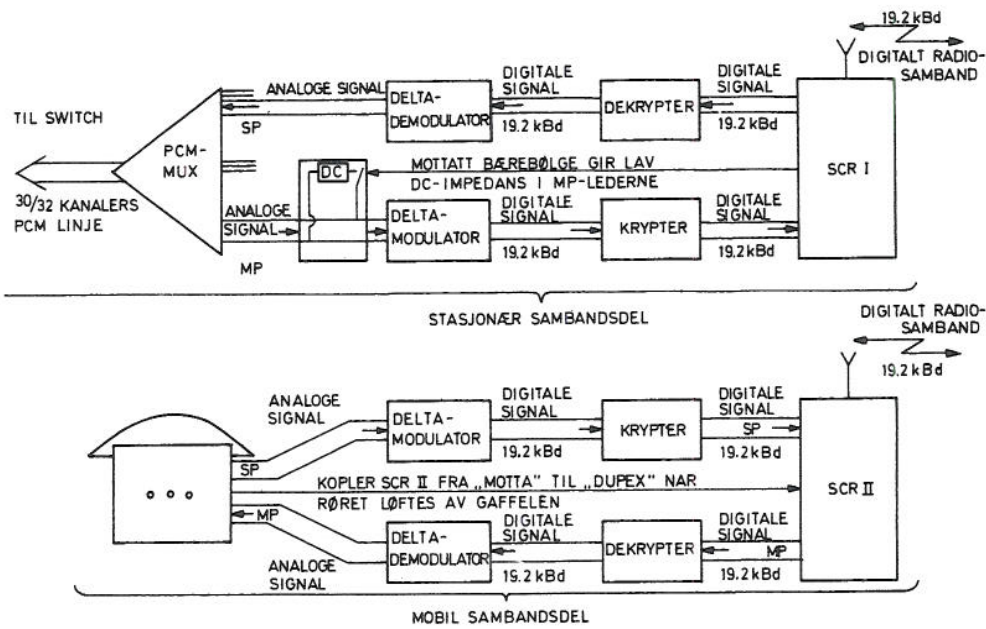
Røret løftes av og SCRII skifter fra bare "receive" til "dupleks". Den utsendte bærebølgen detekteres av SCRI og denne kopler inn lav DC-impedans i MP-lederne. Dette oppfattes som anrop eller B-svar.

### *Summetone*

Summetonen sendes direkte fra MUXen og kodes/dekodes av deltamodemet som et vanlig analogsignal.

### *Siffersignaler*

Disse kan sendes direkte over deltamodulatorene, eller det kan være en tilsvarende digital sekvens som leses ut på SP-lederne etter modulatorene (men før en eventuell kryptoenhet). Dette siste krever at utgangen fra deltamodulatorene er blokkert, slik at binærstrømmene ikke blandes. Den digitale sekvensen må gi ut det korrekte analoge signalet



Figur 5.21 Mobil adgang til PCM-MUX via SCR

når det dekodes i deltademodulatorene. Sekvensen kan representere en hel eller halv periode av den foreslåtte 500 Hz tonen (vedlegg 3) (henholdsvis 20 og 40 bit) og være lagret i en ROM (Read Only Memory). Den leses ut så mange ganger at antall 500 Hz-perioder blir som ønsket.

#### Ledigtone, opptatt-tone, ringesignal:

Disse sendes på samme måte som summetonen. Ringesignalet sendes bare når telefonrøret ligger "på". Det går via en ekstra forsterker til en ekstern klokke. Denne forsterkeren koples ut når røret løftes av.

#### Opphørsignal:

Når røret legges på, skifter SCR II fra "dupleks" til "receive". SCR I mottar ikke lenger bæreølge og impedansen i MP-lederne legges høy.

Metoden for anrop, B-svar og opphørsignal er ikke helt pålitelig. Ved pågående samtale vil tilfeldig kraftig fading kunne føre til for svakt mottatt bæreølge i SCR I. Dette blir detektert som opphør. En viss treghet for deteksjon av slutt vil derfor være nødvendig. Det innebærer imidlertid at nytt anrop må utsettes noen sekunder.

Den her skisserte signaleringsmetodikk vil sannsynligvis være lite effektiv i forbindelse med jammetrusel, idet en fremmed sender kan "anrope" en SCR og belegge denne. Imidlertid vil jammeren da nødvendigvis ligge på samme frekvens, og sambandet vil bli forstyrret uansett signaleringsmetode. Problematikken er derfor svært analog den de ordinære nettradiosamband har, og det er lite som kan gjøres med utstyret for å motvirke denne trusel.

## 5.7 5-kanals deltamultiplekssystem

### 5.7.1 Innledning

Det skal i det følgende beskrives en digital multiplekser beregnet for overføring av 5 talekanaler kodet med deltamodulasjon med hastighet 19,2 kbit/s. Multiplekseren er tenkt benyttet til kommunikasjon mellom hovedavdeling og underavdelinger på bataljons/kompaninivå. En vil først gi en kortfattet teknisk beskrivelse, deretter vurdere effektforbruk, volum, vekt og pris, og til slutt gi eksempler på anvendelse i sambandsnett.

### 5.7.2 Funksjonsblokkdiagram

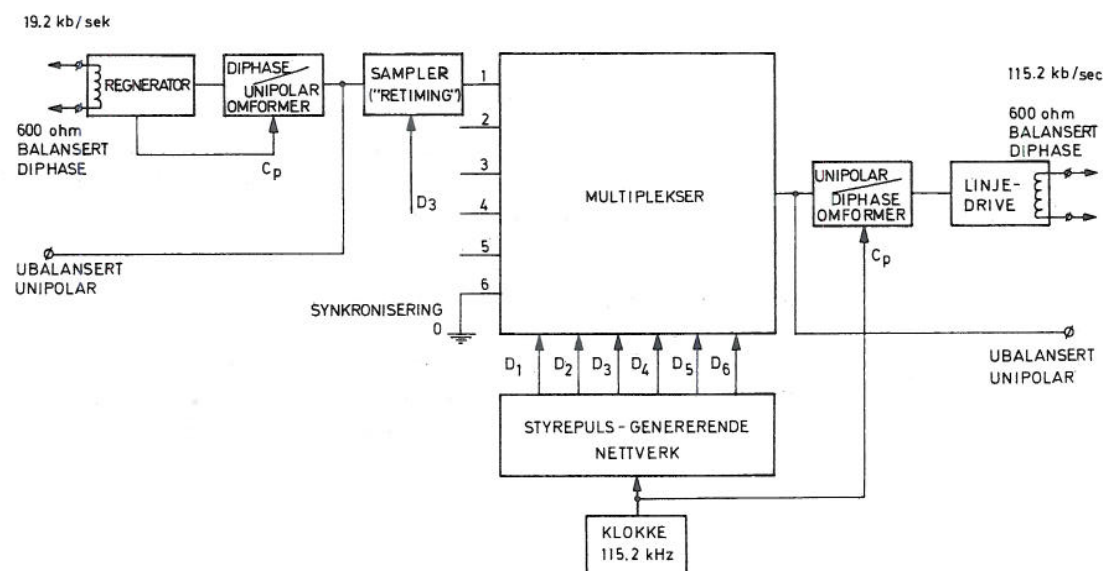
#### *Multiplekseren*

Multiplekseren er vist på figur 5.22. Den styres av en klokke på 115,2 kHz, som igjen styrer et nettverk som genererer pulser som definerer tidslukene til de enkelte kanaler (se figur 5.23). Rammestrukturen til det multipleksede signal er vist i figur 5.24. Rammen på 51,2  $\mu$ s er delt i 6 tidsluker. De 5 talekanalene er tilordnet luke 1–5. I tidsluke 6 sendes en kontinuerlig 0 for rammesynkronisering.

Multiplekseren har to innganger pr kanal. En balansert linjeinngang med impedans 600  $\Omega$ . Den linjekoden som er tenkt benyttet er såkalt "conditioned disphase" (se avsnitt 5.7.4). Linjeinngangen er forsynt med regenerator, etterfulgt av omformer for omforming av linjekoden til vanlig unipolar kode. Deretter foretas en sampling for å synkronisere det innkomne signal med multiplekserens egen klokke.

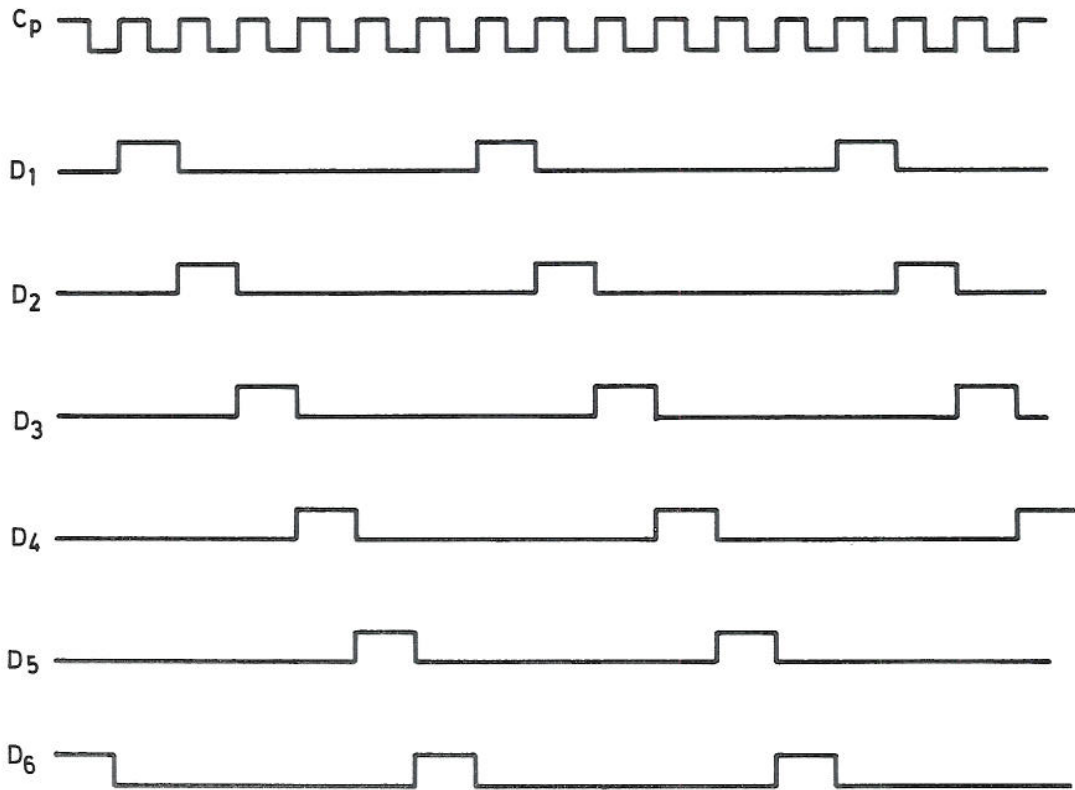
Den andre inngangen går direkte inn på samplingskretsen, og er beregnet for direkte tilknytning til en deltamodulator.

På multiplekserens utgangsside har en omkodning fra unipolar kode til "conditioned diphase" kode etterfulgt av linjedriver. Linjeutgangen er balansert med impedans 600  $\Omega$ . Bithastigheten er 115,2 kbit/s.

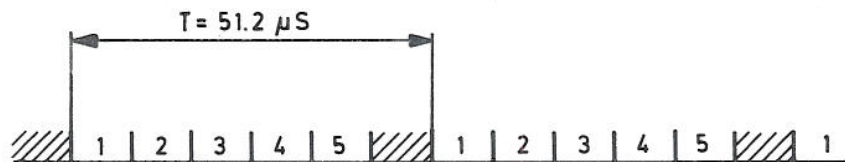


Figur 5.22 Multiplekser





Figur 5.23 Styrepulser

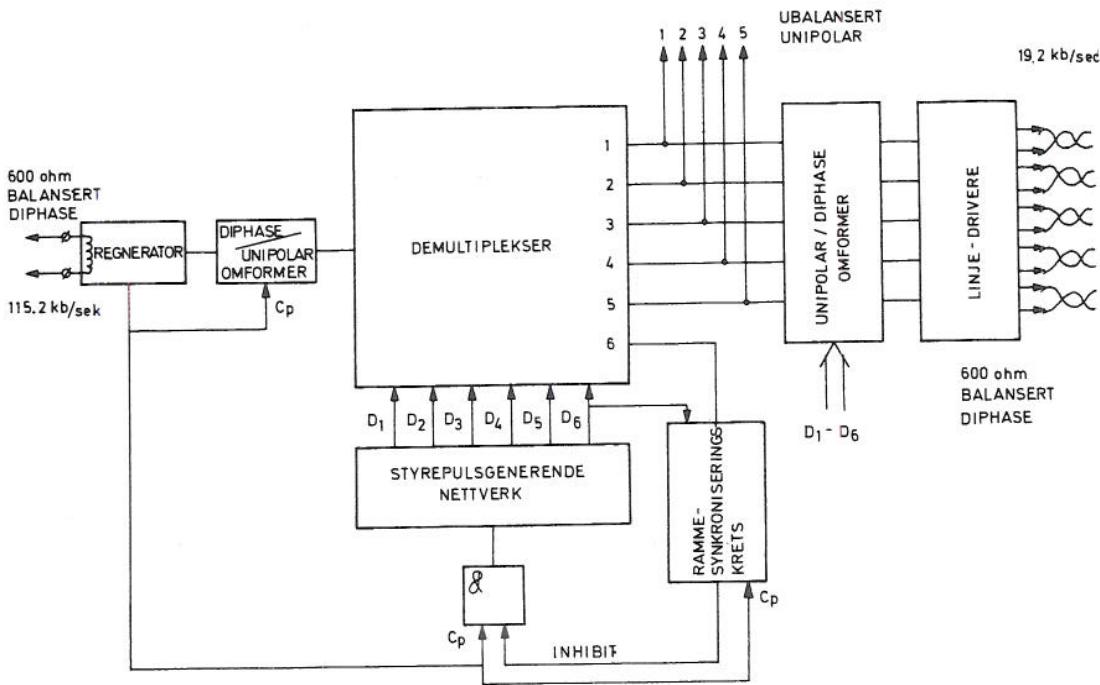


Figur 5.24 Rammestruktur

### 5.7.2 Demultiplekseren

Demultiplekseren er vist på figur 5.25. På inngangen har en regenerator som også ekstraherer klokkefrekvensen fra det innkomne signal. Det ekstraherte klokkesignal brukes til styring av demultiplekseren. Etter regenerering har en konvertering fra linjekode til unipolar kode.

Rammesynkroniseringskretsen sammenligner det som mottas på utgang 6 med det riktige rammesynkroniseringsordet. Dersom det ikke er overensstemmelse, gir den ut et inhibit signal (lavt nivå) som kopler klokken vekk fra det styrepulsgenererende nettverk. Styrpulsene  $D_1$ – $D_5$  blir da stående ( $D_1$ – $D_5=0$ ), og det innkomne pulstog går igjennom demultiplekseren og ut på utgang 6. Rammesynkroniseringskretsen søker da igjennom det innkomne pulstog inntil den finner det riktige synkroniseringsordet (eller en imitasjon), inhibitpulsene blir borte, styrepulsnettverket startes igjen, og neste sjekk foretas i samme posisjon i neste ramme. Dersom synkroniseringsordet detekteres riktig 3 ganger på rad, oppfattes dette av systemet som om det riktige ordet var funnet og det går over i låst tilstand. For å redusere virkningen av tilfeldige bitfeil i synkroniseringsordet, krever en at synkroniseringsordet må være feil to ganger på rad før systemet oppfatter det som tap av rammesynkronisering, og starter søkingen eller synkroniseringsordet på nytt. En



Figur 5.25 Demultiplekser

statistisk analyse av synkroniseringssystemet er gjennomført, og viser at synkroniserings-tiden  $t_s$  er av størrelsesorden 1 ms i middel (vedlegg 7).

Demultiplekseren har to utganger pr kanal, en ubalansert med unipolar kode, beregnet for direkte tilkoping til en deltademodulator, og en balansert linjeutgang med impedans 600 ohm og "conditioned disphase" kode.

### 5.7.3 Realisering (teknologi)

En vil i første omgang basere realiseringen på bruk av standard integrerte kretser som er tilgjengelig på markedet i dag. Høyeste bithastighet i systemet er 115,2 kbit/s, og derfor tilstrekkelig lav til at en kan benytte COSMOS (complementary symmetry metal oxide silicon) digitale kretser. Disse kretsene har et effektforbruk som ligger to størrelsesordner lavere enn standard TTL, og en størrelsesorden lavere enn laveffekt TTL. For de analoge kretsene (forsterkere og filtre i regeneratorene) bør en legge vekt på å finne typer med lavt effektforbruk. De analoge kretsene utgjør ca 20% av det totale pakketallet.

Pakkene vil fordele seg på de forskjellige funksjoner omtrent som vist i det følgende:

#### *Multiplekser*

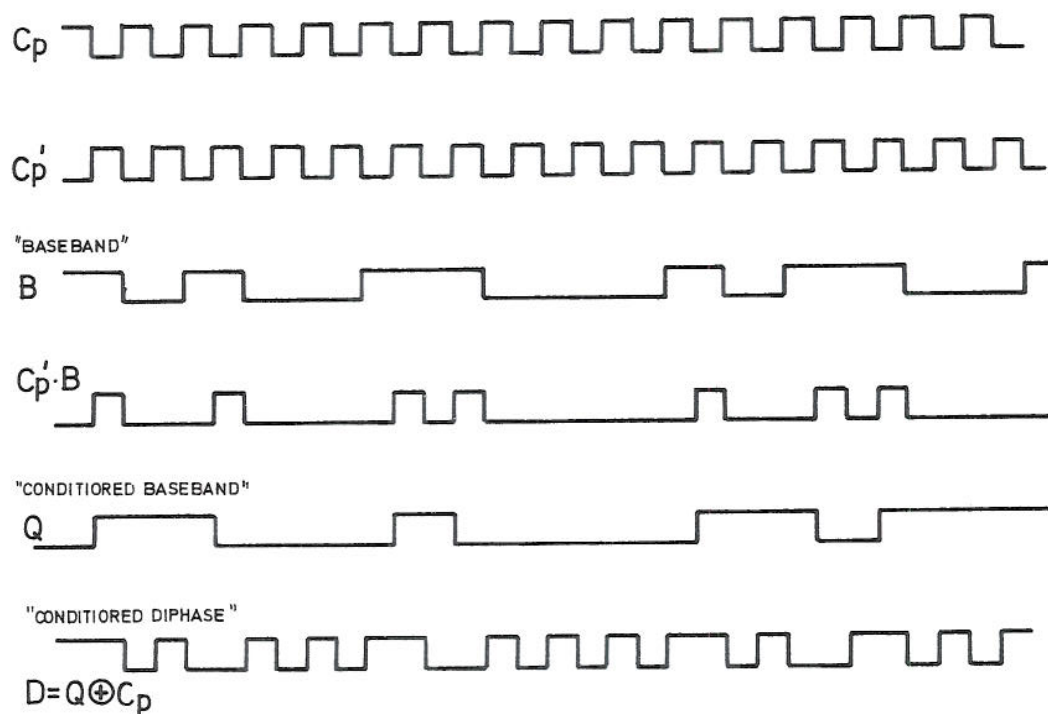
Klokke	2 pk
Styrepulsnettverk	4 pk
Multiplekser	2 pk
Unipolar/diphase omformer	3 pk
Linjedriver	1 pk
	<hr/>
	12 pk = 12 pk

Regenerator	7 pk	
Diphase/unipolar omformer	3 pk	
Sampler ("retiming")	1 pk	
	<hr/>	
	11 pk × 5 kanaler	= 55 pk
	<hr/>	
Totalt for multiplekser		<u>67 pk</u>
<i>Demultiplekser</i>		
Regenerator	7 pk	
Diphase/unipolar omformer	3 pk	
Styrepulsnettverk	4 pk	
Rammesynkroniseringskrets	6 pk	
Demultiplekser	9 pk	
	<hr/>	
	29 pk	= 29 pk
	<hr/>	
Unipolar/diphase omformer	3 pk	
Linjedriver	1 pk	
	<hr/>	
	4 pk × 5 kanaler	= 20 pk
	<hr/>	
Totalt for demultiplekser		<u>49 pk</u>
Totalt for multiplekser og demultiplekser		<u>116 pk</u>

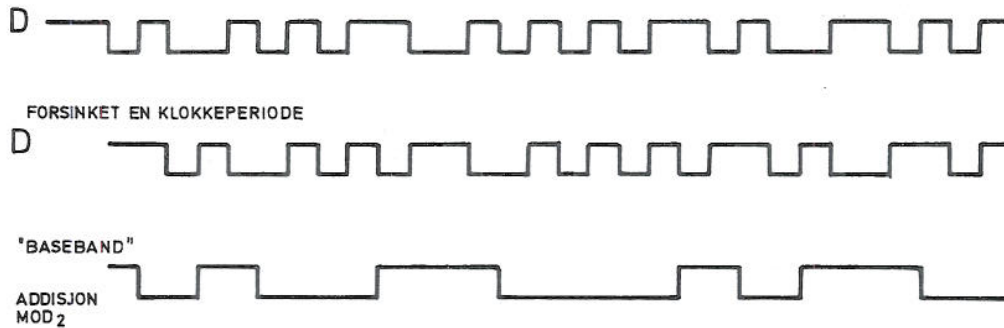
Av dette er det 24 analoge forsterkere.

#### 5.7.4 Linjekode

Som linjekode vil en benytte såkalt "conditioned diphase" kode. Hvordan linjesignalet dannes av basisbåndsignalet fremgår av figur 5.26. Figur 5.27 viser dekodningen av et "conditioned diphase" signal.



Figur 5.26 Generering av "conditioned diphase" signal



Figur 5.27 Dekoding av "conditioned diphase" signal

Denne linjekoden har en rekke interessante egenskaper. Effektspekteret går mot null ved lave frekvenser, og det inneholder en stor komponent på klokkefrekvensen. Sekvenser av bit med lik polaritet kan ikke forekomme. (Kontinuerlig 0 blir sendt som firkantsignal med klokkefrekvensen, kontinuerlig 1 blir sendt som firkantsignal med halve klokkefrekvensen.) Koden har således meget gunstige egenskaper når det gjelder ekstrahering av klokkesignalet i regeneratorene. Overføringshastigheten blir imidlertid den dobbelte av den en ville hatt ved å benytte AMI eller HDB<sub>3</sub> kode. Koder og dekker for "conditioned diphase" er meget enkle å realisere. Med standard integrerte kretser skulle en totalt trenge maksimum 6 pakker.

#### 5.7.5 Signaleringsoverføring

Deltamultiplekseren er ikke utstyrt med separate kanaler for overføring av signaleringsinformasjon. All type signaler forutsettes derfor ved hjelp av en signaleringsform lagt inn i talebåndet ("in band signalling") før deltamodulatoren. Dette gjelder også anrop og B-svar som telefonapparatet presenterer som lav impedans mellom send-par.

#### 5.7.6 Effektforkbruk

Under de forutsetninger som er gjort i avsnitt 3 om realisering kan en komme fram til et omtrentlig uttrykk for effektforkbruket for en terminal (deltamultiplekser/demultiplekser). En antar et midlere effektforkbruk på 2 mW pr pakke for COSMOS kretsene, og ca 50 mW pr pakke for de analoge forsterkere. Dette skulle totalt gi

$$P = (2 \cdot 92 + 50 \cdot 24) \text{ mW} = 1,4 \text{ W}$$

#### 5.7.7 Volum

Deltamultiplekseren forutsettes bygget opp på 10×15 cm kort. Med en pakketetthet på typisk 10 pk pr kort skulle hele multiplekser/demultiplekser kunne bygges på totalt 10 kort. Med typisk avstand mellom kort på 2,5 cm skulle det totale volum konservativt regnet bli ca 30×20×15 cm (9 dm<sup>3</sup>). Med hybridisering vil volumet kunne bringes drastisk ned.

#### 5.7.8 Vekt

Kasse i 5 mm aluminium med dimensjoner som nevnt i forrige avsnitt vil veie ca 4 kg. 10 komponentkort med kontakter ca 200 gr pr stk, til sammen ca 2 kg. Dersom en regner ca 2 kg for eksterne kontakter, instrumenter etc får terminalen en totalvekt på ca 8 kg.

## 5.7.9 Pris

Med en gjennomsnittspris på ca 15 kr pr pakke vil komponentprisen bli av størrelsesorden 2000,- kr.

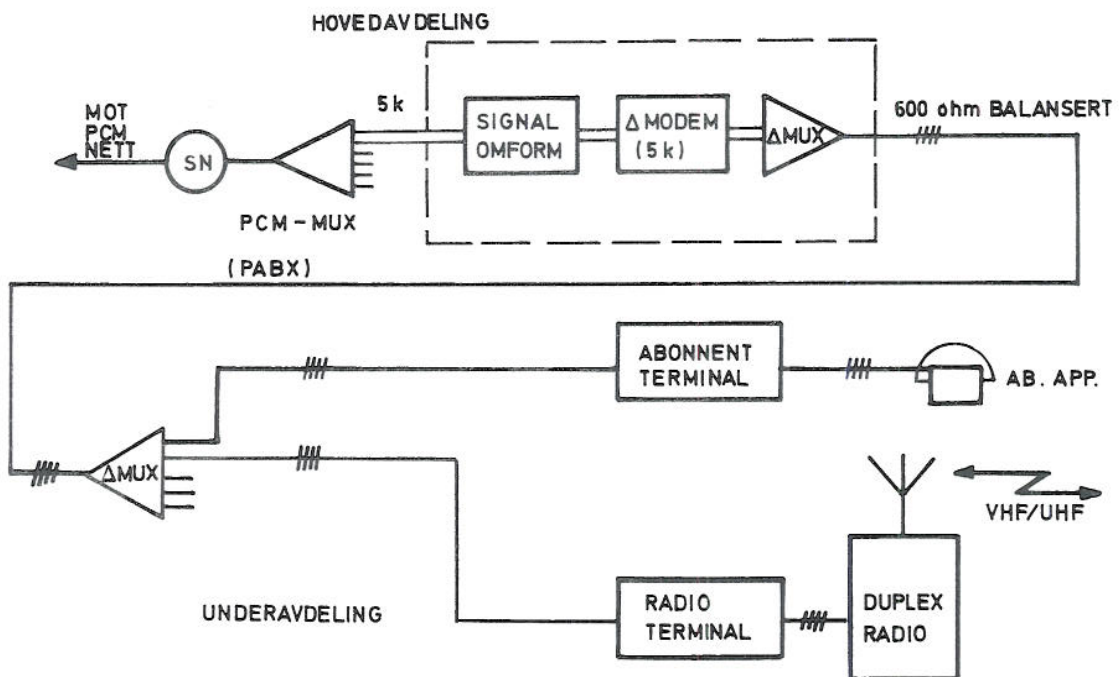
## 5.7.10 Eksempler på anvendelse av deltamultiplekser

Multiplekseren er som nevnt i innledningen tenkt benyttet til kommunikasjon mellom hovedavdeling og underavdelinger på bataljon/kompaninivå. Som sambandsmedium er det primært tenkt på 4-tråds linje. Hvor store linjelengder som kan benyttes, vil avhenge av dempnings- og fase-egenskapene til den type feltkabel som sannsynligvis vil bli brukt (WD1-TT). Det foreligger for tiden ingen data om denne.

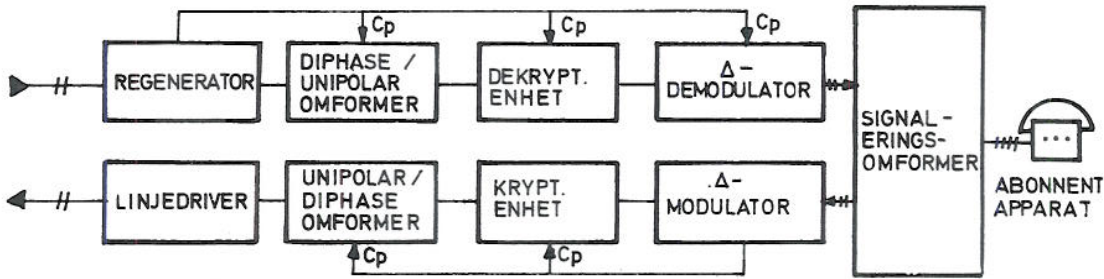
Et alternativt sambandsmedium er dupleks radio. Båndbreddebehovet vil være ca 100 kHz i hver retning. På grunn av den relativt høye bithastighet (115,2 kbit/s) må en regne med at kommunikasjon kan bli vanskelig i VHF/UHF-området (multipath propagation), og det mest realistiske alternativ til linje vil antakelig være SHF radiolinje.

Figur 5.28 viser et eksempel på avgrensning av 5 kanaler fra en hovedavdeling til en underavdeling ved hjelp av deltamultiplekser. Hovedavdelingen har et knutepunkt som fungerer som PABX for avdelingen. Fra PCM-MUXen koples 5 kanaler til terminalen som består av signaleringsomformere, deltamodem og deltamultiplekser. Underavdelingen er tilkoplest via 4-tråds 600 ohm balansert linje. På figuren er det vist to mulige måter å kople abonnentene til deltamultiplekseren:

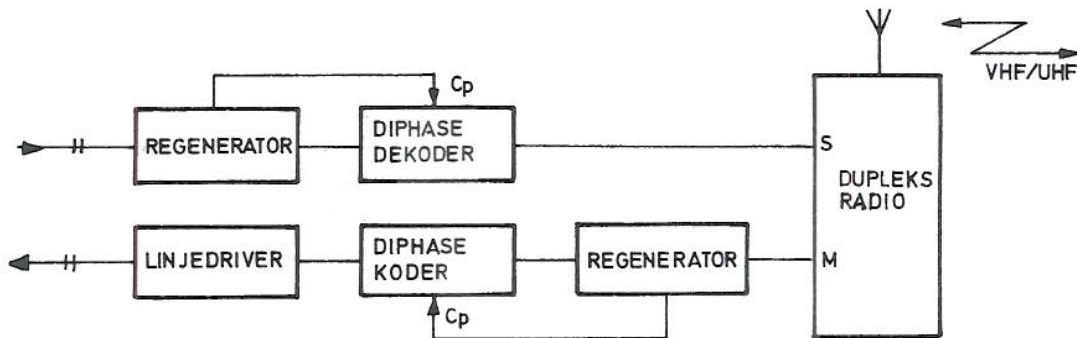
- Via 4-tråds 600 ohm, balansert linje. Boksen abonnent terminal inneholder det nødvendige "interface" utstyr mellom abonnentapparatet og linjen, og er vist i detalj på figur 5.29.
- Via dupleks radio. Radioen vil ikke alltid kunne være i fysisk nærhet av deltamultiplekseren, og er derfor tilkoplest via linje. Boksen radio terminal inneholder det nødvendige "interface" utstyr mellom radioen og linjen, og er vist i detalj i figur 5.30.



Figur 5.28 Kommunikasjon hovedavdeling – underavdeling v h a deltamultiplekser



Figur 5.29 Abbonent-terminal



Figur 5.30 Radio-terminal

## 5.8 Tjenesterepertoar

Nettets hovedoppgave vil være å etablere taleforbindelser (telefoni) mellom to og to personer (abbonenter). Vanlige taleforbindelser vil alltid være full dupleks med normal telefonibåndbredde; 300–3 400 Hz. PCM-systemets overstyringsgrense er oppgitt til 3 dBmO, og avtastingsfrekvensen (sampling rate) er 8 kHz.

At abonnentene skal kunne flytte omkring og knytte seg til nettet på forskjellige steder, vil kreve at systemet stadig holder transittsentralenes såkalte "abbonentkataloger" oppdatert. Man krever således at en abonnent som knytter seg til nettet i et nytt punkt, skal melde fra om dette til den nærmeste transittsentralen (abbonenten "anmelder seg"). Sentralen skal så notere den nye abonnenten og påse at dersom han tidligere var notert i en annen sentral, skal han strykes der. Den nødvendige signaleringen mellom sentralene for å ordne dette er nærmere omtalt i TN-E-445, Signaleringsprosedyrer i et automatisk telefonnett med digital transmisjon og switching (vedlegg 3).

Man kan altså anse disse to tjenestene som to standardtjenester som systemet skal kunne utføre:

- 1) Dupleks bilaterale samtaleforbindelser
- 2) Ajourføring av sentralenes abonnentkataloger

Datamaskinstyringen i hver transittsentral gir systemet fleksibilitet og logisk kapasitet til å kunne utføre en rekke spesielle tjenester. Ofte vil man finne at en ny tjeneste kan innføres ved kun å tilføye noen nye programmer i hver transittsentrals datamaskin. Likevel bør man vise stor tilbakeholdenhet med innføringen av nye tjenester fordi:

- a) Tillegg av programmer betyr økning av nødvendig programlagerkapasitet (og som oftest også en økning i datalagerbehovet) med en følgende økning i pris, volum og feilsannsynlighet.
- b) Belastningen på datamaskinene i transittsentralene vil øke, slik at den totale "grade-of-service" kan bli drastisk redusert. Eventuelt kan det bli påkrevet å utvide datamaskinsystemet for å opprettholde nødvendig prosesseringskapasitet. På denne måten kan selv en relativt enkel tjeneste bli ganske kostbar, fordi prosesseringskapasiteten normalt må bygges ut trinnvis.
- c) For mange og innviklede tjenester vil som oftest gi seg en rekke negative utslag på abonnentsiden ved at "bruksanvisningen" for systemet blir for komplisert.

De aller fleste spesialtjenester vil kreve at abonnenten sender spesielle signaler (spesialnummer) for å identifisere den ønskede tjenesten. Nummerplanen må således ta hensyn til eventuell særtjenester og helst gi mulighet for enkel fremtidig innføring av nye tjenester.

Noen tjenester vil ha direkte med nummerplanen å gjøre. Slike vil bli behandlet separat i neste avsnitt om nummerplanen.

I det signaleringsopplegget som er foreslått, er det allerede innført et signal som vil informere abonnenten om at en eventuell særtjeneste er utført/godtatt. Signalet består av 3 støt av vanlig ledigtone etterfulgt av enten summetone (hvis sentralen venter å motta flere sifre) eller opptatt-tone (hvis sentralen har fått den informasjon den hadde behov for).

De vanlige samtaleforbindelsene (tjeneste 1) vil gi mulighet for dataoverføringer ved bruk av vanlige modem uten noen spesielle restriksjoner. De viktigste innvendingene mot denne form for datatransmisjon er den lave hastigheten som kan oppnås og den kostnad som modemene representerer. Imidlertid er kravene til datahastighet små pr i dag, og man forslår derfor nyttet modem inntil andre behov melder seg.

For spesielle formål foreslås:

### 3) Varsling

Denne tjenesten innebærer at alle eller et antall utvalgte abonnenter mottar et bestemt signal som tegn på en umiddelbar fare (flyangrep, ABC-trusel o l). Varselet bør gis ved lyd og/eller lys og skal ikke innebære noen taleforbindelse. (Forslag til realisering: Varsel gis ved at transittsentralen sender en 1 kHz kontinuerlig tone til abonnenten. Dette gir kontinuerlig ringesignal eventuelt kombinert med tenning av en lampe på apparatet. Løftes røret av, stanser ringingen, men tonen høres med vanlig talenivå i telefonen. (Eventuell lampe vil fortsatt lyse.) Varselet bør vare i 4–8 sekunder. En kontinuerlig 1 kHz tone kan lett genereres digitalt (i PCM) ved hjelp av en 8x8 bits ROM.)

Abbonenter som står i samtale bør avbrytes av varselet, men samtalen skal kunne fortsette direkte etter at varseltonen har opphørt.

Mer differensiert varsling fåes ved:

### 4) Kringkasting

Med dette menes at en abonnent sender viktig talemelding til alle eller et utvalg av abonnenter. Forbindelsene er simpleks, og abonnenten som vil kringkaste en melding må være klar over at adressatene trenger en viss tid for å løfte av røret og gjøre seg klar for meldingsmottak. Muligens bør kringkastingsanrop ha eget ringesignal.

Også kringkasting bør ha forbigående avbruddsrettighet i pågående samtaler. Abonnentene får da meldingen, men kan fortsette samtalen direkte etterpå.

For å sikre en høy fremkommelighet i nettet for særdeles viktig informasjon (varsling, kringkasting o l) kan det komme på tale å innføre:

## 5) Prioritet

Det er vanlig å skille mellom prioritet med avbruddsrettighet (preemptive priority) og prioritet uten avbruddsrettighet (non-preemptive priority). I et telefonnett av tapssystem-typen (avvisningssystem; "Loss System") der anrop som ikke kan ekspederes umiddelbart blir avvist, slik at abonnenten må prøve på nytt, har prioritet uten avbrudd ingen mening. På den annen side vet man at prioritet med avbrudd nødvendigvis må virke forstyrrende på forbindelser som er etablert.

I 30/32-kanals PCM-systemer mellom transittsentralene bør man kunne reservere noen kanaler for prioriterte anrop, slik at avbrudd normalt unngås. På forbindelsene til abonnentene (de individuelle kanalene bør prioriterte anrop ha forbigående avbruddsrettighet, slik det allerede er omtalt for varsling (tjeneste 3) og kringkasting (tjeneste 4).

Det synes tilstrekkelig å ha to prioriterte nivåer (her kalt  $\alpha$  og  $\beta$ ) foruten det ordinære basisnivået. Vi får da tre ulike anropstyper:

- *Ordinære anrop* undersøker de vanlige kanalene (resten av de 30 kanalene som ikke er reserverte) og belegger den første ledige det finner. Hvis ingen ordinær kanal er ledig, blir anropet avvist.
- *$\beta$ -anrop* undersøker først de reserverte kanalene og belegger den første ledige som oppdages. Hvis ingen reservert kanal er ledig, undersøkes de ordinære kanalene og første ledige av disse blir belagt. Hvis ingen kanal er ledig, blir anropet avvist.
- *$\alpha$ -anrop* undersøker først de reserverte kanalene og belegger den første ledige av disse. Hvis ingen reservert kanal er ledig, undersøkes de ordinære kanalene og den første ledige av disse belegges. Hvis ingen kanal er ledig, brytes en ordinær forbindelse og kanalen belegges av  $\alpha$ -anropet. Abonnentene som ble brutt får opptatt-tone, og de må foreta et nytt anrop for å kunne fortsette samtalen som ble brutt.

Både  $\alpha$ - og  $\beta$ -anrop bør ha forbigående avbruddsrettighet i abonnentenes individuelle kanaler.

## 6) Direkteoppkopling

Denne vil på engelsk ha betegnelsen "Switched Hot-Line" og innebærer at systemet på forhånd er informert om hvilken B-abbonent som ønskes. Når A-abbonenten løfter av røret, begynner oppkoplingen av forbindelsen umiddelbart, uten at abonnenten trenger å sende siffersignaler.

## 7) Konferansekopling

En konferansekopling kan tenkes etablert på to måter; bestilt konferanse eller "add-on"-konferanse.

Ved bestilt konferanse må A-abbonenten be om konferansekopling og angi samtlige konferansedeltakeres telefonnumre før oppkoplingen tar til.

En "add-on"-konferanse kan starte med en vanlig samtale mellom A og B, som utvides ved at A også ber om forbindelse til C og eventuelt andre etter hvert.

Enhver kan "forlate konferansen" ved å legge på. Den øvrige konferansekoplingen vil bestå.

Et generelt problem i militære sambandssystemer er hemmelighold av meldinger overfor fienden. Avlytting vil sannsynligvis alltid forekomme. Tiltak som forhindrer at avlyttingen skal gi fienden brukbar informasjon kan blant annet være:

## 8) Kryptografi

En mengde ulike muligheter finnes. Man kan f.eks. ha "link-by-link-encryption" med separat kryptografering for hver enkelt link i systemet. Gjennom transittsentralene går signalen i "klartekst". Ved et slikt system kan man for hver link eventuelt velge hvorvidt kryptografering skal brukes eller ikke.



Man kan også tenke seg en felles kryptonøkkel for hele nettet. Kryptograferingen kan i så fall gjøres i MUXen i direkte forbindelse med A/D-omforming og komprimering. Den enkleste form for slik kryptografering ville være en permutasjon av de 256 kombinasjoner man har for PCM-ordene (8 bits). Et 256x8 bits semipermanent lager (elektrisk eller mekanisk foranderlig ROM) vil være alt man trenger. Dette enkle systemet vil trolig være godt nok for en rekke formål, men vil ikke være sikkert nok for høyt graderte meldinger. ("End-to-end-encryption" bør da anvendes). Nøkkelen (permutasjonen) må lett kunne byttes om, og skiftingen må foretas mest mulig simultant i alle MUXene. Systemet ville trolig bli best dersom denne oppdateringen kunne foregå helautomatisk i hver MUX, fjernstyrt fra en manuelt betjent "sambands-service-sentral". Denne vil bli omtalt senere under avsnitt 5.10.

Kryptografi er et for stort felt til å kunne bli utførlig omtalt her. Det essensielle er imidlertid å merke seg at nettet med sin digitale transmisjon og switching kombinert med datamaskinstyring gir normalt ubegrensede muligheter for kryptografi i ulike former. Under denne analysen, jobb 264, vil man ikke påta seg noen utførlig drøfting av denne problematikken.

Man kan nå sette opp følgende liste med tjenester som kan være aktuelle. (I tillegg finnes det en rekke tjenester som kunne tenkes innført, men man har valgt å ikke gå utover disse enkleste tjenester av rent operative grunner):

- 1) Dupleks bilaterale samtale- og dataforbindelser
- 2) Ajourføring av sentralenes abonnentkataloger
- 3) Varsling
- 4) Kringkasting
- 5) Prioritet
- 6) Direkteoppkopling
- 7) Konferansekopling
- 8) Kryptografi
- 9) Sambands-service-sentral
- 10) Kortnummervalg
- 11) Flernummersterminaler
- 12) Fellesnummer
- 13) Gruppenummer

De siste 5 tjenester vil bli behandlet i de 2 følgende avsnitt.

## 5.9 Nummerplan

Det vil fra abonnentenes side være et generelt ønske om å kunne nå andre abonnenter ved å slå færrest mulig sifre. På den annen side vil sentralenes oppgave forenkles og systemet blir mere fleksibelt ved at man lar hver abonnent få et telefonnummer som er gyldig i hele nettet. Vedkommende må da "anmelde seg" der han til enhver tid måtte være. Dette ville trekke i retning av lengre telefonnumre. På grunn av det relativt beskjedne antall abonnenter man vil ha i et slikt nett, vil i alle tilfelle nummerlengden bli kort og det anbefales derfor ordningen med at en abonnent har et fast nummer.

Svært mange abonnenter vil foreta nesten alle sine anrop til et utvalg av ganske få abonnenter. For en enkelt abonnent vil det altså i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å utpeke en av f eks opptil ni mulige B-abbonenter. Ved innføring av såkalt kortnummervalg (i forrige avsnitt angitt som tjeneste 10) kan antall nødvendige sifre i slike tilfeller reduseres. Hver abonnent må da informere sin transittsentral om de numrene han oftest bruker og angi hvilke koder som vil bli benyttet for å angi hvert enkelt av dem.

Man kan eksempelvis la de tosifrede tallene 01–09 bli brukt for å angi ni forskjellige telefonnumre. I transittsentralen må man da ved hjelp av en oversettelsestabell finne hvilket fullstendig telefonnummer det tilsvarer når abonnenten for eksempel har slått nummeret 08.

Dersom individuelle oversettelsestabeller for hver abonnent fører til at lagerbehovet i sentralene blir stort, bør tjenesten derfor bare tilbys et begrenset antall abonnenter. Imidlertid er det trolig at en slik tjeneste kan implementeres meget enkelt.

Man kan for eksempel også tenke seg situasjoner der flere personer kan nåes over ett og samme apparat. Hver person kan ha sitt telefonnummer, slik at det ene apparatet faktisk representerer flere numre. I forrige avsnitt ble dette kalt flernummersterminaler (tjeneste 11).

Vi kan også tenke oss at enkelte sterkt belastede numre bør betjenes av flere telefonapparater. Vi får da en tjeneste som vanligvis blir kalt gruppenummerering (tjeneste 13 i forrige avsnitt). Et anrop til dette nummeret dirigeres til det første apparatet i gruppen som sentralen finner ledig. Vanligvis vil man ha ordnet søkning blant apparatene ved at sentralen leter etter ledig apparat etter en forutbestemt sekvens.

Dersom man helt fraviker den faste nummerlengden, har man mange måter å bygge opp nummerplanen på. Man bør i alle fall tilstrebe at nummerne blir lettest mulig å huske og lette å slå riktig.

Med variable nummerlengder vil det være lett å oppnå at abonnentens funksjon, rang og militære avdeling implisitt fremgår av nummerets lengde og oppbygning. I denne forbindelse kan det også være ønskelig å innføre det som foran ble kalt fellesnummer (tjeneste 12). Dette har sin analogi i det sivile telefonnett ved numre som 018 (Opplysningen), 017 (Frøken Ur), 015 (Feilmeldingen) og 000 (Øyeblikkelig hjelp). Man kan således tenke seg at visse enheter hadde et felles nummer. For eksempel kunne man ved å slå 111 bli satt i forbindelse med nærmeste sanitetsavdeling. (Slike enheter måtte da selvsagt også være flernummersterminaler, slik at hver av dem også hadde sitt individuelle nummer ved siden av fellesnummer.)

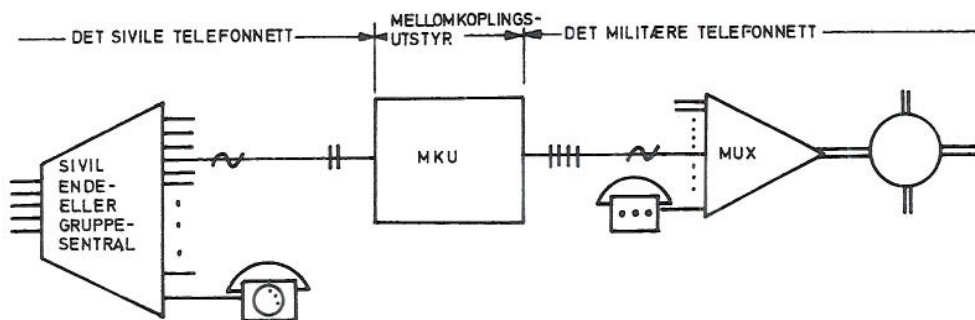
Som man ser finnes det en rekke alternative måter å bygge opp nummerplanen på etter at man åpnet adgangen til å nytte software i knutepunktene. Hva man skal velge avhenger av brukernes ønsker og hva de forskjellige tjenester innebærer i software. Det vil ikke være riktig å ta noe standpunkt her før man i detalj vet hvordan tjenestene kan realiseres og man har prøvet alternativer i et prøvenett.

## 5.10 Mellomkoplingsutstyr

Oppsetting av telefonforbindelser mellom abonnentapparater i det sivile telefonnettet og abonnentapparater i det militære nettet bør foregå på enkelt-kanals analog-abonnentlinjebasis som antydnet i figur 5.31.

For automatisk anropsekspedering er det nødvendig med et mellomkoplingsutstyr: MKU. Dette foretar konvertering mellom de to nettens signalalfabeter og danner overgangen mellom en 2-tråds sivil abonnentlinje og en tilsvarende 4-tråds på den militære siden.

MKUs elektriske egenskaper skal være slik at hvert av de to telefonnettene oppfatter det som et vanlig telefonapparat som benyttes i nettet. Den sivile sentralen vil således betrakte MKU som et 2-tråds fingerskiveapparat som sender likestrømssignaler (lukket/brutt linjesløyfe) og som krever 90 V (vanligvis 16–25 Hz) ringesignal. (Øvrige signaler



Figur 5.31 Forbindelse mellom et sivilt og et militært telefonnett

til og fra apparatet ligger i talebåndet, summetone, opptatt-tone og ledigtone dannes vanligvis av en  $425 \pm 25$  Hz tone.)

Det militære nettet vil se MKU som et firetråds abonnentapparat med knappsats for siffersignalering (i talebåndet) og som krever lavnivå talefrekvent (500 Hz) ringesignal tilført. (Også summetone, opptatt-tone og ledigtone dannes av en 500 Hz tone.)

En helautomatisk ekspedering av et anrop via MKU vil foregå i to adskilte faser. Først vil A-abonnenten måtte ringe til MKU som om det var en vanlig abonnent i det samme nettet som A-abonnenten. Deretter må han via MKU opptre som en vanlig abonnent i det andre nettet og der ringe til ønsket abonnent på vanlig måte.

Siden det sivile telefonnettet ikke er "transparent" for de siffersignalene som benyttes i nettet (dekadiske bruddpulser; 10 pulser pr sekund med brudd/slutte-forhold: ca 3/2), vil en sivil abonnent ikke kunne foreta slike innvalg i det militære nettet. Det foreslås derfor at det militære nettet foretar en direkteoppkopling (se avsnittet om tjenesterepertoaret) fra MKU til et forutbestemt apparat, f.eks til en "sambands-service-sentral". Herfra kan samtalen overføres til den ønskede militære abonnenten etter muntlig ordre fra den sivile A-abonnenten.

En av de bakre semimobile avdelinger kan tildeles oppgaven å være en "sambands-service-sentral" for nettet. I tillegg til foran nevnte oppgave kan sambands-service-sentral også tillegges en rekke administrative oppgaver vedrørende driften av selve telefonnettet og forskjellige spesialtjenester.

Nødvendigheten av å gå via sambands-service-sentralen innebærer den fordel at man har kontroll med trafikken inn i det militære nettet.

Anropsbehandlingen i MKU kan i korte trekk beskrives som følger:

#### 5.10.1 Anrop fra sivilt til militært telefonnett

- 1) Ringesignal fra sivil sentral til MKU (90 V, 16–25 Hz, På/Av = 1 s/4 s).
- 2) Anropssignal (likestrømssløyfe, "off-hook") fra MKU til MUX og B-svar (likestrømssløyfe, "off-hook") fra MKU til sivil sentral.
- 3) Gjennomkopling av talefrekvensforbindelse (med 2-tråds/4-tråds-overgang) gjennom MKU.

Anropssignalet fra MKU til MUX (pkt 2) skal nå gi en direkteoppkopling til sambands-service-sentralen. Ledigtonen (evt opptatt-tonen) sendes direkte gjennom MKU fra det militære nettet og til det sivile.

Samtale mellom sivil abonnent og sambands-service-sentral.

MKU blir ikke berørt av samtaleoverføringen som foretas fra sambands-service-sentralen etter at den sivile abonnenten muntlig har angitt hvilken militær abonnent han ønsker.

Ønsket samtaleforbindelse etableres.

- 4) Hvis sivil abonnent legger på først, vil militær abonnent fortsatt holde forbindelsen fra sitt apparat gjennom det militære nettet og via MKU til den sivile sentralen. (I det sivile nettet vil han enten ende blindt eller bli tilkopleet summetone eller opptatt-tone.) MKU blir ikke i det hele tatt berørt av at sivil abonnent har lagt på. Når den militære abonnenten legger på (uansett om den sivile har lagt på før eller ikke) sendes det opptatt-tone fra MUX til MKU.
- 5) Sluttsignal (sløyfebrudd, "on-hook") sendes fra MKU både til MUX og til sivil sentral. (Sluttsignalet forsinkes 6–10 sekunder, og i denne tiden skal militær opptatt-tone sendes gjennom MKU til den sivile sentralen.)

#### 5.10.2 Anrop fra militært til sivilt telefonnett

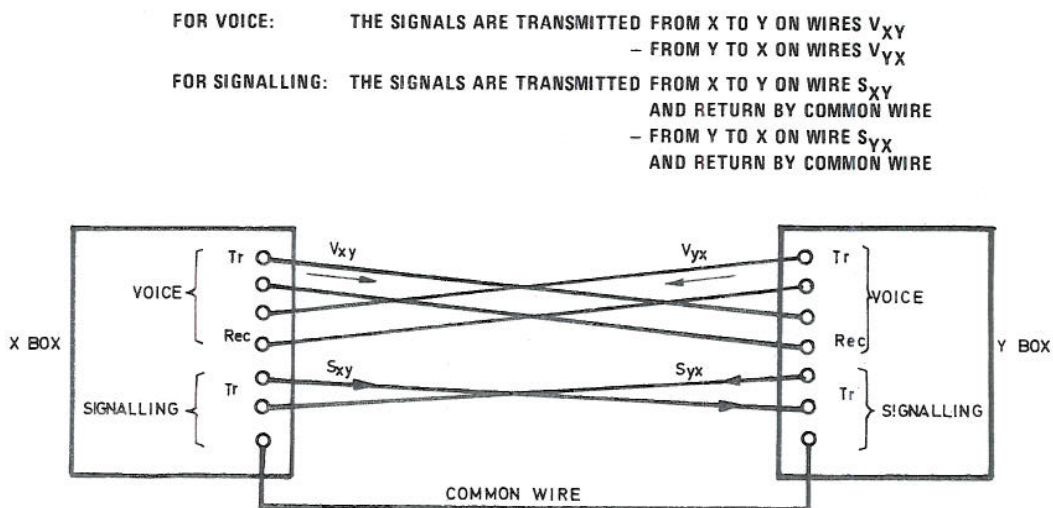
- 1) Ringesignal fra MUX til MKU (500 Hz, lavnivåsignal, På/Av = 1 s/3 s).
- 2) Anropssignal fra MKU til sivil sentral (likestrømssløyfe, "off-hook").
- 3) Summetone fra sivil sentral til MKU (425±25 Hz, kontinuerlig lavnivåsignal).
- 4) B-svar (likestrømssløyfe, "off-hook") og summetone (500 Hz, kontinuerlig) fra MKU til MUX.
- 5) Siffersignaler (generert av militær abonnent) fra MUX til MKU. (500 Hz signalpulser, "-bursts". Antall perioder pr tone-"burst" angir det tilsvarende siffer.)
- 6) Konverterte siffersignaler fra MKU til sivil sentral (dekadiske bruddpulser, 10 pulser/sekund, brudd: ca 60 ms, slutninger (bruddmellomrom): ca 40 ms, siffermellomrom: mer enn 300 ms).
- 7) Gjennomkopling av talefrekvensforbindelse (med 2-tråds-/4-tråds-overgang) gjennom MKU.  
Ledigtonen (evt opptatt-tonen) sendes direkte gjennom MKU fra sivilt nett. Samtale.
- 8) Hvis sivil abonnent legger på først, vil militær abonnent fortsatt holde forbindelsen fra sitt apparat gjennom det militære nettet og via MKU til den sivile sentralen (eventuelt også gjennom det sivile nettet og fram til den sivile B-abbonnten dersom A-slutt er nødvendig nedkoplingssignal i det sivile nettet). Militær abonnent kan ende blindt i det sivile nettet, eller han kan bli tilført opptattsignal eller summetone.  
Når den militære abonnenten legger på (uansett om den sivile har lagt på før eller ikke) sendes det opptatt-tone fra MUX til MKU. (500 Hz, lavnivåsignal, På/Av = 400 ms/400 ms).
- 9) I 6–10 sekunder blir opptatt-tonen fra det militære nettet sendt inn i det sivile nettet for å orientere den sivile abonnenten om at den militære abonnenten har lagt på. Deretter sendes sluttsignal (brudd på likestrømssløyfen, "on-hook") fra MKU både til MUX og til sivil sentral.

Det er trolig grunn til å understreke at selv om samtalen mellom den sivile og den militære abonnent her ikke begynner før under pkt 7, så vil det militære nettet oppfatte det som om samtalen begynner allerede i pkt 4 når MKU sender B-svar. Summetonen i

pkt 4, siffersignalene i pkt 5 og ledigtonen (evt opptatt-tonen) i pkt 7 går alle gjennom det militære nettet som om de var vanlige talesignaler ("in-slot", uten logisk bearbeiding i transittsentralene).

Innen NATO er det arbeidet mye for å gjøre det mulig å etablere forbindelser mellom forskjellige lands militære sambandsystemer. Det skal her gis en beskrivelse av hvordan MKU kan lages for også å tilfredsstille "Recommendations for NATO interfaces between the national telecommunications systems of the combat zone and between these systems and the NATO Integrated Communications System (NICS)", AC/225-D/246, (Panel VIII) D/55, (Panel VIII/SP.1) D/20 (22).

De nevnte anbefalinger går ut på at forbindelser mellom to ulike sambandssystemer skal skje via et grensesnitt der man har standardiserte fysiske forbindelser med gitte elektriske parametre og hvor signaleringen går på separate ledere med et veldefinert signalalfabet. Et slikt grensesnitt ("interface") er vist i figur 5.32.



Figur 5.32 Grensesnitt mellom to nasjonale systemer

Det norske MKU skal altså kunne inngå som en av de to viste boksene på figuren. Talesignalene (analoge lavnivåsignaler, 300–3 400 Hz) overføres på 4-trådsbasis, mens to tråder (med felles returtråd) benyttes for signalering.

Den standardiserte signaleringen er gjengitt på figur 5.33.

Av denne figuren ser man at all signalering foregår på likestrømsbasis i likhet med signaleringen fra et sivilt telefonapparat. Man vil således finne at de logiske signaler som er nødvendige for å etterkomme figur 5.33 allerede finnes eller lett kan genereres internt i MKU slik det allerede er beskrevet.

I stedet for betegnelsene  $V_{XY}$ ,  $V_{YX}$ ,  $S_{XY}$  og  $S_{YX}$  som er benyttet i figurene 5.32 og 5.33 er det mer formålstjenlig å benytte følgende betegnelser:

Senderpar for tale:	$V_{Tr}$	("voice transmit")
Mottakerpar for tale:	$V_{Rec}$	("voice receive")
Sendertråd for signalering:	$S_{Tr}$	("signalling transmit")
Mottakertråd for signalering:	$S_{Rec}$	("signalling receive")

## SIGNALLING SEQUENCY

IN THE CHART BELOW, IT IS SUPPOSED THAT X IS THE INTERFACE BOX OF THE CALLING SYSTEM AND Y, THE INTERFACE BOX OF THE CALLED SYSTEM.

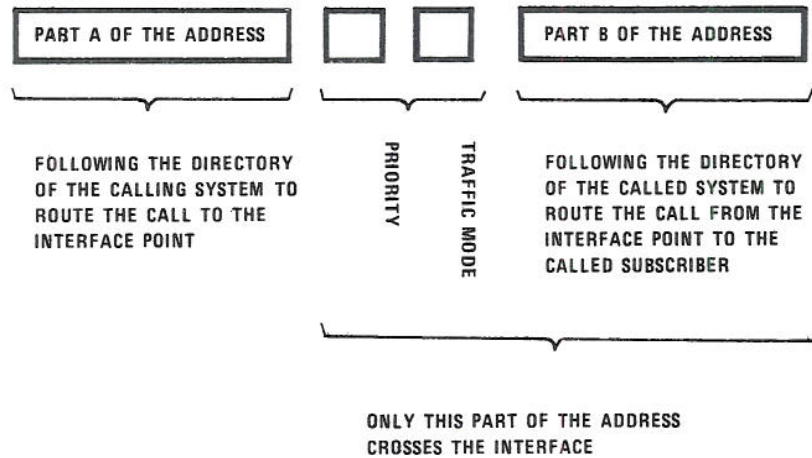
SIGNAL	DEFINITION	SENT		ON WIRES	ELECTRICAL TRANSLATION	
		FROM	TO		VALUE	FORMAT
SEIZING	SIGNAL TRANSMITTED FROM THE CALLING INTERFACE UNIT TO INITIATE THE SETTING UP OF THE CALL AT THE RECEIVING INTERFACE UNIT	X	Y	$S_{XY}$	DC +24 V (1) 20 mA (2)	
SEIZING ACKN AND PROCEED TO SEND	SIGNAL TRANSMITTED TO INDICATE THAT THE RECEIVING INTERFACE UNIT IS READY TO RECEIVE THE NUMBER DIGITS	Y	X	$S_{YX}$	DC +24 V (1) 20 mA (2)	
NUMBERING	INFORMATION RELATIVE TO THE CALL AND COMPRISING THE PRECEDENCE DIGIT, THE TRAFFIC MODE DIGIT AND THE DIRECTORY NUMBER OF THE REQUIRED SUBSCRIBER OR SERVICE	X	Y	$S_{XY}$	DCD	
RELEASE	SIGNAL INITIATED BY THE FIRST SUBSCRIBER TO GO ON-HOOK	X OR Y	Y OR X	$S_{XY}$ OR $S_{YX}$	DC OUT 0 mA	
RELEASE ACKN	SIGNAL INITIATED BY THE OTHER SUBSCRIBER GOING ON-HOOK AND EFFECTING COMPLETE RELEASE OF THE INTERFACE CHANNEL	Y OR X	X OR Y	$S_{YX}$ OR $S_{XY}$	DC OUT 0 mA	
BUSY	SIGNAL TRANSMITTED FROM THE RECEIVING INTERFACE UNIT WHEN THE ROUTE OF THE CALLED SUBSCRIBER IS NOT AVAILABLE OR IF THE CALLED SUBSCRIBERS IS ENGAGED ON ANOTHER CALL	Y	X	$V_{YX}$  $S_{YX}$	NATIONAL TONE  DC OUT 0 mA	
DOUBLE SEIZURE	WHEN A SEIZING SIGNAL IS COMING FROM THE CALLED UNIT INSTEAD OF A SEIZING ACKNOWLEDGEMENT	X  Y	Y  X	$S_{XY}$  $S_{YX}$	SEIZING  DOUBLE SEIZING	

(1) 24 V MEANS THAT  $S_{XY}$  AND  $S_{YX}$  ARE POSITIVE VERSUS THE COMMON WIRE

(2) CURRENT ADJUSTMENT HAS TO BE PROVIDED AT THE RECEIVING END (Y BOX FOR  $S_{XY}$ , X BOX FOR  $S_{YX}$ )

Figur 5.33 Signalering (22)

Det er i NATOs anbefalinger regnet med at anrop i begge retninger over et grensesnitt av den viste typen skal kunne ekspederes helautomatisk. Dette skulle gjennomføres etter følgende siffersignaleringsprinsipp:



## FUNCTIONS DIGITS

TRAFFIC MODES		PRIORITIES	
VOICE	1	ROUTINE R	1
ENCRYPTED VOICE	2	ORDINARY O	2
TELETYPE	3	SPECIAL S	3
DATA	4		

Det er imidlertid intet i veien for å utelate innvalgsmuligheten fra et NATO-nett og inn i vårt nasjonale sambandssystem. Følgende tre argumenter taler for en slik utelatelse:

- Utstyret blir enklere fordi MKU kan følge de samme prosedyrer ved ekspedering av anrop fra et NATO-nett som ved ekspedering av et anrop fra det sivile nett.
- NATO-abonnten når fram til ønsket abonnent i det militære nettet etter samme enkle fremgangsmåte, uansett om han kjenner abonnentens telefonnummer eller ikke. (Distribusjon av norske militære telefonnumre til NATO-abonnenter blir unødvendig.)
- På grunn av "Priority"- og "Traffic Mode"-sifrene ville innvalgsmuligheten ha betydelig innvirkning på den nasjonale nummerplanen og eventuelt også på vårt prioritets-system.

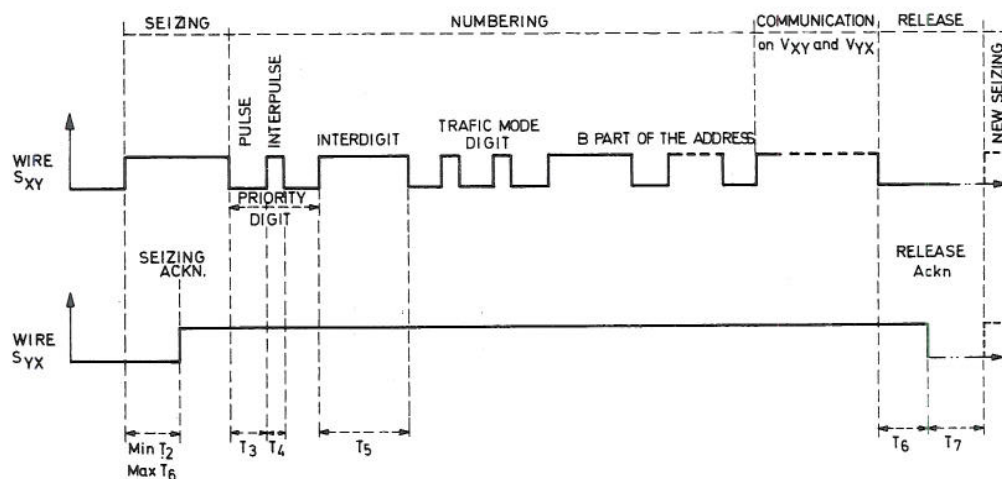
Ser man på de følgende beskrivelser av anropsbehandlingen i MKU når det brukes som "NATO Interface Box" og sammenlikner med MKUs behandling av anrop mellom det sivile nettet og vårt nasjonale militære nett, slik det ble beskrevet foran, vil en se at prosedyrene er så like at MKU bør kunne lages for begge oppgaver uten at kompleksiteten av utstyret derved skulle øke noe vesentlig.

### 5.10.3 Anrop fra et NATO-nett til nasjonalt militærnett (via "interface")

- 1) "Seizing"-signal mottas på  $S_{Rec}$  i MKU (24 V likespenning, 20 mA).
- 2) Anropssignal (likestrømssløyfe, "off-hook") fra MKU til MUX og "Seizing Acknowledged"-signal på  $S_{Tr}$  fra MKU til NATO-nettet.
- 3) Anropssignalet fra MKU til MUX (i pkt 2) skal nå gi en direkteoppkopling til sambands-service-sentralen. Bruddpulsene på  $S_{Rec}$  (som angir "Priority"-, "Traffic Mode"- og "B-part of the address"-sifre) blir derfor neglisjert dersom de i det hele tatt blir sendt fra NATO-nettet.

- 4) Hvis NATO-abonnet legger på først, vil MKU motta "Release"-signal på  $S_{Rec}$  (0 volt, likestrømsbrudd) og den skal da sende "Release Acknowledged"-signal på  $S_{Tr}$  (0 volt, likestrømsbrudd). Dette utgjør sluttsignal fra MKU til NATO-nettet.  
Hvis nasjonal militær abonnent legger på først, vil MKU motta opptatt-tone fra MUXen. MKU sender da (etter ca 10 sekunder) "Release"-signal på  $S_{Tr}$  og venter å få "Release Acknowledged"-signal på  $S_{Rec}$ .
- 5) Sluttsignal (brutt likestrømssløyfe) sendes fra MKU til MUX.

Et tidsdiagram for signaleringssekvensen er gjengitt i figur 5.34.



Figur 5.34 Tidsdiagram for signaleringssekvens (22)

De forskjellige intervallene som er avmerket skal ha følgende varigheter:

$T_1$	=	600 ms	(se figur 5.33)
$T_2$	=	1200 ms	
$T_3$	=	60 ms	
$T_4$	=	30 ms	
$T_5$	=	300 ms	
$T_6$	=	3 s	
$T_7$	=	300 ms	

#### 5.10.4 Anrop fra nasjonalt militærnett til NATO-nett (via "interface")

- 1) Ringesignal fra MUX til MKU.
- 2) "Seizing"-signal på  $S_{Tr}$  fra MKU til NATO-nett.
- 3) "Seizing Acknowledged"-signal fra NATO-nett mottas av MKU på  $S_{Rec}$ .
- 4) B-svar og summetone fra MKU til MUX.
- 5) Siffersignaler fra MUX til MKU.
- 6) Konverterte siffersignaler (likestrømsbruddpulser på  $S_{Tr}$  som vist i figur 5.34) fra MKU til NATO-nett. Foran selve telefonnummeret sendes først et prioritetsnummer (1-3) og så et trafikktypesiffer (1-4).



- 7) Anropet ekspederes på vanlig måte i NATO-nettet. Samtale.
- 8) Hvis NATO-abonntent legger på først, vil MKU motta "Release"-signal på  $S_{Rec}$ , og den skal da svare med "Release Acknowledged"-signal på  $S_{Tr}$  innen 3 sekunder ( $T_6$ ). "Release Acknowledged"-signalet utgjør sluttsignal fra MKU til NATO-nettet.  
Hvis nasjonal militær abonntent legger på først, vil MKU motta opptatt-tone fra MUXen. MKU sender da (etter ca 10 sek) "Release"-signal på  $S_{Tr}$  og venter å få "Release Acknowledged" på  $S_{Rec}$  innen 3 sekunder.
- 9) Sluttsignal (likestrømssløyfen brytes, "on-hook") fra MKU til MUX.

Siden MKU representerer en enkelt to-veiskanal, vil muligheten for samtidig (eller nær samtidig) belegning i begge retninger ("Double Seizure") være til stede. Utstyret må være forberedt på dette. I figur 5.33 er det i nederste rubrikk behandlet et tilfelle av "Double Seizure". Vi ser at tilfellene "Seizing Acknowledged" og "Double Seizure" kun kan skilles ved tidsmåling. Tidsintervallene  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_6$  og  $T_7$  er derfor av vital betydning for systemets riktige operasjon. Det er i NATOs anbefalinger angitt at ved "Double Seizure" skal begge anrop avvises. Dette prinsipp bør MKU også følge når det brukes mellom det sivile telefonnettet og det militære.

### 5.11 Vekter, volum og kraftforsyningsbehov

Man diskuterer her et kommunikasjonssystem som vil nytte 1980-årenes teknologi. Det er umulig å gi realistiske prediksjoner for utviklingen på teknologiområdet for mere enn 4–5 år fremover, og de vekter og volum som angis i det følgende vil være basert på teknologi som allerede er tatt i bruk eller som man med stor sikkerhet vet vil være standard i løpet av noen få år.

SHF-linkterminal (sender og mottaker) vil bli bestemt av antennespeilets diameter. Elektronikken vil bli neglisjerbar i volum og vekten vil totalt bli under 8 kg i en robust utførelse. Mellom speilene og switchen vil transmisjonen skje på 4-trådslinje med lengder maksimum noen hundre meter. Linjer med en minimumslengde bør hensiktsmessig kunne kveiles opp på antennen (f eks 100 meters lengde). Vekten av linjene vil være avhengig av eventuell armering og skjerming. Ved atomangrep kan det induseres store spenninger i linjeforbindelser og man har innen NATO begynt å ta valg av kabel og linje meget alvorlig. Hvilke typer som vil nyttes hos oss i 80-årene er umulig å si og det er vanskelig å antyde vekter for slikt utstyr.

Transittswitchen med styring vil bli bygget opp av "large-scale-integration" – LSI-kretser av standard (evt for noen anvendelser av "skreddersydd") type. Før man har detaljspesifisert switchens funksjoner er det meget vanskelig å angi dimensjoner og vekter. Et meget konservativt overslag tilsier en vekt under 20 kg og et volum under  $20 \text{ dm}^3$  i en robust utførelse.

Telefonutstyr vil trolig være det nye apparat som er under innføring modifisert med tastatur og 4-tråds tilknytning.

Effektforbruket for en komplett transittsentral med 4 SHF-terminaler vil ligge mellom 50 og 100 W. Til dette trenges en kjøretøyforsyning, eventuelt et eget bensindrevet aggregat, av minste utgave. Det er lite realistisk å tenke seg dette utstyret forsynt med kraft fra batterier dersom ikke batteriteknologien endres drastisk i årene fremover. Etter dette ser man at en komplett transittsentral i nødsfall kan bæres på plass og betjenes av et lag på 5–6 mann som i tillegg har fullt personlig utstyr. Utstyret vil da bestå av:

- Selve switchen
- 4 SHF-terminaler
- Diverse kabel

Telefoner for betjening  
Bensinaggregat  
Bensin for initiell drift

Normalt vil man bruke Volvo eller helikopter.

Omfanget av en PCM-MUX kan vurderes med støtte i jobb 263, Hybridintegrert PCM multipleksutstyr for SHF-radiolinje. I løpet av ganske få år vil man med stor sannsynlighet få laveffektskretser også for frekvensområdet dette utstyret nytter. Derved vil kravene til kraftforsyning bli redusert.

Volumet av en komplett PCM-MUX med patch-panel for 30 kanaler og kraftforsyning vil med stor sikkerhet anslås til å bli mindre enn 6 dm<sup>3</sup> i hybridisert utgave. Effektforbruket bør som nevnt også kunne senkes drastisk fra hva man har i dag (26 W).

### 5.12 Etablering av områdesystem

Ved forventet invasjon i et område vil man foreslå at etableringen av områdesystemet bør foregå etter retningslinjer som skal skisseres i det følgende:

Sannsynlige områder for angrep mot Norge vil være begrenset. På disse steder bør man i fredstid ut fra øvelser og terrengstudier plukke ut alternative posisjoner for plassering av knutepunkter. Man kan også enkelt legge forholdene til rette for sikring av optimale sikteegenskaper ved hugst og reising av billige master i svært vanskelig terreng.

Disse posisjoner er da primært tiltenkt de bakre deler av områdesystemet sett mot fronten. Ved mobilisering utstyres så straks et hensiktsmessig utvalg av disse posisjonene med knutepunktutstyr slik at man får etablert et bakre områdenett. Dette nettet vil ha som primær oppgave å ta seg av trafikken mellom FKN/S, Divko, forsyningsavdelingene og de forskjellige Brigko's i den første fasen. Meldingsmengden ved oppbyggingen av et forsvar ved et forventet angrep vil trolig bli meget høy, både p g a den hektiske stemning og forvirring som vil herske i en slik situasjon, og fordi all forsyning av utstyr og personellforflytning skal skje samtidig. Fiendens taktiske disposisjoner i denne periode kan være svært lite predikterbare, og det er viktig i etableringsfasen av forsvaret at avdelingene løpende blir holdt orientert.

Det sivile nett vil høyst sannsynlig, selv om det er intakt, være lite egnet p g a den hektiske blokkering man kan forvente av sivil trafikk i en slik situasjon.

Som man ser ut fra bearbeidingen av HSBSØs bidrag er det bakre nettet lite influert av den eksakte plassering av de fremre taktiske avdelinger. Neste fase i nettetableringen vil nå være at de forskjellige avdelinger som har fått tildelt en MUX tilkople seg nettet etter hvert som de finner sin plass bestemt ut fra taktiske disposisjoner.

SCR (tilknyttet en sambandsgruppe f eks) vil naturlig kunne nyttes for kommunikasjon i denne fasen. Sambands-service-sentralen bør tillegges oppgaven å koordinere oppbyggingen av resten av nettet. For innsikting av SHF-antennene benyttes kart og kompass samt nettradio.

Forslag til sambandstaktikk ved forflytninger er behandlet i avsnittet om SCR.

#### *Frekvensdisponering*

I SHF-området er båndet 14,5–15,35 GHz allokert til militære radiolinjer (tidligere 12,9–13,2 GHz). Avstanden mellom kanalene bør være ca 4 MHz, og p g a frekvensdelt dupleksoperasjon må man av filteringshensyn ha en luke på 2–400 MHz mellom send/motta-båndene.

Ut fra disse forutsetninger bør man anslå minimum 60 rf-kanaler tilgjengelig i hvert bånd. Hvorvidt man skal la samhørende send/motta-frekvenser ha en bestemt innbyrdes avhengighet (23) tar man ikke standpunkt til her, da en slik diskusjon vil føre for langt inn på den detaljerte systemløsning for SHF-stasjonene.

Det skal kort skisseres et forslag til frekvenstildeling for en divisjon bestående av 3 brigader.

En divisjon med 3 brigader trenger normalt 30 knutepunkt – 10 stk pr brigade. På forhånd tildeles hver switch 2 frekvenser i hvert bånd etter følgende regel:

Brigade	1s	knutepunkter	Kanal	1, 4, 7 .....
"	2s	"	"	2, 5, 8 .....
"	3s	"	"	3, 6, 9 .....

Avstanden mellom kanal  $n$  og  $n+3$  er 12 MHz. To knutepunkt har på denne måten 4 frekvenser å velge mellom både for sending og mottaking på sin internodale forbindelse. På denne måten burde man alltid i praksis kunne unngå interferens i knutepunktene.

Nettet vil være vanskelig å jamme effektivt ved at man utnytter hele frekvensbåndet på 240 MHz i hver brigade.

## 6 KOSTNADSOVERSLAG FOR FORSKJELLIGE UTBYGNINGSFASER

Hvis man skal gå til anskaffelse av nytt sambandsutstyr i 80-årene med egenskaper relativt grovt antydnet i denne studien, bør dette skje i flere faser. Man må primært ta sikte på en minimumsløsning for én divisjon med 3 brigader. I figur 6.1 er vist et forslag til minimumsløsning modifisert fra situasjonen Div Øst fase 1. Divisjonens bakre område er her dekket med et områdesystem med 3 forbindelser tilbake til Oslo og en forbindelse ned til hver brigade. Resterende samband dekkes av utstyr man har i dag. Taktiske brukererfaringer med dette systemet i øvelser samt vedlikeholdsproblematikken og kostnadserfaringer vil bestemme den videre utbygning. Neste fase kunne være å anskaffe mobilradio for tilknytning til systemet i et antall av ca 100 sett.

Tredje fase vil så være å gi en divisjon full dekning med SHF-utstyr og mobilradio som beskrevet i denne analysen. Det er på ingen måte gitt hvor langt man skal gå i utbyggingen av et slikt system, og det er kun brukserfaring som må legges til grunn for avgjørelsene.

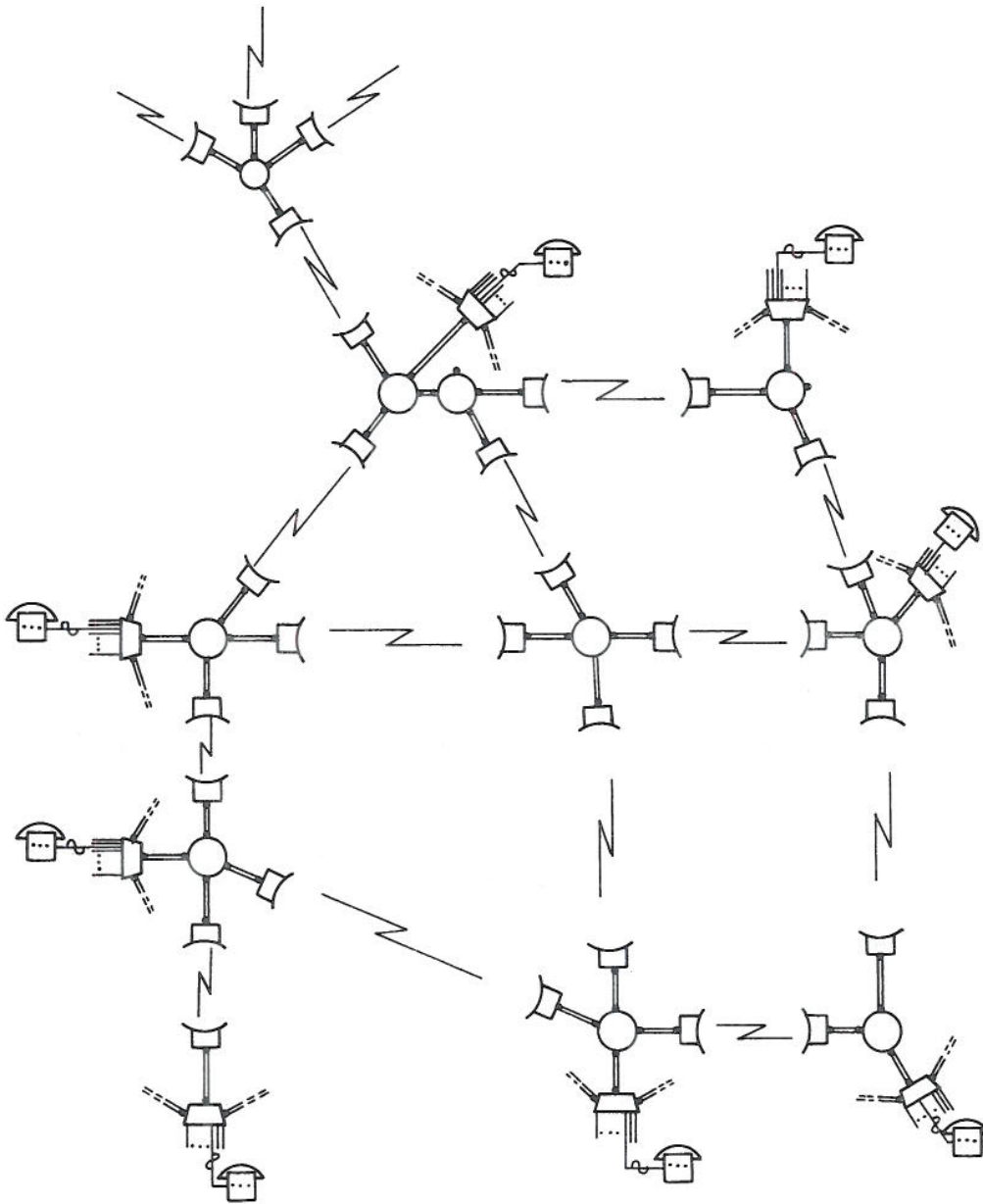
Det er forsøkt satt opp en vurdering av hva utstyret i de tre faser vil kunne koste for å få et begrep om økonomien i konseptet.

Følgende priser er lagt til grunn (regnet konservativt):

Knutepunktsswitch	kr	100 000,-
SHF-sender/mottaker	"	50 000,-
PCM-MUX	"	50 000,-
SCR	"	50 000,-

Telefoner under anskaffelse modifiseres. Benytter eksisterende aggregater. Linjer ikke medregnet.

Fase 1 vil da koste anslagsvis 5 mill kr, fase 2 med 100 SCR-nett 10 mill kr og fase 3 vil koste totalt ca 22 mill kr. Dette er da beløp pr divisjon.



Figur 6.1 "Minimumsløsning" for områdesystem

Det som er interessant og som man bør legge merke til er at kostnadsoverslagene er lite følsomme for prisen på selve switchen. Det er de store antall man opererer med i accessutstyret som er utslagsgivende. Man skal derfor ikke være redd for denne utgiftsiden dersom bare de taktiske krav blir tilfredsstillt.

## 7 KONKLUSJON

Man har under dette studiet kommet fram til et sambandskonsept som har en rekke interessante egenskaper. Arbeidet er kun ment som en første tilnærming til en nytenking innen Hærens sambandstaktikk og bør i alle fall kunne danne en disposisjon for mere detaljerte studier og utviklingsoppgaver i årene fremover. Det kan ikke understrekes godt nok at det er *nå* man må begynne å planlegge sambandsmidlene for 1980-årene, selv om man budsjettmessig ikke har midler allokert til nye anskaffelser. Hvis man venter for lenge, vil man komme i en krisesituasjon som vil bli tyngre å bære enn den vi opplever i forbindelse med anskaffelsen av nettradiosettene. Man må i tide vite hva man trenger, sørge for å etablere nødvendige kunnskaper ved anskaffelsesmyndigheten samt forberede brukerne på mottak av nytt meget avansert utstyr som *må* komme.

Starter man nå kan man for meget beskjedne midler sikre seg et sambandssystem for 1980-årene som alle vil være tjent med. Det er meget lite trolig at Norge vil ha råd til å kjøpe utstyr som andre NATO-land utvikler for sine taktiske nett. Dette utstyret vil bli for komplekst og neppe være egnet for den norske situasjon bruksmessig.

Man skal i det følgende påpeke de mest interessante aspektene av denne studien.

Bruken av SHF fri sikts samband mellom knutepunktene har en rekke viktige taktiske egenskaper:

- a) Enkle, små bredbåndsantennor med stor frihet ved montering p g a liten bakoverstråling.
- b) Nettet kan etableres ut fra kartstudier hvilket man ikke kan ved UHF der man fraviker frisiktkravet. Ved UHF-forbindelser vil man kanskje være like bundet ved plassering av stasjonene som når man krever frisikt, og i tillegg vet man ikke egenskapene før man er på stedet.
- c) Sambandet er meget direktivt, vanskelig å jamme og avlytte.
- d) Man står friere enn ved lavere frekvenser ved valg av bærefrekvenser p g a de større båndbredder og terrengets skjermende virkning.
- e) Små forstyrrelser i dette frekvensområdet.

Deltamultiplexsystemet som er beskrevet i avsnitt 5.7 bør vurderes for bruk i vårt nåværende kommandolinjesystem hvor kanalbehovet er lite p g a bruksmåten. Man kan *i dag* utforme slikt utstyr med et meget lavt effektforbruk og elegante teknologiske løsninger ved bruk av COSMOS-integrerte kretser. COSMOS integrerte kretser kan ikke nyttes for PCM 30/32-kanalsystem i dag p g a begrenset frekvensområde. Utstyret kunne senere inngå i det nye sambandssystemet fra bataljonskommando til kompani, f eks for multiplexing av flere telefonsamband over en linje.

Valget av PCM i hovednett finnes det ingen sterk begrunnelse for. Imidlertid vil valget av dette system for sivile formål presse prisene nedover samt vil stolpelinksystemene kunne benyttes i krigstilfelle. Det er her meget viktig at man koordinerer denne utviklingen på militær og sivil side så man nasjonalt sett oppnår en optimal løsning. De taktiske krav må

ha meget høy prioritet og man må derfor ikke i årene fremover se seg blind på PCM, men vurdere inngående begge modulasjonstyper.

Ved valg av mobil dupleksradio bør utviklingen i England, Tyskland og Frankrike iakttas nøye. For disse lands taktiske systemer planlegges såkalte SCRA-systemer med radiosentraler og selektivt oppkall. Systemene blir meget kostbare. Franskmennene f eks påstår at deres system blir like kostbart som hele deres taktiske telefonnett. Imidlertid bør man så langt som mulig følge disse systemenes standard for å oppnå billigst mulig utstyr. Forslaget i vårt konsept innebærer en langt rimeligere og mere fleksibel løsning enn de nevnte NATO-systemene.

Til slutt bør nevnes at det skisserte områdesystem er delvis uavhengig av organisasjonsform og lite følsomt for nøyaktigheten av trafikkmodellen man har nyttet som utgangspunkt, fordi systemet må konstrueres med gode marginer. Man er derfor ikke bundet av Hærens fremtidige organisasjon ved vurdering av alternativ oppbygning av nettet.

#### *Oppgaver fremover*

- a) Det bør foretas en grundig trafikkanalyse for Hæren. Meldingsgangen og behandlingen bør analyseres og metoder for rasjonalisering vurderes. Et slikt arbeid vil tildels være bundet av detaljene i vår nye hærordning som foreløpig ikke er helt klarlagt (divisjonskonseptet og Hauge II-utvalgets innstilling).
- b) Det bør lages et prøvenett med 4–5 knutepunkt for utprøving av softwarefunksjoner og tjenesterepertoar. Internodal-forbindelsene kan i første instans være kabler og senere SHF-forbindelser som HFK allerede har anskaffet. PCM-multipleksutstyret som skal anskaffes i 1973 kan benyttes, og det samme gjelder antakelig for de nye telefoner fra A/S Elektrisk Bureau etter en modifisering.
- c) Innføring av digitale systemer muliggjør en rimelig innføring av kryptografi. Alternative løsninger bør vurderes på linje med øvrige NATO-studier innen dette feltet.
- d) Deltamultipleksystemet i avsnitt 5.7 bør detaljbeskrives og vurderes for bruk i vårt nåværende sambandsoppsett.
- e) Alternative metoder for formidling av telefontrafikk innen Brigko og andre større avdelingers hovedkvarter bør utredes, da bruk av linjer bør minimaliseres ut fra flere hensyn. Det tenkes her på induktive spenninger ved EMP og de praktiske problemer man har ved utlegging og vedlikehold.

## APPENDIKS 1

## FORSVARETS NYE ORGANISASJON

Utvalget for Forsvarets regionale ledelse ble oppnevnt ved Kongelig resolusjon av 13 oktober 1967. Formann var høyesterettsadvokat J Chr Hauge. Utvalget som ofte omtales som Hauge-II-utvalget, la fram sine hovedstandpunkter i en innstilling datert 26 juni 1969.

Utvalget skulle vurdere Forsvarets organisasjon for ledelse (kommando) utdannelse/øvelse og forvaltning/forsyningstjeneste i fred og i krig på det regionale plan, herunder også den territorielle inndeling.

Regionalt plan valgte man å la omfatte både landsdelsorganisasjonen (som omfatter en hel landsdel, Nord-Norge og Sør-Norge) og distriktsorganisasjonen (som utgjør nivået mellom landsdelsorganisasjonen og den lokale organisasjon, der sistnevnte i sin tur omfatter Hærens regiment, Heimevernets distrikter, Sjøforsvarets avsnitt og Luftforsvarets stasjoner).

Innstillingens grunnleggende synspunkter er først og fremst rettet mot følgende primære mål for den nye organisasjonen:

- Rasjonalisering og effektivisering
- Integrasjon
- Øket mobilitet

Disse tre punkter er i innstillingen omtalt på blant annet følgende måter:

RASJONALISERING OG EFFEKTIVISERING	”Den militære organisasjon har tradisjonelt vært preget av mange ledd og faste organisasjonsmønstre. Utviklingen av moderne teknikk og kommunikasjoner gjør det ikke bare mulig, men også rasjonelt og effektivt at den overordnede ledelse nå vil spille mer direkte på et større antall enheter. Ved dette får en færre sjikt og kortere og sikrere vei fra ledelsen til enhetene. Et av de vesentlige problemer blir å utnytte denne moderne teknikk med rimelig hensyn til landets geografiske egenart, og uten at det for voldsomt bryter opp innarbeidede organisasjonsmønstre.”
INTEGRASJON	”Forsvaret har en oppgave og er en organisasjon. Det er behov for integrert planlegging og enhetlig ledelse av de militære operasjoner. Parallele organisasjoner bør ikke opprettholdes når en sterkere samordning kan føre til effektivisering.”
ØKET MOBILITET	”Fordelingen av styrkene landsdelsvis er ikke fast, men varierer med de strategiske forutsetninger og beredskapshensyn. Det er derfor viktig at organisasjonen har slik fleksibilitet at den gir muligheter for konsentrasjon av styrkene om de primære forsvarsoppgaver som foreligger til en hver tid uten radikale omkostninger av kommandoforholdene.”

### AI.1 Landsdelsorganisasjonen

På landsdelsnivå skal man ha to landsdelskommandoer, en i Nord-Norge og en i Sør-Norge. Disse betegnes med Forsvarskommando Nord-Norge (FKN) og Forsvarskommando Sør-Norge (FKS).

FKene skal være felles, integrerte kommandoer og de skal ha hver sin øverstkommanderende (ØKN og ØKS). Under ØK må det så være en stabssjef for den integrerte kommando. Han har i første rekke et koordineringsansvar.

Utvalget foreslår at ØKN og ØKS gjennom landsdelskommandoen (FK) utøver den operative kommando direkte på Hærens divisjoner, selvstendige brigader og enheter utenfor divisjons- og brigadeforband (og tilsvarende enheter i Sjø- og Luftforsvaret). For å oppnå at det samtidig står faglig kompetanse og tillitvekkende autoritet bak den direkte operative ledelse av de enkelte forsvarsgreners enheter, er det foreslått at FKene må ha tre forsvarsgrensvise kommandører. Disse er i FKN foreslått betegnet med LANDNORD, SJØNORD og LUFTNORD, mens tilsvarende i FKS vil kunne være LANDSØR, SJØSØR og LUFTSØR.

### AI.2 Hærens lokale organisasjon

I Hauge-II-utvalgets grunnleggende synspunkter finner man uttalt:

”Hæren har et særpreg ved at den i større grad er en mobiliseringsorganisasjon enn de to andre forsvarsgrener. Også når det gjelder operasjonenes art er det store ulikheter mellom land-, sjø- og luftoperasjoner. Det er en betydelig mer desentralisert ledelse av de landmilitære, og Hæren har bl a av denne grunn en mer desentralisert og territorielt bundet organisasjon.”

Det foreslås at Hæren organiseres med i alt 14 kombinerte regimenter (KR). Ti av disse skal være i Sør-Norge, de øvrige 4 i Nord-Norge.

Den sentrale oppgave for KR er å sette opp en brigade til felthæren og holde dens krigsdugelighet på høyden. KRets stab i fred vil derfor i det alt vesentlige bestå av feltbrigadens stab. Dessuten må regimentet ved mobilisering ha tilbake en mindre oppsetting (fortrinnsvis av eldre befall) som kan løse de øvrige oppgaver som hviler på regimentet, i første rekke de territoriale oppgaver.

De kombinerte regimenter som foreslås vil ta over de oppgaver som i dag blir ivaretatt av 12 forsvarsdistrikter (FDI), 4 landforsvar (LF) og alle andre oppsettende avdelinger av alle våpen, samt kadreelementene for brigadestabene (kalt KR-staber).

De 14 regimentene vil bli nummerert fra KR 1 til KR 17, hvor KR 2, KR 10 og KR 11 ikke finnes. Man har videre foreslått å benytte geografiske navn til KRene slik:

KR 1:	Østfold regiment
KR 3:	Telemark regiment
KR 4:	Oslo og Akershus regiment
KR 5:	Øst-Oppland regiment
KR 6:	Vest-Oppland regiment
KR 7:	Agder regiment
KR 8:	Rogaland regiment
KR 9:	Bergen og Hordaland regiment
KR 12:	Sør-Trøndelag og Møre regiment
KR 13:	Nord-Trøndelag regiment
KR 14:	Sør-Hålogaland regiment



KR 15: Nord-Hålogaland regiment  
 KR 16: Troms regiment  
 KR 17: Finnmark regiment

### A1.3 Hærens distriktsorganisasjon

Hauge-II-utvalget påpeker i sin innstilling at en militær sjef normalt ikke bør lede mer enn to til fem underordnede enheter.

Med 2 landsdelskommandoer og 14 KR, blir det således påkrevet å innføre et mellomliggende kommandosjikt på distriktsnivå.

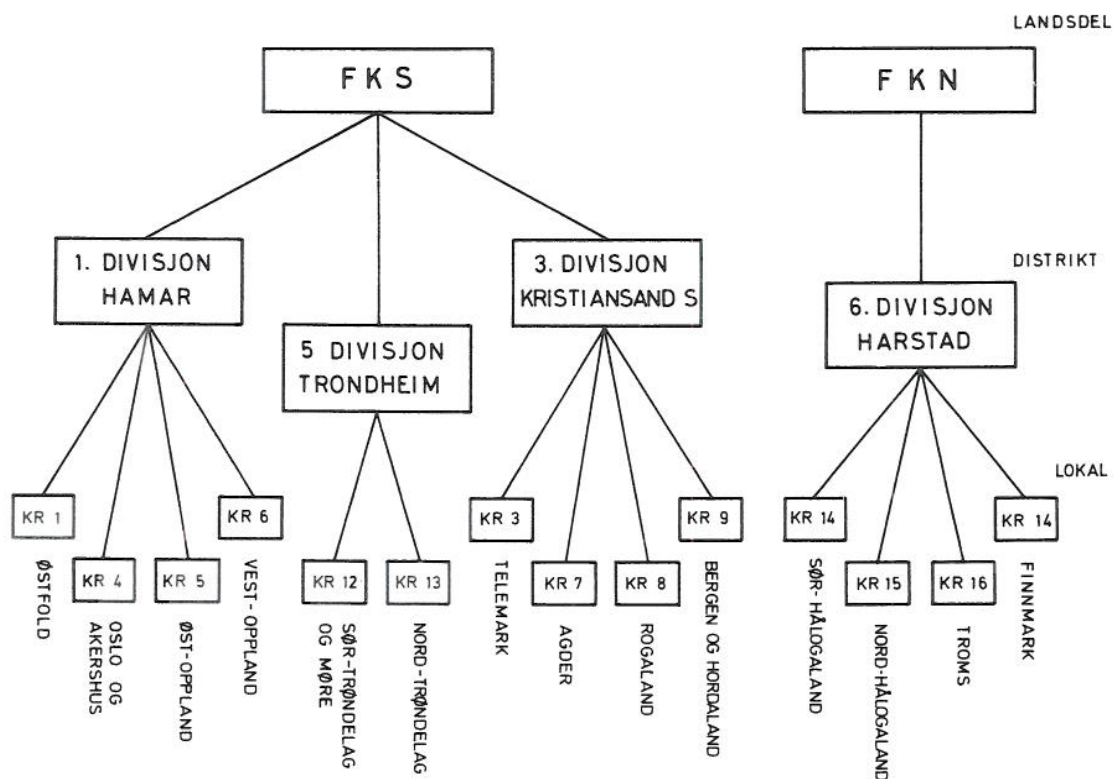
Utvalget foreslår innført fire mobile divisjonskommandoer (Divko), tre i Sør-Norge og en i Nord-Norge. Det er meningen at disse Divkoene ikke skal settes opp med egen administrasjon i fred, men at de skal være betjent fra en administrativ avdeling i Hæren.

Divkoenes oppgaver blir først og fremst å lede divisjonen i krig under landsdelskommandoen og å planlegge og gjennomføre dens øvelser i fred, samt å lede det territorielle forsvar og sørge for det militære forsvarssamarbeid med det sivile forsvar i distriktet.

For de tre Divkoer i Sør-Norge synes Trondheim, Hamar og Kristiansand S å være de mest naturlige standkvarterer. Divkoen i Nord-Norge kan ha standkvarter i Harstad.

En kan merke seg at det på Vestlandet ikke vil bli opprettet noen Divko. Man mener at det først i løpet av 70-årene vil bli mulig å sette opp en brigade i dette distriktet.

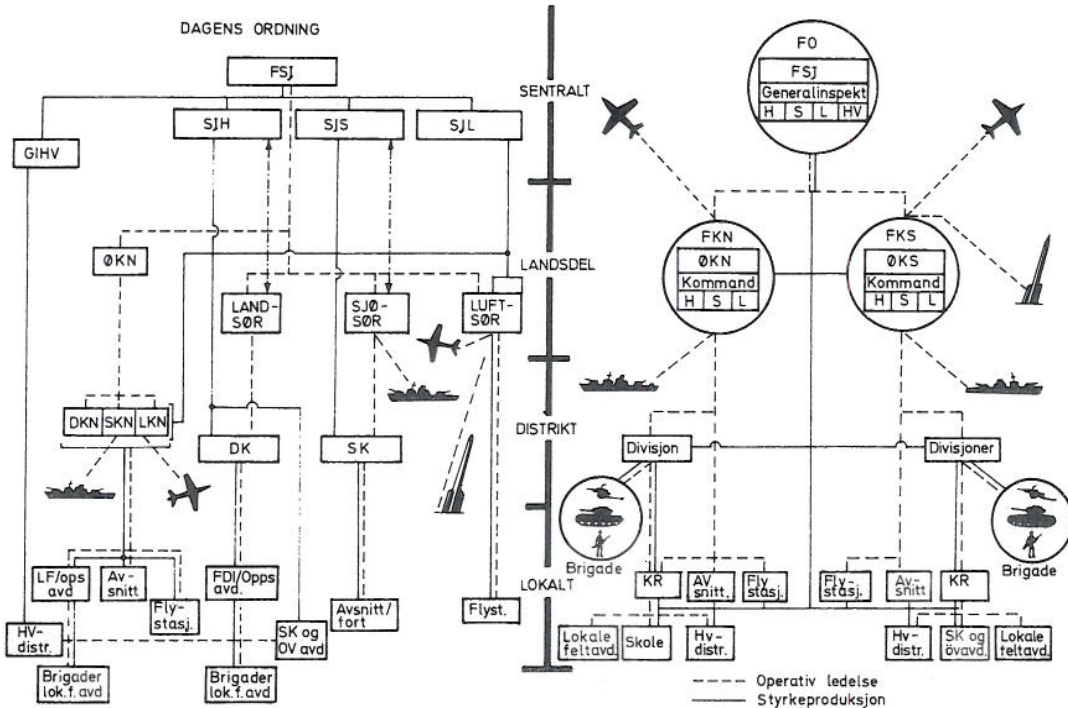
For å danne et visst grunnlag for en nødvendig inndeling av territoriet for rene fredsmessige planleggings- og samarbeidsoppgaver, har man foretatt en gruppering av KR til de enkelte divisjonskommandoer. Dette er gjengitt skjematisk i figur A1.1. Utvalget understreker at denne gruppering ikke indikerer en fast tildeling av operative enheter til Divkoene.



Figur A1.1 Gruppering av kombinerte regimenter (KR)

#### A1.4 De viktigste kommunikasjonsmessige følger

En prinsippsskisse for Forsvarets organisasjon etter Hauge-II-utvalgets forslag er vist i høyre halvdel av figur A1.2. Dagens ordning er til sammenlikning vist til venstre på figuren. Skissen er hentet direkte fra innstillingen.



Figur A1.2 Forsvarets organisasjon for operativ ledelse og styrkeproduksjon—prinsipp-skisse

Om man betrakter dagens ordning slik den er vist på figuren, ser man at Hæren har to blokker mellom landsdelsnivået og brigader/lokale forsvarsavdelinger. For Nord-Norges vedkommende inneholder disse blokkene DKN (distriktskommando Nord-Norge) og LF (landsforsvar), mens man i Sør-Norge har DKer (4 stk) og FDIer (12 stk). Totalt har Hæren nå 42 oppsettende avdelinger og 5 DKer.

I den foreslåtte organisasjonen (figur A1.2) har vi kun en blokk mellom landsdelskommandoene (FKN og FKS) og brigadene, nemlig divisjonene. Dette distriktssjiktet vil få 4 enheter (Divkoer) mens antall KR (oppsettende enheter) vil bli 14.

Ved siden av denne åpenbare strukturendring vil man også kunne se en vesentlig forandring i enhetens operasjonsmodus. Nøkkelordet er bevegelighet, med det for øyet å kunne foreta en konsentrasjon av styrkene om de primære forsvarsoppgaver som foreligger til enhver tid.

Divisjonskommandoene er således foreslått å skulle være mobile, og med to sentraliserte og integrerte FKer i vårt vidstrakte land, ser man lett at det vil bli stillet store krav til telekommunikasjonene mellom landsdelsnivået og distriktsnivået. De fire øverste kommandoveiene i figur A1.1 (mellom FKer og Divkoer) vil lett kunne bli meget lange, og fremfor alt vil Divkoenes mobilitet kreve at de er meget "elastiske" og fleksible.

På figur A1.1 er det på lokalnivået vist i alt 14 blokker som hver representerer et kombinert regiment. Ved mobilisering setter hvert slikt KR opp en brigade som normalt skal ha avdelinger av alle våpen. Brigaden skal så kunne settes inn under Divko. Her er det viktig å ha i minne at Hauge-II-utvalget ikke har ment at grupperingen av KP til Divkoer (slik figur A1.1 viser) skal være fast. Distrikts- og lokalnivåene i figur A1.1 er således ikke bare preget av en sterk mobilitet, men også av en viss dynamikk i relasjonene mellom nivåene.

Endringene – både rent strukturelt og operativt – stiller strenge og helt nye krav til telekommunikasjonene i Hæren. Som sitert foran, tok da også Hauge-II-utvalget utgangspunkt i den stadig pågående ”utviklingen av moderne teknikk og kommunikasjoner”, og den påpekte at ”et av de vesentlige problemer blir å utnytte denne moderne teknikk med rimelig hensyn til landets geografiske egenart”.

En inngående analyse og revurdering av Hærens sambandsmidler er således ikke bare ønskelig, men direkte nødvendig for at en av Hauge-II-utvalgets vesentligste forutsetninger skal kunne oppfylles.

## APPENDIKS 2

### FORSLAG TIL JOBB: TAKTISK TELEKOMMUNIKASJONSSYSTEM FOR HÆREN ETTER 1980

#### A2.1 Bakgrunn

Innen de fleste større NATO-land har det i flere år foregått systematisk arbeid innen feltet taktiske telekommunikasjonssystemer for stridssonen. Arbeidene er både av teoretisk og praktisk art. Flere land har spesielt oppsatte feltsystemer hvor forskjellige konsepter blir evaluert. NATO forsøker i AC 225/P8 ”Telecommunications panel” og i AC 225/P8/Sp1 ”Telecommunications in the combat-zone post 1975 period” å samordne systemkonseptene til størst mulig kompatibilitet. HFK og SBINSP representerer Norge i disse panelene. FFI har deltatt i møter av spesiell interesse, såsom ved demonstrasjon av nytt utstyr, og ved presentasjon av interessante nasjonale studier.

Norge har for øvrig inntatt en helt passiv rolle da man innen landet ikke har prosjekter som kan knyttes til arbeidet som foregår i panelene. Nasjonalt har SBINSP ved oblt T A Aas nå avsluttet en sambandsanalyse for Hæren. Man tenker seg her kommunikasjonsbehovet i stor utstrekning dekket ved nettradio. For fremskutte akser, fra Brigko til Divko og fra Brigko/Divko tilbake til FFSB og Televerkets nett, ønsker man i en viss utstrekning å benytte SHF/UHF-linkforbindelser. Strukturen er kommandoorientert. Man har forsøkt å ta hensyn til den nye hærorganiseringen (Hauge-II-innstillingen av 1969). Trafikkdata er basert på bl a intervjuer med en rekke operative sjefer.

#### A2.2 Motivering

Den nye hærordning vil gi oss en meget mobil hær. De operative enheter—brigadene—skal under Divko kunne settes inn hvor som helst i landet. Samtidig skal fredsordningen gi den samme sikkerhet mot kupperte angrep som ordningen med FDIer ga. Brigadens hovedkvarter (og divisjonsstaben) vil få 1 times flytteberedskap og kravet til forflytning vil være en gang i døgnet.

Bakre kommandoforhold og forbindelser til ØKN/S vil ifølge sambandsanalyse omtalt tidligere, være basert på bruk av FFSBs og Televerkets sambandsnett samt andre statiske nett som måtte finnes. Reservesamband er tyngre HF-radiostasjoner. I en krigssituasjon vil en slik sterkt mobil hær med meget sentralisert og koordinert operasjonsmodus stille store krav til et sikkert og fleksibelt sambandsopplegg. FFSBs og Televerkets nett må kun regnes som bonus-samband i det opplegg som beskrives i sambandsanalysen. Det statiske sambandsnett er meget sårbart og man må regne med at det blir ødelagt eller sabotert i en krigssituasjon. Med tilgjengelighet bare i ett punkt og med den kjedestruktur disse statiske nettene har, vil mulighetene for alternativ ruting være liten.

Den utførte sambandsanalyse hadde som mål innenfor de gjeldende budsjetterammer og med de pågående materiellanskaffelsesprosjekter i mente å dekke Hærens minimumsbehov for samband. FFI tror at på lengre sikt vil ikke Hæren være tjent med de reviderte KOPer for samband. I slutten av 70-årene og utover i 80-årene vil det i en rekke land være i bruk taktiske sambandssystemer av digital natur med integrert switching og transmisjon og høy grad av automatikk. Utstyret vil kunne være lett mobilt. Kravene til felthærens mobilitet, utstrakt bruk av datamaskinutstyr og den teknologiske utvikling vil fremtvinge en radikal revurdering av sambandsmidlene. Løsninger som i dag kan virke kostbare vil om 10–15 år ha fått en helt ny karakter. Også i Norge vil man etter hvert få denne problematikken inn på livet, bl a p g a vårt medlemskap i NATO. Når den tid kommer at slikt utstyr må anskaffes, bør vi være i stand til å vurdere hva som passer best for vår spesielle situasjon.

Hærens forsyningskommando og Hærens samband har uttrykt ønske om at FFI holder seg vel orientert og studerer nye sambandssystemer for Hæren.

### A2.3 Målsetting

- a) Man vil ta for seg en konkret konstruert geografisk krigssituasjon hvor et visst antall mobile enheter fra divisjon og nedover opererer. Denne situasjon må man forsøke å utforme så realistisk som mulig. Arbeider som må legges til grunn; eksempler: Hauge-II-utvalgets innstilling, detaljutredninger i forbindelse med denne innstilling, feltsambandsreglementet, studier ved STC og andre institusjoner i utlandet, resultater fra krigspill, tjenestegrensøvelser o l.

HFK ved oberst B Rørholt, SBINSP ved oblt T A Aas samt HSBSØ har sagt seg villig til å assistere så langt råd er når det gjelder å skaffe relevante trafikkdata og taktiske modeller.

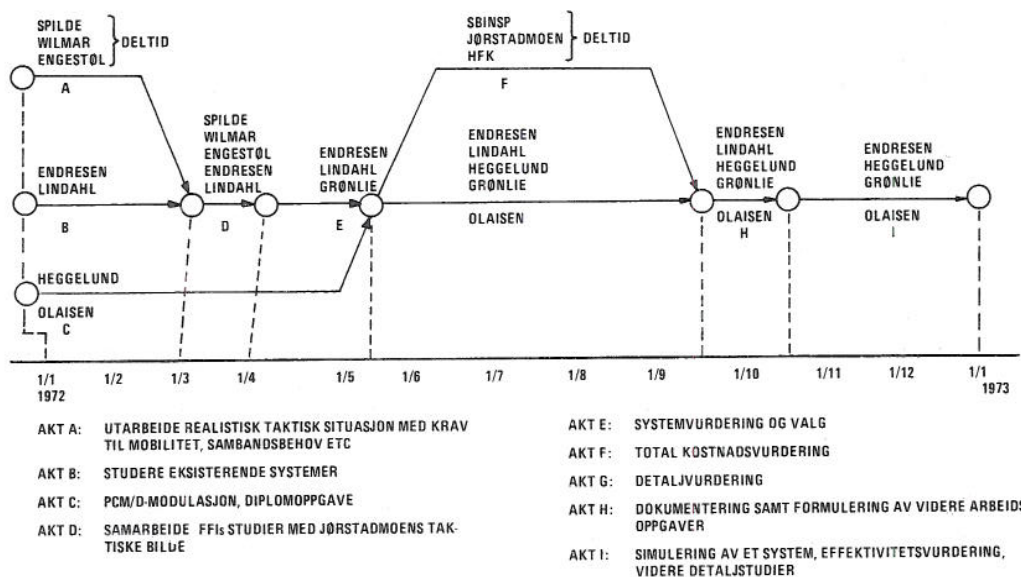
- b) Man vil så i dette geografiske området tenke seg lagt et maskenett av radiolinkstasjoner. Nettet skal ha en høy grad av autonomi og automatikk. Ethvert knutepunkt skal ha forbindelse til flest mulig av de andre knutepunkt. Nettet skal også ha flere utganger til de statiske nett (FFSB, Televerket, Nics og andre).

- c) Med basis i pkt a og b skal man så i grove trekk syntetisere nettets egenskaper. Herunder skal bl a behandles:

- Krav til kapasitet
- Grad av automatikk
- Synkroniseringsteknikk
- Rutningsegenskaper
- Modularitet
- Signalering
- Nummerplan
- Konsentratorer

- d) Man vil foreta en kost/effektivitetsvurdering i relativt grove trekk.

- e) Arbeidet er ment å skape grunnlaget for eventuelle detaljstudier fremover. Dette kan være aktuelt dersom rammeverket som da er etablert virker tilstrekkelig realistisk og interessant.



Figur A2.1 Fremdriftsplan for jobb: Taktisk telekommunikasjonssystem etter 1980  
Utarbeidet Kjeller 3 desember 1971

### APPENDIKS 3

#### FORSLAG TIL JOBBESKRIVELSE FOR SAMBANDSANALYSE (Forslag fremmet av FFIs Systemgruppe i 1969)

##### A3.1 Bakgrunn

I 1963-64 sto Hæren foran fastsettelse av spesifikasjoner for sambandsmaterieell som skulle anskaffes i perioden fremover mot 1975. Det samlede anskaffelsesbeløp man regnet med var 120–150 mill kr.

FFI ble den gang anmodet om å foreta en analyse som støtte for fastsettelse av ovennevnte spesifikasjoner. Analysen kom ikke i gang, dels p g a begrensede personellressurser i FFI og dels p g a en viss tilbakeholdenhet overfor en så komplisert oppgave på det tidspunkt.

Hæren har nå valgt typer for det meste av det materieell som skal anskaffes fram til 1975. Antall materieellheter av enkelte typer kan justeres innenfor visse grenser så lenge de årlige anskaffessummene ikke forandres så meget.

I Hæren stiller man seg enda åpen for en rekke alternative anvendelsesmåter for sambandsmaterieellet i årene fram til 1975. Særlig gjelder dette de øverste skikt i kommandosystemet, det vil si områdene ned til KR. Innenfor KR mener man å ha

relativt god oversikt over hvordan materiellet bør anvendes, men også der er det rom for diskusjon.

For perioden etter 1975 vil det være nødvendig med anskaffelse av nytt sambandsmaterieell hvor man fullt ut drar nytte av de nye tekniske prinsipper og den teknologi som nå er under full utvikling.

I NATO-landene pågår det betydelig omlegning av sambandsutstyr og prinsipper. I NATO har det vært arbeidet med å sikre kompatibilitet mellom landenes systemer. Denne utvikling har bare i begrenset grad fått innflytelse på norske planer. I en eventuell sambandsanalyse må man legge vekt på hensynet til kompatibilitet i alle fall med våre viktigste allierte.

### A3.2 Målsetting for sambandsanalyse

Analysen skal på bakgrunn av den kommandostruktur som nå er under vurdering og som ventes å bli innført i Hæren fra 1970 og utover, gi grunnlag for hensiktsmessige sambandssystemer og oppsetninger samt i den grad det er mulig gi et underlag for materielle-spesifikasjoner og ramme for forestående anskaffelser av sambandsmaterieell til Hæren for perioden fram til 1980.

Videre skal analysen gi best mulig grunnlag for videregående studier av fremtidige sambandssystemer og neste generasjons sambandsmaterieell (perioden etter 1980).

Analysen skal gjøres ut fra følgende forutsetninger og begrensninger:

- den skal omfatte samtlige kommandoskikt i Hæren
- den skal føre fram til de sambandssystemer som synes å være de mest hensiktsmessige målt med effektivitet og totale kostnader
- man skal anvende de materielle typer som er anskaffet eller vil bli anskaffet i perioden fram til 1975 innenfor den tentative budsjettamme, idet man også tar hensyn til eksisterende sambandsmuligheter utenfor Hærens organisasjon
- sambandssystemene må utformes slik at de i størst mulig grad er uavhengig av kommandostrukturen på det aktuelle nivå, samt av stridstype, område og fiendtlig aktivitet herunder EK
- sambandssystemene må være kompatible med andre nasjonale sivile og militære systemer samt med de viktigste NATO-lands militære sambandssystemer for samme nivå

### A3.3 Effektivitetskriterier

Sambandstjenestens oppgave er å bidra til en effektiv ledelse og bruk av våre stridskrefte i en kampsituasjon. Effektiviteten av alternative sambandssystemer burde derfor i prinsipp helst måles med den effektivitet hvormed de tillater utnyttelse av stridskrefte.

I denne omgang ser man imidlertid ingen praktisk mulighet for å etablere en direkte og kvantitativ relasjon mellom alternative sambandssystemer og forsvarets stridsverdi.

Som et praktisk og vel også noenlunde dekkende effektivitetsmål synes følgende å fremby seg. Man etablerer først et standard sambandsbehov som er det antall tale-, fjernskriver-, etc samband som man ut fra operative argumenter mener er nødvendig mellom to kommandoled. For hvert av sambandene spesifiseres sannsynligheten for å få sendt en melding til dens adressat innenfor en nærmere angitt normaltid og med den ønskede kvalitet.

Et annet bedømmelseskriterium er de totalkostnadene de enkelte systemene vil påføre Forsvaret over systemets hele levetid. Totalkostnadene inkluderer engangsomkostninger som anskaffelse, initiell utdanning etc og driftsomkostninger som inkluderer vedlikehold, lønn, leie av samband, etc.

Som en styring i denne sammenheng synes det rimelig å arbeide med en kostnadsramme som noenlunde svarer til det Hæren regner med å kunne anvende for formålet over perioden fram til 1975.

### A3.4 Metodikk

#### A3.4.1 Generelt

P g a den knappe tidsfrist bør analysen gjennomføres i flere faser, slik at resultatene av de viktigste delanalyser kan foreligge på et tidligst mulig tidspunkt.

Da man innen DKØs geografiske område i tillegg til DKens egne organer også finner tyngden av høyere staber, hovedinstallasjoner etc, er forholdene her mer komplekse enn i andre DKer. Det er derfor ønskelig å få utført analysen for denne DK først.

Analysen må omfatte KR/BRIG-, FDI (DIV)- og DK-nivå, samt samband til høyere enhet (LANDSØR/ØKS, HST). Andre forsvarsgrener (JCOC, SJØSØR, LUFTSØR) og sivile organer (Landsdelsleder, sivilforsvar, DØF, andre totalforsvarsorganer) må komme inn som nødvendig bakgrunnsstoff og grunnlag for eventuell etterfølgende totalanalyse. Ledd for ledd må studeres på bakgrunn av organisasjon og oppgaver for å få fastlagt alle behov.

#### A3.4.2 Teoretiske bakgrunnsstudier

Teoretiske bakgrunnsstudier er nødvendig for å sikre den nødvendige oversikt både over de arbeidsoppgavene sambandstjenesten i prinsipp skal løse, og over de tekniske muligheter som vil by seg i årene fremover.

Studiene må omfatte organisasjon og kommandoforhold, taktikk, forsvarsplaner, prosedyrer, tidligere erfaringsmateriale, etc.

De vesentligste grunnlagsdokumenter er følgende:

- aktuelle KOPer og forslag til ny organisasjon
- taktiske direktiver for Hæren og Felttjenestereglement for Hærens samband etc
- DKenes forsvarsplaner
- eventuelt erfaringsmateriale fra tidligere øvelser (sannsynligvis finnes det lite skriftlig erfaringsmateriale, og orienteringer etc av erfarne sambandsoffiserer kan komme på tale)
- aktuelle NATO-dokumenter, eksempelvis von Karman-komiteens rapport, Operational and Technical Guidance on Telecommunications Equipment (AC 220–D/27), NATO Basic Military Requirement for a Combat Zone Communications System 1970/75 (AC 220–D/31), NATO Telecommunication System for the Combat Zone 1970-75 period (AC 220–D/83), beskrivelse av andre NATO-lands fremtidige sambandssystemer, f eks "A Description of the Hobart Communication System" (AC 220–D/29).

#### A3.4.3 Innsamling av data om sambandsbehov

Utgangspunktene for analysen er sambandsbehovet mellom de forskjellige brukere eller organer som sambandssystemet skal betjene.

Å etablere sambandsbehovet blir en både viktig og vanskelig oppgave. De beste kildene for data om sambandsbehov ville vært omfattende øvinger som gir et realistisk aktivitetsnivå. Slike øvinger forekommer imidlertid meget sjelden og ikke i den perioden denne analysen i første omgang ventes omfatte.

Såvidt man nå kan bedømme mulighetene må data om sambandsbehov innsamles på følgende måter:

- *Studium av resultatene fra andre lands analyser av sambandsbehov på tilsvarende nivå*  
Særlig tenkes det her på de omfattende engelske studier av sambandsproblemene ved det britiske armekorps i Tyskland. Hovedproblemet blir her å få tak på forutsetningene og tenkemåten bak analysene av sambandsbehov og deretter vurdere hvordan resultatene eventuelt kan modifiseres for å kunne brukes som grunnlag for estimat av norske sambandsbehov.
- *Analyse av sambandstrafikken under rep/kadreøvinger som foregår i 1969/70*  
Informasjonstransportbehovet mellom ulike avdelinger og kommandoer fastlegges ved registrering av samtaler og meldinger på alle sambandsmidler. Deltakende avdelinger eller annet militært personell vil måtte utføre en vesentlig del av registreringsarbeidet.
- *Krigsspill (Stabstjenesteøvinger)*  
Krigsspill bør studeres for å få belyst visse sider av problemkomplekset (f eks operativ trafikk mellom DK-FDI (DIV) og FDI (DIV)-KR). De data man kan få registrert vil stort sett være av samme art som de man får under felttjenesteøvinger og kan supplere disse.

Ingen av ovennevnte 3 metoder vil alene gi noe pålitelig bilde av sambandsbehovet, men sammen bør de kunne kaste så meget lys over problemkomplekset at man kan etablere et brukbart bilde av sambandsbehovet.

#### A3.4.4 Materiellspesifikasjoner og kostnader

Materiellspesifikasjoner og kostnader for de materielltyper som kommer på tale kan i det vesentligste skaffes tilveie fra militære instanser.

Det samme gjelder nødvendig informasjon om andre enn Hærens sambandsmidler som arbeider på samme nivå i Totalforsvaret.

#### A3.4.5 Syntetisering av sambandssystemer

På grunnlag av foran beskrevne delarbeider innenfor jobben kan alternative sambandssystemer for DK-KR nivået syntetiseres.

Syntetiseringen må bygge på sunne operative og tekniske prinsipper og erfaringer og ta sikte på balanserte systemløsninger.

#### A3.4.6 Kostnadsanalyse

*Kostnadstallene* kan beregnes ut fra anskaffelsespriser, reservedeler og andre vedlikeholdskostnader samt driftskostnader over systemenes antatte levetid.

Grunnlaget må primært være den antatte budsjetttramme for perioden.



## APPENDIKS 4

## HSBSØs UTREDNING SAMT FFI's OPPGAVEFORMULERING

*DEL I: BRIGADEN I 1980-ÅRENE*

## Grunnlag

- 1 Som grunnlag er nyttet:
  - Sambandsanalyse for Hæren
  - Hauge-II m v
  - Gjeldende KOPer pr jan 72

## Organisasjon

- 2 Som utgangspunkt er tatt den nåværende brigade med de endringer som allerede er planlagt eller forutsett, jfr sambandsanalysen, del 2.

Det er på dette tidspunkt (1972) lite som tyder på vesentlige endringer fra 70- til 80-årenes norske brigade.

- 3 Sammensetningen av brigaden:

## Kdoledd

- Brigstab
- St- & Sbkp (sammenslått)
- Mptr

## Manøveravd

- TRE Infbner (EN bn evt delvis mek)
- Oppklesk

## Støtteavd

- MFABn (evt LFABn)
- LLABtt
- Pvraktr
- Ingkp

## Forsavd

- Trspkp
- Forskp
- Teknkp
- Sankp

- 4 Nåværende Tbkp er utgått, hver Infbn har EN tbktr (i tillegg til nåværende Bktr).

Brigaden *kan* i tillegg få underlagt/til støtte:

- Infbn/selvst gevkp
- Strvesk
- MFABn/btt
- Beltetraktortr
- Ingarbkp

- ABC-verntr
- BVtr
- Kløvkp

- 5 De enkelte avdelingens oppgaver og oppsetning (personell, materiell, våpen m v), jfr vedlegg 1.

#### Brigadens enheter sambandsmessig

- 6 Sett fra et sambandsmessig synspunkt, består brigaden i felt av *et antall enheter* som ikke helt korresponderer med den organisasjon som er anført ovenfor. Dette antall enheter vil variere. Nedenfor er gitt et *eksempel* på brigadens sambandsmessige enheter:

	Sbmessig enhet	Merknad
1	Brigko	Brigst + St & sbkp (–)
2	Brigsjef kdogrp	Kan etabl utenfor vei
	<i>Manenheter</i>	
3	Infbn 1	
4	Infbn 2	Ko kan etabl utenfor vei
5	Infbn 3	
6	Kp grp	Utrykningsstyrke e l
7	Oppklesk	
	<i>Støtteenheter</i>	
8	MFAbn	
9	FABtt N	
10	FABtt O	Tilknytted brig sbsystem
11	FABtt P	
12	LLAbtt	
13	Pvraktr	
14	Ingkp	
	<i>Forsenheter</i>	
15	Trspkp (–)	
16	Trsptr	En tropp grupperes utenfor kpet
17	Forskp (–)	
18	Amtr	Amtr grupperes uavhg av kpet
19	Teknkp (–)	
20	BP/TKP 1	
21	BP/TKP 2	Evtnt inntil TO TKPer i tillegg
22	Sankp (BAP)	
23	LFSH	
24	Trenomr/Infbn	1–2 av Infbnenes trenområder
25	Trenomr/Infbn	etableres ofte utenfor bnen
	<i>Underlagte enheter m v</i>	
26	HV omr/avsn	HV i brig teig blir normalt underlagt
27	Lokvbn/kp	
28	Strvesk	Kan underlegges infbn
29	Helikopteravd	
30	Trspavd	Ekstvis BVtr, kløvkp, skøytetrsptr
31	Fri strid-styrke	J fi omr
32	Fergested el	Evtnt

### Gruppering av brigadens enheter

- 7 Eksempel på gruppering av brig enheter er skissert i vedlegg 2. De avstander m v som er antydnet i sambandsanalysen for Hæren er påsatt.

### Sambandsbehov

- 8 Brigaden har følgende sambandsbehov:

a) Stridsledelsessamband

- Samband fra Brigko til alle direkte underlagte avder og brigsj kdogrp
- Sb fra Brigsj kdogrp til de fremre manøver- og støtteavd
- Sb mellom fremre bner og mellom disse og resbn (tverrsamband)
- Sb til brig i side og til divisjon, se vedlegg 3

b) Fly- og ildstøttesamband

- Sb fra Brigko (IKS) til:
  - FAbn
  - IKS/brig i side
  - IKS/DIV
  - brigsj kdogrp (artsj)
  - JCOG
  - FKer (bttsj ved infbnene)
  - helikopter/småflyavd
  - LLAbtt
- Sb fra FAbn til:
  - FAbttene (ildordre)
  - bttsj/OPoff (ved infbnene)
  - FAbn i side (eksvis nabobrig) (ildordre)
  - IKS/div (ildordre)
  - brigsj kdogrp (artsj)
- Sb fra FAbttene til:
  - bttsj/OPoff (ved infbnene) (ildordre)
- Sb mellom FAbttene (ildordre)
- Sb fra bttsj/OPoff til:
  - FAbn i side
  - IKS/div
- Sb fra LLAAbtt til Luftforsv K&V-system

Samband merket "ildordre" innebærer et vanlig "felles bruk"-samband *pluss* et eksklusivt øyeblikkelig virkende konferansesamband, se vedlegg 4.

c) Forsyningssamband

Begrepet forsyningssamband omfatter:

- Sb for etterforsyning (amm, drivstoff, prov, matr m v)
- Sb for transporttjeneste (ledelse, kontroll)
- Sb for bergningstjeneste
- Sb for sanitetstjeneste

Det omfatter samband fra Brigko til forsyningsenhetene, sb mellom forsyningsenhetene og sb fra manøver- og støtteavd (spesielt infbnene og FAbn) til forsyningsenhetene, se vedlegg 5.

- d) Varslingsamband  
Omfatter spesielt sb for ABC-varsling og flyvarsling (egne fly).  
Varslingsbehovet er primært fra brig til avdene (minutt-til-minuttbasis).  
Hurtig varsling bør også kunne gis motsatt vei.
- e) Etterretningssamband  
Dekkes på brignivå av:
- Brig stridsledelses- og ildstøttesamband
  - Oppklesk interne sb
  - HVs interne sb
- Direkte sb fra Brigko/kdogrp til spesielle OPer/patroljer *kan* være aktuelt.
- f) Sb for kommunikasjonsødeleggelser  
Samband fra brig sjef (Brigko/kdogrp) til sprengningskommandoer under hans kontroll.
- g) ABC-samband
- Samband for ABC-varsling dekkes av varslingsambandet (pkt d) og øvrige etablerte samband
  - Samband for ledelse av søke- og rensjetjeneste dekkes ved:  
ABC-verntr interne sb (hvis tildelt)  
Ingkp interne sb (forsterket)  
Øvrige etablerte sb
- Dette sb må være mobilt (radio)
- h) Katastrofesamband  
Omfatter:
- Sb for sanitetstjeneste ved masseskader
  - Sb for reorganisering av avder etter bruk av A-våpen
  - Reetablering av ødelagte sbnett etter bruk av A-våpen
- Disse sbbehov dekkes ved improvisasjon i hvert enkelt tilfelle. Dette krever *sbereserver*.

### Mobilitet

- 9 De enkelte enheters (kommandoplassers) mobilitet vil variere sterkt. Noen kdoplasser må kunne utføre sine funksjoner under kontinuerlig forflytning på og utenfor vei etter behov. Andre må ligge i ro i lengre tid skal de kunne utføre sine hovedfunksjoner.

Nedenfor er antydnet en inndeling i 3 grupper:

- a) Kdopl/enheter under *kontinuerlig forflytning* på eller utenfor vei:
- Infbnene
  - Selvst gevkp
  - Strvesk
  - Pvraktr
  - Fri strid styrke

Infbnene vil normalt flytte kdoplassen *satsvis*, men må også kunne operere under marsj.

- b) Kdopl/enheter som flytter *oftere enn hvert døgn*:
- Brigsj kdogrp (også utenfor vei)
  - FABttene (MFA også inntil 3 km utenfor vei)
  - BP/TKPer
- Marsjberedskap minimum 10 min.
- c) Kdopl/enheter som flytter hvert døgn eller sjeldnere:
- Øvrige enheter i brig, Teknkp og LFSH (evt Trspkp) hvert 2 døgn eller sjeldnere
- Marsjberedskap 1 time eller mer.

### Sb under forskjellige stridsformer

10 De viktigste krav til sambandstjenesten under de ulike stridsformer kan listes som følger:

- a) Forsvar
- Alternative rutingsmuligheter til manøver- og støtteavder
  - Tverrsb mellom fremste avder
  - Sb til forberedte (alternative) stillingsområder for inf- og artavd
  - Fi peiling/lytting skal *ikke* røpe egne avders nøyaktige posisjon. Dette medfører i dag radiotaushet inntil andre sbmidler ikke er tilgjengelig
- b) Angrep
- Kraftsamling av sbressursene til de angripende avdelinger
  - Absolutt hemmelighold av egne planer inntil angrepet iverksettes. Dette innebærer i dag radiotaushet inntil passering av startlinjen
  - Angripende avdelinger *må* ha kontinuerlig samband til brigaden (kdogrp) og til støttende enheter. Dette innebærer i dag bruk av radio etter passering av startlinjen
- c) Oppholdende strid
- Kontinuerlig sb fra brigaden til *fremste* avdeling (infbn/selvst kp)
  - Kontinuerlig sb mellom fremste avdeling og den avdeling som skal overta striden lenger bak
  - Etablering av sb til planlagte/forberedte stillinger på dypet
  - Uttrekning av egne sbinstallasjoner (relestner e l) og ødeleggelse av permanente sbinstallasjoner i takt med tilbaketrekning
  - Prioritering av sb for trafikkontroll
  - Fi peiling/flytting skal *ikke* røpe egne avdelingers tilbaketrekning og/eller forberedte stillinger. Dette innebærer i dag at normalt radiosb opprettholdes så lenge som mulig under tilbaketrekning, samt radiotaushet for avdelinger i bakre områder
- d) Forflytninger
- Samband fra trafikkontrollstab til meldeplasser/TKPer langs veien og mellom alle meldeplasser/TKPer
  - Øyeblikkelig varsling til avd/grupper i kolonne skal være mulig (varslingssamband)
  - Fi peiling/lytting skal *ikke* røpe forflytningen. Dette medfører i dag normalt radiotaushet

- e) Fri strid
- Samband skal kunne etableres til fri stid-styrke til enhver tid ved behov
  - Forbindelsen skal kunne ta gradert trafikk
  - Peiling av fri strid-styrken skal ikke være mulig

#### Overføring av informasjon innen brigaden

- 11 a) Stridsledelsessamband (se vedlegg 3)  
Talesamband for samtale offiser til offiser. Til Infbnene, FAbn og Brigs kdogrp kan i tillegg fjernskriver og faksimile være aktuelt. Til fri strid-styrke kan dataoverføring med høy hastighet være aktuelt.
- b) Fly- og ildstøttesamband (se vedlegg 4)  
Dataoverføring må være mulig på alle ildordresamband (se pkt 8b). For øvrig talesamband.
- c) Forsyningssamband (se vedlegg 5)  
Fjernskriveroverføring kan være aktuelt fra Brigko til Teknkp og Forskp. For øvrig talesamband.
- d) Varslingssamband  
Talesamband (pri foran andre sb).
- e) Øvrige sbbehov (jfr pkt 8)  
Talesamband.
- 12 Alle talesamband *bør* være gradert (Hemmelig). Denne gradering kan være tidsbegrenset (12 t). Øvrige overføringer (data, fjernskriver, faksimile) *må* være gradert (ikke tidsbegrenset).

#### Informasjonsmengde

- 13 På grunn av den store usikkerhet hva gjelder definisjonen av en "standardmelding" både når det gjelder informasjonsinnholdet og lengden, har en valgt å angi hvor stor prosent av tiden sambandene er belagt.

En refererer til "travel time" som er kl H og tiden like etter kl H i et angrep eller tidspunktet når fi angriper egen forsvarsstilling. Ut fra denne forutsetning får en trafikk-en (A) i Erlang direkte. Trafikken i travel time er 10–15% av døgntrafikken.

En har videre anslått lengden av en middelsamtale (T) på de forskjellige samband (stridsledelse, ildstø o s v). Dermed har en fått et uttrykk for antall anrop i travel time, d v s anropsfrekvensen ( $C=A/T$ ).

Tallene på figurene (Vedlegg 2–4) angir trafikken og anropsfrekvensen A og C (A/C).

## BRIGADENS AVDELINGER

Vedlegg 1

## 1 Oppgaver

- a) Kdoledd  
BRIG STAB Lede, planlegge og overvåke operasjoner, utdanning, administrasjon og forsyningstjeneste ved Brig.
- ST & SBKP Administrere Brigko. Etablere samband til brigadens sideordnede og underlagte enheter. Terminere samband fra overordnet enhet. Etablere brig ekspedisjon.
- MPtr Trafikkregulering og -kontroll. Etablere brig fangeplass. Etterforskning og overvåking.
- b) Manøveravd  
INFBN I angrep slå fienden eller ta og holde lende. I forsvar stanse fienden i et forsvarsområde. I oppholdende strid sinke og påføre fienden tap. Kan føre selvstendige operasjoner i et begrenset tidsrom.
- OPPKLESK Oppklaring inntil 30–50 km på dypet av fi gruppering. Med lett strvtr utføre oppklaring på vei og i tilknytning til vei.
- c) Støtteavd  
FABn Artilleristøtte for brigaden inntil 10 km for LFA, 14,5 km for MFA. Flykontrollørtjeneste.
- LLAbtt Sikre egne forflytninger og installasjoner mot flyangrep (effektiv rekkeve 1500 m). Beskytte bakkemål inntil 2500 m.
- PVRAKTR Bekjempe stridsvogner/PPKer på avstanden til 1900 m.
- INGKP Med ingeniørarbeider minske fiendens og øke egne styrkers stridsevne og mobilitet. Etablere ABCS i Brigko.
- d) Forsyningsavd  
TRSPKP Landeveistransporter av pers og fors. Løfter 250 tonn, på gode veier 450 tonn. En tropp gjør en infbn i stand til å løfte seg selv.
- FORSKP Etterforsyning av:  
– ammunisjon  
– drivstoff  
– proviant  
– intendanturmatr  
– ingeniørmatr (ikke maskinelt)  
Posttjeneste for brigaden.  
Etablere vannplass.
- TEKNKP Etterforsyning av:  
– våpenteknisk matr  
– sambandsmatr  
– ingeniørmatr (maskinelt)  
Vedlikehold av:  
– kjøretøyer, herunder bergningstjeneste  
– våpen og instrumenter

	– sambandsmatr
	– ingeniørmatr (maskinelt)
SANKP	Evakuering av sårede/syke fra avdenes hjelpeplasser. Behandling for å gjøre pasienter transportdyktige. Pleie 40 pers i telt (30 om vinteren), eller 60 i hus inntil 48 t. Forebyggende helsearbeid. Etterforsyning av san- og veterinærmatr.
e) Evt underlagte avd	
STRVESK	Sammen med inf utføre angrep/motangrep. Forsterke PV i utsatte områder
BTTR	Brøyting, graving, opprydding, bergning (Forsterke Ingkp).
INGARBKP	Div ingeniørarbeider (Forsterke Ingkp).
ABCVTR	Div ABC-vernetiltak (rensing, søking, påvisning, veiledning). Brannslukning, feltbad, kamuflasjearbeider.
BVTR	Transport av fors/pers utenfor vei: – sommer: 12 tonn/150 mann – vinter: samme, men med slede ca 25 tonn fors.
KLØVKP	Transport av fors/våpen utenfor vei: – Kløv: 10 tonn (80 kg pr hest) – Kjerre: 23 tonn (300 kg pr kjerre)

## 2 Oppsetning

Avdelingens oppsetning m h t personell, kjøretøyer og våpen er antydnet nedenfor. Alle tall er basert på nåværende KOPer og må betraktes som "cirkatall":

Avd	Pers	Kjt		Våpen/merknader
		Hjul	Belte	
St- & Sbkp	220	85	6	Inkl brigst
MPtr	70	20	–	
Infbn	720	80	8	
Infbn	720	80	8	
Infbn	720	80	8	
Oppklesk	170	20	9	+ 7 stk lett strv
FAbn	550	140	5	18 x skyts, 2 OP-fly
LLAbtt	225	55	–	18 x LV kan 40 el 20 mm
Pvraktr	40	4	6	7 x ENTAC sett
Ingkp	260	45	2	
Trspkp	270	123	–	
Forskp	105	13	–	
Teknkp	230	65	–	
Sankp	280	57	3	
Ca sum brig	4600	870	55	Ca 50% siv kjt uten terrengeskaper
Strvesk	130	20	–	+ 13 strv og 1 bergnstrv
Bttr	20	5	1	
Ingarbkp	230	27	–	
ABCVtr	55	19	–	
BVtr	45	2	17	
Kløvkp	130	5	–	+ 112 kløvhester







## DEL II: DIVISJONEN I 1980-ÅRENE

### Grunnlag

- 1 Som grunnlag er nyttet:
  - Sambandsanalyse for Hæren
  - Hauge-II m v
  - Gjeldende KOPer pr jan 72
  - Notater etter møter (FO, FASØ)

### Organisasjon

- 2 Det er foreløpig noe uklart hva divisjonen vil bestå av, og hvordan den vil operere. Det samme gjelder for divkdoen. Det som er anført videre er derfor i en viss grad *antakelser*.
- 3 Det som synes noenlunde sikkert hva gjelder organisasjonen er følgende:
  - a) Divkdoen skal være mobil. Det skal kunne skilles ut en divsj kdogrp (tilsv brig). I divisjonens fredskvarter etableres en bakre divkdo (DK) med forsyningsmessig og territorielt ansvar. Den skal føre kommando over Forssentra og KRene.
  - b) Divkdoen skal kunne lede inntil 5 brigader/stridsgrupper, og inntil 5 MFA/LFA-bataljoner (inkl brigadenes). Divkdoen skal *ikke* ha underlagt forsyningsenheter (fors-, vedlh-, trsp-, sanavder).
- 4 I tillegg til hva som er angitt ovenfor, må antas at divisjonen vil kunne ha underlagt/til støtte:
  - strvesk(er)
  - ingavder, som ingparkkp, brukp, bttr
  - trspavder, som BVtr, kløvkp, skøytetrsptr
  - MPavder
  - helikopter/småflyavd(er)

Strvesk(er) og trspavd(er) vil sannsynligvis bli direkte underlagt brigade/stridsgrp og vil ikke innebære sbbehov på divnivå. Øvrige enheter må imidlertid påregnes å kunne ligge direkte under div kommando, se for øvrig vedlegg 1.

### Divisjonens enheter sambandsmessig

- 5 I likhet med for brigaden vil de sambandsmessige enheter i divisjonen avvike fra den organisasjon som er angitt ovenfor. Følgende er å betrakte som et *eksempel*:

	Sbmessig enhet	Merknad
1	Divko	Divst + St & Sbkp (-)
2	Divsj kdogrp	
3	Brig 1	Sb til brig kdoplasser og
4	Brig 2	sb til brigsj/brigsj kdogrp
5	Brig 3	(evt utenfor vei)
6	Strgrp 4	
7	Strgrp 5	Disp bakre omr, flanker, divres
8	Oppklesk/res brig	Oppkloppdrag for div
9	MFAbn 1	
10	MFAbn 2	
11	FABn/Brig 1	
12	FABn/Brig 2	Tilknyttes div sbsystem
13	FABn/Brig 3	
14	Ingparkkp	
15	Brukp	
16	Helikopteravd	
17	TKP 1	TKPer under div ledelse
18	TKP 2	(evt fler)

### Gruppering av divisjonens enheter

- 6 Eksempel på gruppering av div enheter, se vedlegg 1. Div bredde og dybde er antydnet. Disse avstander – spesielt i dybde – kan bli vesentlig større f eks under oppholdende strid.

### Sambandsbehov

- 7 Divisjonen har tilsvarende *typer* sambandsbehov som brigaden:
- Stridsledelsessamband
    - Sb fra Divko til alle direkte underlagte enheter og divsj kdogrp
    - Sb fra Divsj kdogrp til fremre brigader/stridsgrper og evt brigsj kdogrper
    - Sb mellom fremre brig/stridsgrper og mellom disse og div res (tverrsb)
    - Sb til sjø- og luftforsvarets installasjoner i div operasjonsomr
    - Sb til div i side, KR og FK (se vedlegg 2)
  - Fly- og ildstøttesamband
    - Sb fra Divko (IKS) til:
      - alle FABner (inkl brigadenes) (ildordre)
      - IKS ved alle brigader
      - JCOC
      - helikopter/småflyavd
      - divsj kdogrp
    - Sb mellom FABner som kan skyte på samme mål (ildordre) (se vedlegg 3).
  - Forsyningssamband
    - Sb fra Divko til:
      - bakre div
      - KR
      - TKPer

- Sb fra brig/stridsgrp til KR og de enheter tilh KR/Forssetter som de støttes fra:  
Forskp  
Teknkp  
Sankp/TFSSH e l

Disse kan være gruppert innen- eller utenfor divisjonens operasjonsområde.

- d) Varslingssamband  
Tilsv som brig.
- e) Etterretningssamband  
Spesielt E-samband for divisjonen kan etableres av eksvis oppklesk tilhørende reservebrigade.
- f) Sb for kommunikasjonsødeleggelser  
Tilsv som brig. Dette vil maksimalt være 1–2 objekter på divnivå.
- g) ABC-samband og katastrofesamband  
Tilsv som brig.

#### Mobilitet

- 8 Jfr tilsv pkt for brigaden. Divko og divsj kdogrp flytter med samme hyppighet som brigko/brigsj kdogrp. Divsj kdogrp etableres ved vei.

#### Overføring av informasjon innen divisjonen

- 9 a) Stridsledelsessamband (se vedlegg 2)  
Talesamband for samtale offiser til offiser.  
Fjernskriver og evt faksimile til brigader/stridsgrper og divsj kdogrp, samt div/KR i side.  
Dataoverføring til brigader/stridsgrper og til FK (E-tjenesten).
- b) Fly- og ildstøttesamband (se vedlegg 3)  
Dataoverføring på alle ildordresamband (jfr pkt 7b).  
For øvrig talesamband innen div.  
Fjernskriver til JCOC.
- c) Forsyningsamband  
Dataoverføring til brig/stridsgrper og til bakre div er aktuelt.  
Fjernskriver til KR (evt TO).  
Fjernskriver fra brigade/stridsgrp til KR og evt direkte til fors/vedhavder som de støttes av.  
For øvrig talesamband.
- d) Øvrige sbbehov  
Som for brigaden.

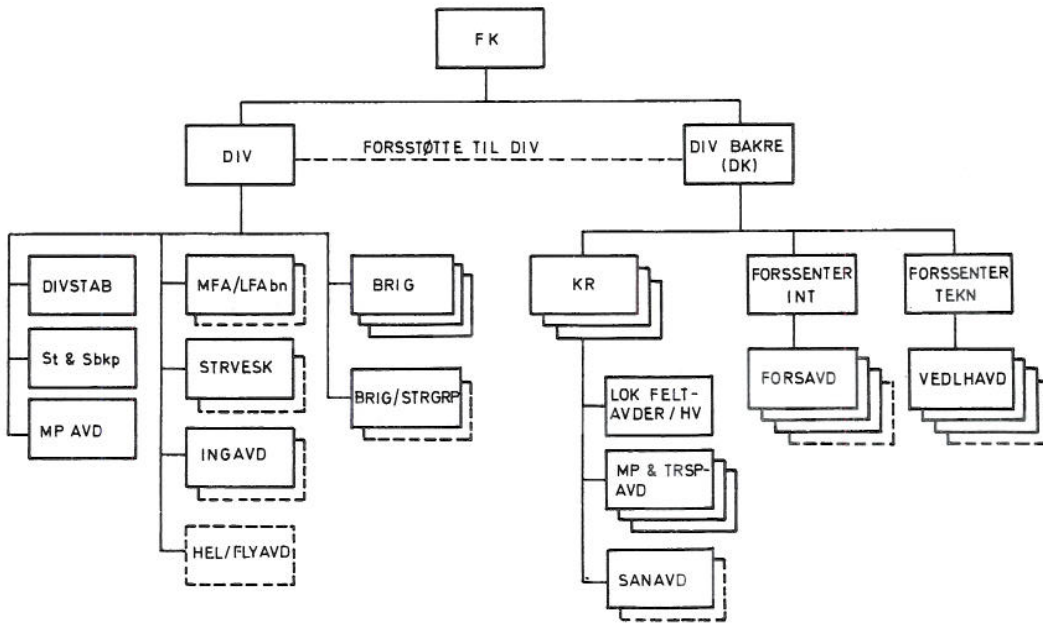
Alle talesamband *bør* være graderte (ikke tidsbegrenset).

Øvrig overføring (data, fjernskriver, faksimile) *må* være gradert (ikke tidsbegrenset).

#### Informasjonsmengde

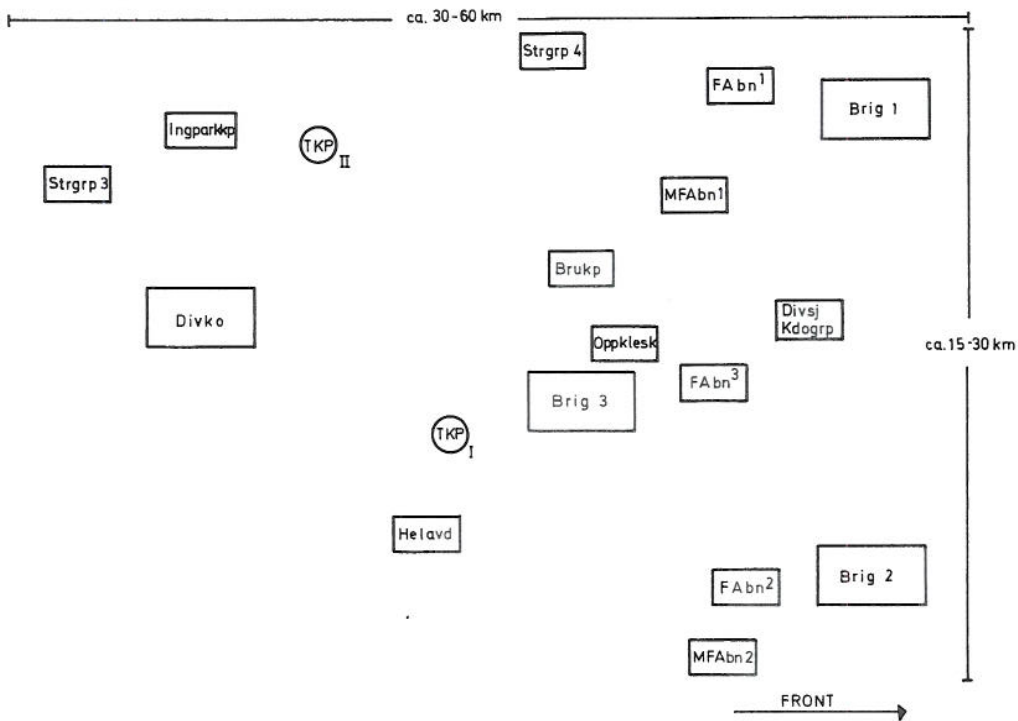
Jfr tilsv pkt for brigaden (pkt 13).

Vedlegg 1



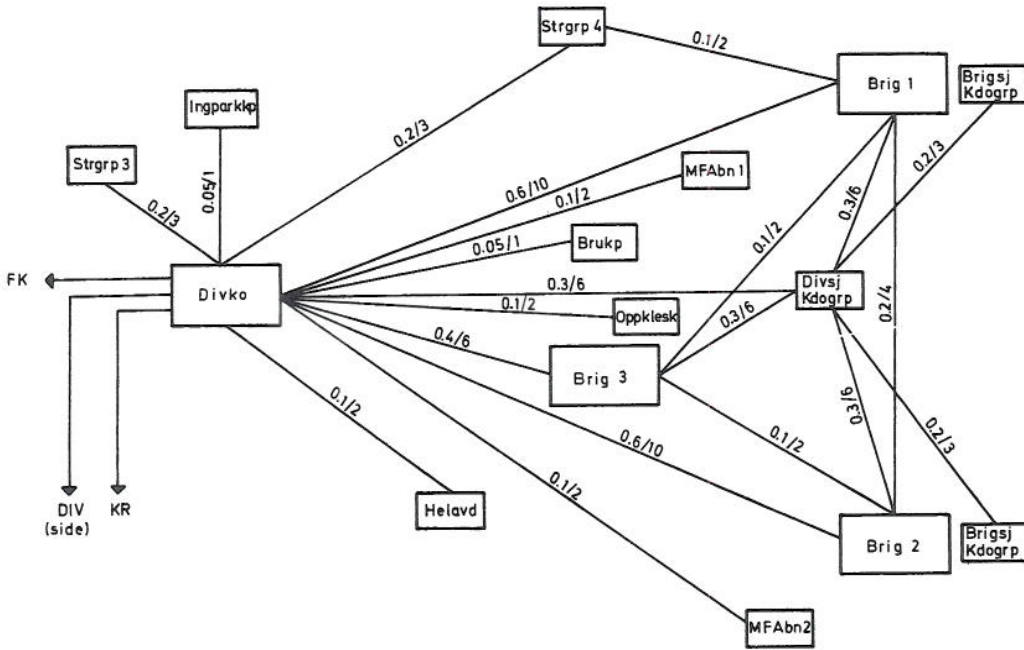
EKSEMPEL – DIVISJONENS GRUPPERING

Vedlegg 2



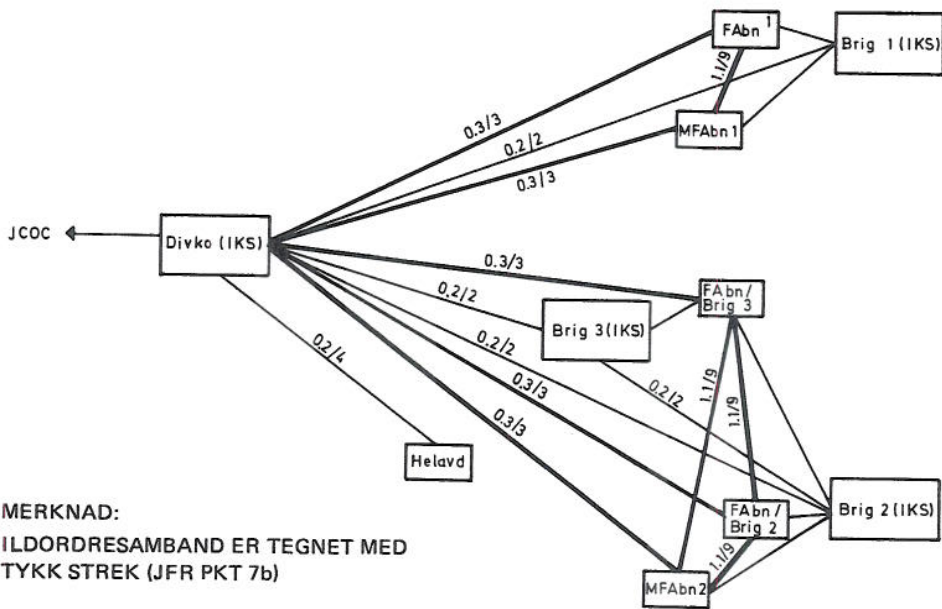
EKSEMPEL – DIV STRIDSLEDELSESSAMBAND

Vedlegg 3



EKSEMPEL – DIV FLY- OG ILDSTØTTESAMBAND

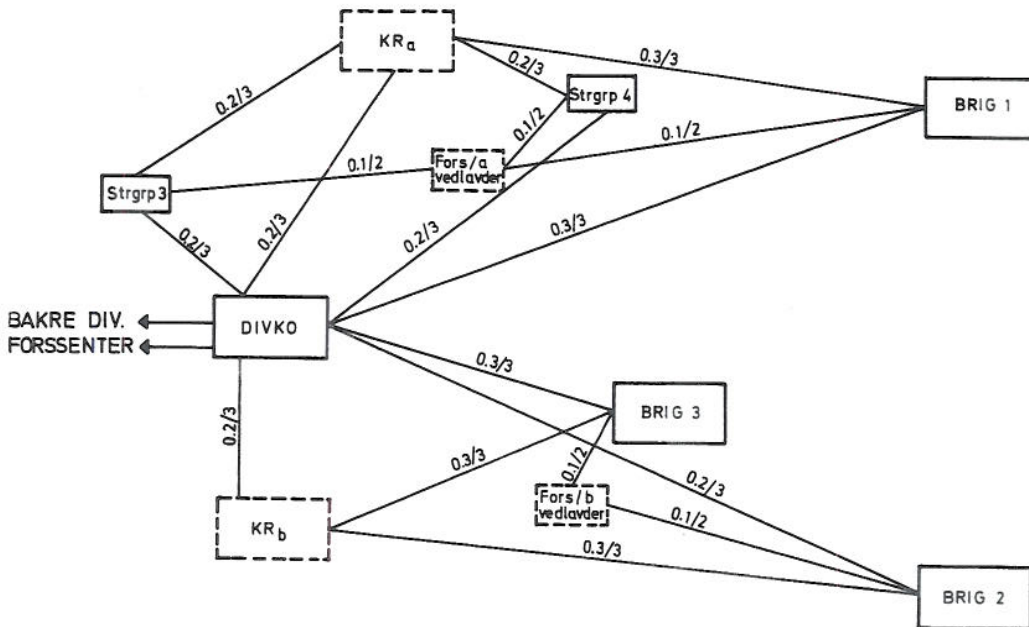
Vedlegg 4



MERKNAD:  
ILDORDRESAMBAND ER TEGNET MED  
TYKK STREK (JFR PKT 7b)

## EKSEMPEL – DIV FORSYNINGSSAMBAND

Vedlegg 5



## MERKNAD:

AVD IKKE TILH DIV.

## DEL III: EKSEMPEL – GRUPPERING AV DIVISJON/BRIGADE PÅ KART

## Generelt

- 1 Det er konstruert to krigssituasjoner, på hhv vest- og østsiden av Oslofjorden. De to situasjoner må betraktes uavhengig av hverandre. På vestsiden Div Vest) fører divisjonen oppholdende strid tilbake til et forsvarsområde. Divisjon Øst er i en angrepsituasjon. For hver divisjon er det vist TO faser i striden (to kalker til kart 1:50 000). Nærmere beskrivelse av striden ved de to divisjoner er gitt nedenfor.
- 2 På kalkene er angitt operasjonsområder/teiger for div, brig og bn, samt plassering av alle kdoplasser (sbmessige enheter).

## Divisjon Vest

- 3 a) Forutsetning
  - 1) Fi styrker har foretatt en landgang i omr Sandefjord–Larvik. KR 3 har med lokale feltavder og HV foreløpig stanset fi som angitt på kalk fase 1. Div Vest har fått i oppdrag å sinke fi fremrykning tilbake til et forsvarsområde Nord linjen Hvitingsfoss–Holmestrand. Her skal fi stanses, og divisjonen skal være forberedt på å gå over til angrep.



Divisjonen ble tildelt følgende avder:

- Brig 51 (omr Kongsberg)
- Brig 52 (omr Hønefoss)
- Brig 53 (omr Gardermoen)
- Strgrp 1
- Infbn 4 (Lokv)
- Strvesk 1 og 2
- MFAbn 12
- Ingparkkp
- Helikopterskv

2) Divsj ga i store trekk avdene følgende oppdrag (se kalk fase 1):

- Brig 51  
Oppholdende strid gjennom Lågendalen tilbake til omr Hvittingfoss hvor brigaden skal gå i forsvar.
- Brig 52  
Underlagt Strvesk 1 og Infbn 4 (delvis mek). Oppholdende strid tilbake til omr Høgåsen (5994)–Holmestrand. Deretter divres i omr Vestfossen (4822).
- Brig 53  
Underlagt Strvesk 2. Forsvar i omr Tuftefjellet (5897) – Smørstein (7299).
- Strgrp 1  
Divres/utryknstyrke i omr Skollenborg (3810).
- MFAbn 12  
Støtter først Brig 52, deretter Brig 53.

3) Transportene til operasjonsområdet ble ledet av divkp på Hamar gjennom KRene (KR 3, 6 og 4).

b) Fase 1

Kalk fase 1 viser situasjonen med alle avder på plass i opsområdet. Ingparkkp og helikopterskv er direkte under div kdo. Fi har ikke brutt ut av brohodet.

c) Fase 2

Kalk fase 2 viser situasjonen ca TO døgn senere. Fi er nådd fram til en linje Syd Holmestrand–Høyjord (6831) – Bjertnes (5381).

Brig 52 er delvis trukket gjennom Brig 53 og etablert i divres omr (bl a brigko. En del av Brig 52s avder er gruppert i Brig 53s opsområde.

Divsj kdogrp flyttet til Veset (6199).

#### Divisjon Øst

4 a) Forutsetning

1) Fi styrker har foretatt en landgang i omr Larkollen–Fredrikstad. Landgangen var delvis mislykket og tilgangen på forsyninger er liten. Div Øst har fått i oppdrag å angripe og ta Rygge flyplass og deretter nedkjempe de fi styrker i brohodet. Divisjonen ble tildelt følgende avder:

- Brig 71 (omr Hadeland)
- Brig 72 (omr Kongsvinger)
- Brig 73 (omr Ski–Enebakk)
- Strgrp 2

- Strgrp 3
- Infbn 4 (lokv)
- Strvesk 3 og 4
- MFAbn 11 og 13
- Brukp
- Helikopterskv

2) Divsj ga i store trekk avdene følgende oppdrag (se kalk fase 1):

- Brig 71  
Angripe og ta mål 1, deretter mål 2 og nedkjempe fi i teig. Deretter divres.
- Brig 72 (en bn delvis mek)  
Underlagt Strvesk 3, Infbn 4, FAbn/Brig 73 og MFAbn 11.  
Angrip og ta mål 3. Vær deretter forberedt på å angripe og slå fi på Onsøy-halvøya.
- Brig 73  
Underlagt Strvesk 4  
Divres
- Strgrp 2  
Utrykningsstyrke omr Ås (0015)
- Strgrp 3  
Hindre fi overgang mellom Storbogen (2386) og Isesjøen (2774)
- MFAbn 13  
Støtte Brig 71 og Brig 72

3) Transportene til operasjonsområdet ble ledet av divko på Hamar gjennom KR 1 og 4.

b) Fase 1

Kalk fase 1 viser situasjonen med alle avder på plass i utgangsstilling. Brukp og helikopterskv under div kdo. Deler av Brig 73 er fortsatt i omr Ski–Enebakk, men skal forflyttes fram til Brig omr. Angrepet er ikke startet.

c) Fase 2

Kalk fase 2 viser situasjonen ca TO døgn senere. Divisjonens opsområde er utvidet i Øst. Brig 71 har løst sitt oppdrag og er divres.

Brig 72 er i angrep sydover Onsøy (FAbn/Brig 73 er tilbakeført Brig 73).

Brig 73—underlagt Strgrp 3—har fått i oppdrag å stanse fi utbrytningsforsøk i Øst (mellom Halden og Sarpsborg). Noen av brigadens forsyningsavder har ennå ikke flyttet fram.

Strgrp 2 er ført fram til omr Våler (0596).

Divsj kdogrp flyttet til Rygge.

## JOBB: TAKTISK TELEKOMMUNIKASJONSSYSTEM FOR HÆREN ETTER 1980

Arbeidsplan under akt A (se fremdriftsplan, appendiks 2)

Arbeidsinnsats: 6 mannuker

Man må ta for seg en konkret konstruert geografisk krigssituasjon der et visst antall mobile enheter underlagt Divko og Brigko opererer. En aktuell situasjon kan være forsvaret av Østlandet med f eks en divisjonskommando i Østfold og en i Vestfold. Det vil

være en fordel å velge landsdeler der det allerede foreligger data av forsvarsmessig betydning fra krigsspill, tidligere øvelser etc. I dette geografiske området må man gi et enkelt, men samtidig mest mulig fullstendig bilde av enhetenes gruppering, størrelse og antall, oppbygging, taktikk, mobilitet, krav til kommunikasjon etc. Herunder må man få vite bl a:

**For brigaden:**

- 1) Brigadens enkelte enheter
- 2) Deres størrelse—antall mann og våpen
- 3) Innbyrdes gruppering i "utgangsstillingen" med angivelse vanlige avstander og hvordan enhetene forlegges i terrenget
- 4) Mobilitet—herunder forflytningenes hyppighet, marsjberedskap, hastighet, kjøretøyer som disponeres og utstyr som skal medbringes, fremkommelighet på/utenfor vei etc
- 5) Spesielle taktiske hensyn og krav ved ulike former for strid, forskjellige årstider, forsvars- og angrepstaktikk etc
- 6) Sambandsbehov (skal ikke virke taktisk begrensende):
  - a) Mellom hvilke enheter vil man ha behov for informasjonsutveksling?
  - b) Hvilke typer av sambandsbehov—samband for stridsledelse, fly- og ildstøttesamband, etterretningssamband etc—vil det være snakk om mellom de enkelte enheter i brigaden?
  - c) Hvordan kan informasjonen best tenkes overført (tale, fjernskriver, digitale data/meldinger, faksimile)?
  - d) Angivelse av de mengder av informasjon (data) som man forventer bør kunne overføres over de enkelte informasjonsveier. Her må det legges stor vekt på entydighet i de enheter som benyttes for den kvantitative angivelse av sambandsbehov. Definisjoner av antall meldinger pr døgn, antall samtaler, antall tegn, antall erlang o s v.

**For divisjonen:**

- 1) Hvordan er divisjonens oppbygning—vil det kun bli en stab?
- 2) I så fall hvordan tenkes Divko å operere?
- 3) Hvilke sambandsbehov vil man her få—mellom hvilke punkter, typer av sambandsbehov, hvordan bør informasjonen overføres og presenteres og hvilke mengder av informasjon/data skal overføres?

Det er viktig at man ser relativt ukonvensjonelt på sambandsbehovet og hele tiden under arbeidet har 1980–90 årene for øye. Man er innforstått med at på en rekke punkter—f eks i forbindelse med Divko—er det nødvendig å foreta et beste estimat for å komme videre. Det vil bli nødvendig med regelmessige møter i arbeidsperioden mellom HSBSØs saksbehandlere og FFL. I tillegg har ob ltn T A Aas og ob B Rørholt sagt seg villig til å delta i og støtte tilretteleggingen av møter som hjelp i arbeidet.

Da HSBSØs saksbehandlere senere kan være vanskelig tilgjengelig p g a andre arbeidsoppgaver, vil man ønske en så god og fyldig skriftlig dokumentasjon som mulig.

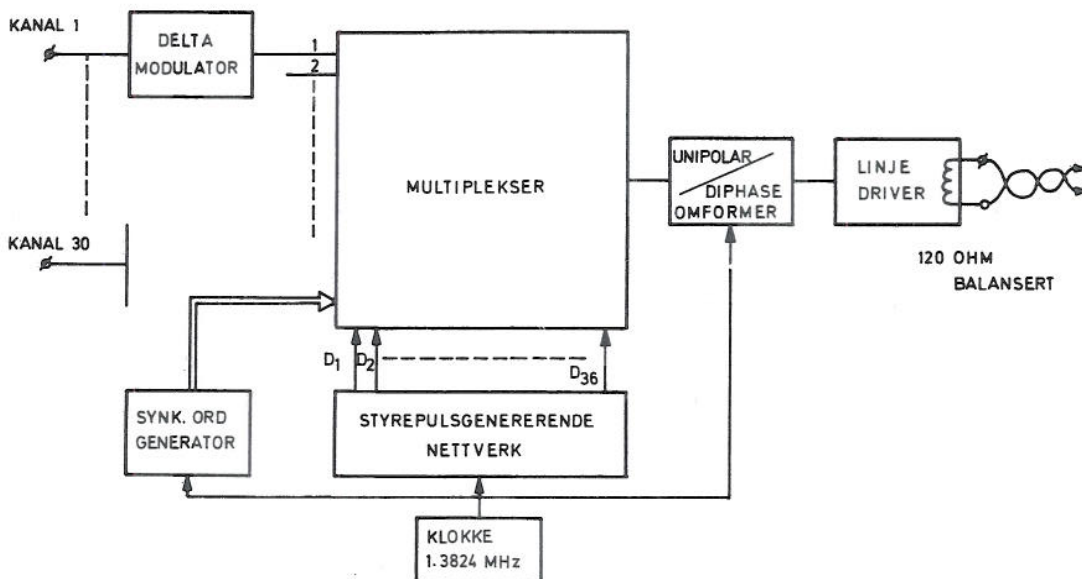
## APPENDIKS 5

## DELTAMODULASJONSMULTIPLEKSER FOR 30 KANALER

Utstyret forutsettes bygget slik at multiplekser/demultiplekser, klokke og styrepulsnettverk er fullt utbygget for å ta 30 talekanaler. For at kvaliteten skal bli tilfredsstillende forutsettes en hastighet pr kanal på 38,4 kbit/s. En antar at det er behov for 6 kanaler for signalering og synkronisering. Bithastighet på linjesiden blir da  $38,4 \cdot 36 \text{ kbit/s} = 1,3824 \text{ Mbit/s}$ . Dersom utstyret bygges (modifiseres) for andre kanaltall enn 30 (færre kanaler), forutsettes at en beholder rammestruktur og bithastighet på linjesiden (1,3824 Mbit/s).

## A5.1 Multiplekser

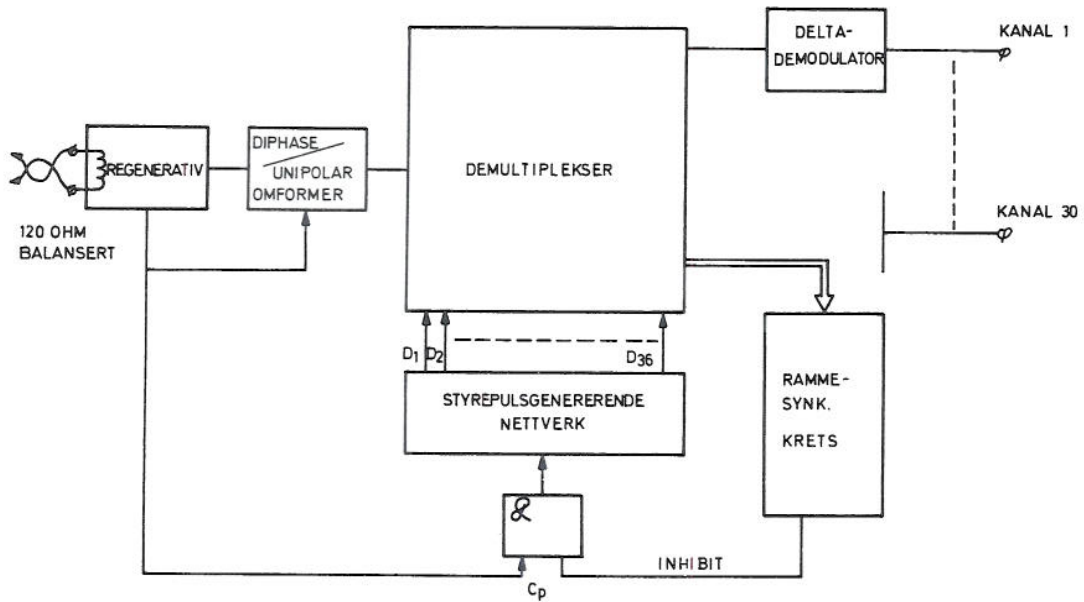
Multiplekserens funksjonsmessig oppbygging er vist på figur A5.1. Kanaluavhengige funksjoner blir med de forutsetninger som er gjort: Multiplekser, synk ord generator, styrepulsnettverk, klokke, unipolar/diphase omformer og linjedriver. Avhengig av det ønskede kanaltall forsynes multiplekseren med det nødvendige antall deltamodulatorer.



Figur A5.1 Multiplekser

## A5.2 Demultiplekser

Demultiplekserens funksjonsmessige oppbygging er vist på figur A5.2. Alle viste funksjoner, unntatt deltademodulator, er kanaluavhengige. Avhengig av det ønskede kanaltall forsynes demultiplekseren med det nødvendig antall deltademodulatorer.



Figur A5.2 Demultiplekser

### A5.3 Kompleksitet

Kompleksiteten skal her vurderes med antall pakker (standard integrerte kretser) som mål. Pakkefordelingen på de enkelte funksjoner er vist i tabell A5.1.

Funksjon	Pakketall
Multiplekser	9
Synk ord generator	4
Styrepulsnettverk	16
Klokke	2
Unipolar/diphase omformer	3
Linjedriver	1
Demultiplekser	42
Styrepulsnettverk	16
Regenerator	7
Diphase/unipolar con	3
Rammesynk krets	10
Deltamodem	16

Tabell A5.1 Utstyrskompleksitet for deltamultiplekser

For de kanaluavhengige funksjoner får en til sammen 113 pakker pr terminal. Dersom det ønskede kanaltall er x, blir det totale pakketall

$$N = 113 + 16 \cdot x$$

### A5.4 Pris

Dersom man for standardpakker antar en pris på ca 15 kr pr pakke skulle komponentpris bli ca

$$p = (1700 + 240 \cdot x) \text{ kr}$$

En komplett 30 kanal terminal skulle således i komponenter koste størrelsesorden 10 000 kr.

#### A5.5 Effektforbruk

Effektforbruket vil være avhengig av den type teknologi som benyttes. Dersom en forutsetter laveffekt TTL, bruker disse typisk 20 mW pr pakke. Effektforbruk skulle således bli ca

$$P = (2,26 + 0,32 \cdot x) \text{ W}$$

En komplett 30 kanal terminal vil få et effektforbruk av størrelsesorden 12 W.

#### A5.6 Volum (uhybridisert)

Dersom terminalen bygges på kort a 10x15 cm og en regner med en pakketetthet på typisk 15 pakker pr kort, vil antall kort bli størrelsesorden

$$k = 10 + x$$

En kan regne med en typisk avstand mellom kortene på 2,5 cm.

En komplett 30 kanal terminal vil ha ca 40 kort og vil få et volum på ca  $2,5 \cdot 40 \cdot 10 \cdot 15 \text{ cm}^3 = 15\,000 \text{ cm}^3 = 15 \text{ dm}^3$  (for eksempel 50x30x10 cm).

#### A5.7 Vekt

En "kasse" bygget av 5 mm aluminium med dimensjoner som nevnt i forrige avsnitt, vil veie ca 6,2 kg. Et komponentkort med holder antas å veie typisk 200 g. Dersom en regner ca 5 kg for eksterne kontakter, instrumenter etc, får en komplett terminal utbygd for 30 kanaler en vekt på størrelsesorden 17 kg.

## Litteratur

- (1) – Innstilling fra Utvalget for Forsvarets regionale ledelse, Utvalgets hovedstandpunkter, datert 26 juni 1969 (Hauge II)
- (2) Aass, T A – Sambandsanalyse for Hæren, FO/HST/SBINSPI (1971)
- (3) Rabinowitz, J – Propagation Study for PCM-FM Radio Relay Control (600–8000 MHz), Contract DA-36-039-SC-78160, RCA Report CR-59-419-3 (1959)
- (4) Clements, J et al – Tactical Downhill Radio Relay System, Contract DA-36-039-AMC-01013(E), RCA final report phase 1 (1963)
- (5) Nymoen, H – Digitale radiolinjer for nærsambandsnettet (stolpe link), Delrapport 3: Valg av frekvenser, Televerkets forskningsinstitutt (1971)
- (6) Gutteberg, O – Utbredelse av radiobølger over 12 GHz, Forslag til målinger, Televerkets forskningsinstitutt (1971)
- (7) Nymoen, H – Digitale radiolinjesystemer for frekvenser mellom 12 og 200 GHz—En oversikt basert på studiebidrag til CCIRs "Special Joint Meeting" i Geneve, Televerkets forskningsinstitutt (1971)
- (8) Lindahl, A S – Anvendelse av datamaskin for styring av telefonsentraler, Licensiatgradavhandling, Norges tekniske høyskole (1971)
- (9) Okumura, Y – Field Strength and its Variability in VHF and UHF Landmobile Radio Service, Electrical Com Lab Rev 16, 9–10 (1968)
- (10) – Radio Techniques, Part 2, NATO, Addendum to Working Paper AC/225/P8/SP1 WP/9, UK (1968)
- (11) – The Battlefield Radio Network, a German SCR-network, NATO AC/225/P8/SP1 Brussel (1972)
- (12) Fischer, K – Command Post Radio Network, an Extension of the Autokonetwork, NATO AC/225/P8/SP1, Germany (1972)
- (13) – Methods to Decrease the Jamming Susceptibility of Radio Communication Systems, NATO, AC/225/P6/D134, AC/225/P8/D56 (1972)

- (14) – Radio Techniques, Part 1, NATO AC/225/P8/SP1/WP9, UK (1968)
- (15) Ikegani, F – Mobile Radio Communications in Japan, IEEE Trans on Com 20, 40 (1972)
- (16) Hubbard, W M – The Effect of Intersymbol Interference on Error Rate in Binary Differentially Coherent Phase-Shift-Keyed Systems, BSTJ 46, 6 (1967)
- (17) Clark, R H – A Statistical Theory of Mobile-Radio Reception, BSTJ 47, 6 (1968)
- (18) Fagot, J  
P Magne – Frequency Modulation Theory, International Series of Monographs on Electronics and Instrumentation, Pergamon Press LTD, London (1961)
- (19) – On Operational Aspects of Single Channel Radio Access, NATO AC/225/P8/SP1/WP80, UK (1971)
- (20) Rosenbaum, A S – PSK Error Performance with Gaussian Noise and Interference, BSTJ 48, 2 (1969)
- (21) Prabhu, U K – Error Rate Considerations for Coherent Phase-Shift-Keyed Systems with Co-channel Interference, BSTJ 48, 3 (1969)
- (22) – Recommendations for NATO Interfaces between the National Telecommunications Systems of the Combat Zone and between these Systems and the NATO Integrated Communications Systems (NICS), NATO, AC/225/P8/SP1/D20, AC/225/D246, AC/225/P8/D55 (1972)
- (23) Standal, B et al – Utvikling av transportabelt SHF Radiolinjsett, Del A: "Feasibility" studie, Teknisk rapport, Nera Bergen A/S (1966)

I forbindelse med jobb 264 ble det utført forsøk med overføring av deltamodulasjon på radiosettet AN/PRC-77. Dette delprosjektet vil av konstruktør H Olaisen bli dokumentert separat i et teknisk notat med tittelen: Delta-sigma-modulasjonsutstyr for bruk i bærbare radiostasjoner.

Det er foretatt en detaljert utredning av en 5-kanal deltamultiplekser for bruk i punkt-til-punkt samband. Denne er ikke vedlagt, men har følgende referanse: Teknisk notat E-518, 5-kanal digital multiplekser, av Øistein Grønlie (13 feb 73).