

# NSB- teknikk

4  
1976

Teknisk informasjon fra Norges Statsbaner





## Bru over Kjeosen og bru over Mandalselva, begge på Sørlandsbanen.

Hvelvbruer av stein er det bygget mange av ved NSB, fra de aller minste og opp til bruer med spennvidde på over 60 meter. Men fra slutten av 1920-årene ble de fortrengt av betongbruerne. Kunsten å bygge en større steinhvelvbru er det i dag neppe noen som behersker. Vi vil imidlertid i lang tid fremover kunne

se og beundre de bruer som er bygget, varige og gode byggverk som de er.

Et av de siste store steinhvelv som ble bygget ved NSB, er bru over Kjeosen ved Drangedal, vist på øverste bilde. Den ble bygget i 1927 og har et hovedspenn på 42 meter.

I 1941 var byggingen av Sør-

landsbanen kommet så langt at man skulle bygge bru over Mandalselven. Brustedet passer godt for en hvelvbru. Det kunne ikke lenger være tale om et steinhvelv, og brua ble bygget som en hvelvbru i armert betong, med et hovedspenn på 52 meter (nederste bilde).

Informasjonsblad  
for Norges Statsbaner

Årgang 2, 1976  
Nr. 4

Utgiver:  
Norges Statsbaner  
Hovedadministrasjonen  
Storgt. 33  
Oslo 1

Telefon: (02) 20 95 50.



Redaksjonsutvalg:  
P. Bøyum (formann)  
O. Evenmo  
K. Igelkjøn  
H. Karlsson  
I. Rustad  
S. Tennebø.

Sats, repro og trykk:  
Grøndahl & Søn Trykkeri A.s.

Opplag: 3.000  
Ettertrykk tillatt når kilde opp-  
gis.

Omslagsbilde:  
Anleggsområdet for Oslo  
sentralstasjon desember  
1976.  
(Foto: K. Høglo).

## Innhold

UDC 625. 1 : 656. 21(481.13)

**Gardsjord, Svein: Planlegging av stasjonsanlegget for Oslo Sentralstasjon. (Planning of the station facilities for the Oslo Central Station.)** s. 74

In connection with the new east-west railway tunnel through Oslo a new station is now being built in the vicinity of the present Oslo East Station. The article describes the station track layout and its use. Layout consists of 19 lines, 12 with through connection to the tunnel and 7 dead-end lines.

UDC 621. 335. 2.077. 65 : 621. 382.233

**Kloster, Sverre: Thyristor trekkaggregater. (Thyristor tractive units.)** s. 79

NSB has now 49 thyristor motor train units in operation and 6 thyristor locomotives on order. The article describes the difference in principle between thyristor locomotives and conventional ones. The advantages and disadvantages of thyristor control on railway vehicles are briefly discussed.

UDC 629. 4.015

**Haugen, Finn G.: Beregning av kvasistatiske sidekrefter som opptrer mellom hjul og skinne i kurver. (Calculation of quasistatic lateral forces acting between wheel and rail on curved track.)** s. 82

A nonlinear, quasistatic method for calculating forces acting between wheel and rail on curved track is developed by NSB. The method which is based on use of a digital computer, is developed for vehicles with two- and three-axled bogies with cross-connection. The following parameters can be nonlinear: effective conicity, angle of contact between wheel and rail, friction as a function of creepage between wheel and rail, and lateral stiffness of cross-connection between bogies. The method was checked against representative experiments and the results were found to be satisfying.

**Asland, Olav: Forbindelsestunnel øst-vest gjennom Oslo: Frysestabilisering av løsmasser**

**Bøyum, Per: Progressive bærefjærer for godsvogner** s. 89

**Nortvedt, Erling og L. S. Pran: Ny europeisk standard personvogn** s. 91

**Nytt fra ORE, UIC m. v.** s. 94

**Diverse** s. 95

**Lokserien. Ansvarlig: A.-M. Waaler** Omslagets s. 3 og 4

# Planlegging av stasjonsanlegget for Oslo Sentralstasjon

Av overingeniør Svein Gardsjord

I forbindelse med ny jernbanetunnel øst-vest gjennom Oslo bygges også nytt stasjonsanlegg i nærheten av Oslo Østbanestasjon. Stasjonsanlegget består av sporanlegg og stasjonsbygning. Bygningsanlegget vil bli behandlet i egen artikkel i NSB-Teknikk senere.

Forberedende arbeider for sporanlegget ble igangsatt i 1973 etter at detaljerte planer for tunnel øst-vest og deler av stasjonsanlegget var vedtatt i samsvar med St.prp. nr. 105 (1970-71). Hele sporanlegget ble senere fremlagt og godkjent i samsvar med St.prp. nr. 87 (1973-74).

Da drøftingene om bygging av en Sentralstasjon i Oslo begynte å få mer konkret innhold rundt 1960, manifesterte det seg et klart ønske om også å satse på nærtrafikken i Oslo-området. Dette var medbestemmende for valg av tunneltrasé med mulighet for to stasjoner i tunnelen, Abelhaugen og Frogner. Innstillingen fra Nærtrafikk-komiteén for Oslo-området, avgitt i april 1971, anbefaler at jernbanen trekkes inn som et virkemiddel i transportpolitikken i Oslo-området.

Oversiktsskisse (fig. 1) viser det geografiske og trasé-messige grunnlag for sammenføring ved tunnel øst-vest av de fire baner som kommer inn mot Oslo. Hovedbanen, Gjøvikbanen og Østfoldbanen kan alle naturlig koples til tunnelen gjennom byen og få forbindelse til Drammenbanen. De østlige baner

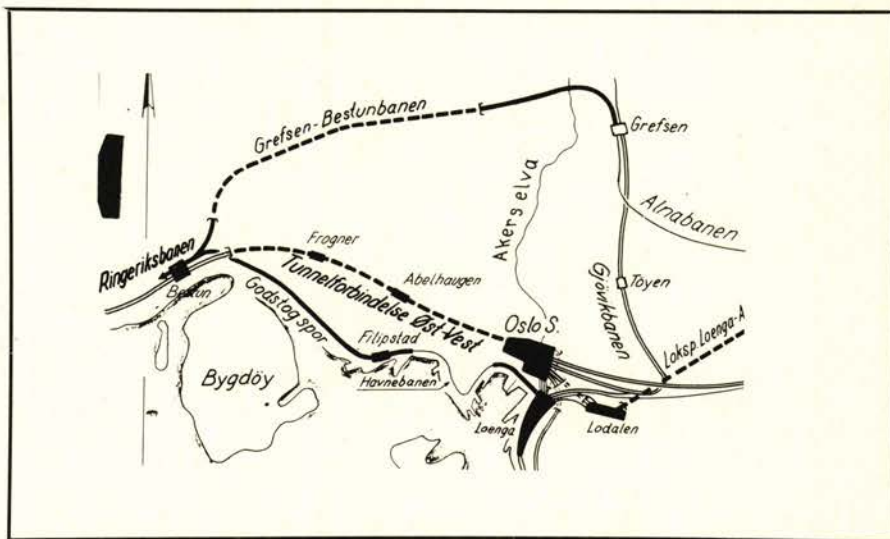


Fig. 1. Oversikt som viser hvordan tunnelen gjennom Oslo forbinder banene.

kan derimot ikke få direkte forbindelse innbyrdes. Det kan derfor ikke etableres en driftsmessig balansert pendeltrafikk.

Rutemodellen for nærtrafikken er lagt an etter pendeltrafikk over Oslo S. Bearbeidelsen har munnet ut i et ruteforslag (fig. 2) som går ut på at alle tog fra øst føres gjennom tunnelen. Dette stemmer best med de foreliggende trafikkoppgaver, og det vil gi en forenkling av driftsforholdene på Oslo S. Det vil særlig bety et bedre tilbud til trafikantene, idet prognosen viser at henimot halvparten av nærtrafikanter vil benytte

Abelhaugen stasjon. Det nevnte rutepolegg gir disse trafikantene mulighet for å komme til og fra Abelhaugen uten å bytte tog.

I rutemodellen for det fremtidige opplegg opereres med Bestun som endestasjon for en del ruter fra de østlige baner.

Fjern- og mellomdistansetraffikken forutsettes å ha ende- og utgangsstasjon på Oslo S.

Rutemodellen er foreløpig kun et teoretisk opplegg som et hjelpemiddel i planleggingen, og den danner grunnlag for drifts- og trafikkberegninger og sporbeleggsplaner. Spørsmålet om vognturnus, togoppstilling og vognbehandling behandles i forbindelse med et eget prosjekt, driftsbanegårdanlegg. Hoveddriftsbanegård for Oslo S er planlagt i Lodalen. Enkel vognbehandling og togoppstilling må også foregå på ytterstasjonene i pendeltrafikkregionen og, som ovenfor nevnt, på Bestun med forbindelse til Filipstad.

## Sporplanens hovedtrekk

Sporplanen (fig. 3 og 4) består av 19 spor, nr. 1-19, hvorav 12 spor, nr. 2-13, har gjennomgående forbindelse til tunnelen. I søndre sporområde er det 6 buttspor, nr. 14-19, og på nordsiden av gjennomgangssporene er det ett buttspor, nr. 1. Dessuten er det på nordsiden 2 postspor, P1 og P2, som går inn i jernbaneposthuset. På sydsiden av personstasjonen er det nåværende stykk-godsanlegg med forbindelse over



Svein Gardsjord er bygningsingeniør fra NTH 1940. Han var ansatt ved NSB's Brukontor 1940-44, i konsulent- og entreprenørfirma 1944-49, fra 1949 ved Nordlandsbanens anlegg Mosjøen-Mo, deretter i Drammen distrikt og fra 1963 som overingeniør i Hovedadministrasjonen. Fra 1970 har han vært ansatt ved Plankontoret for Oslo sentralstasjon som overingeniør og leder for stasjonsseksjonen.

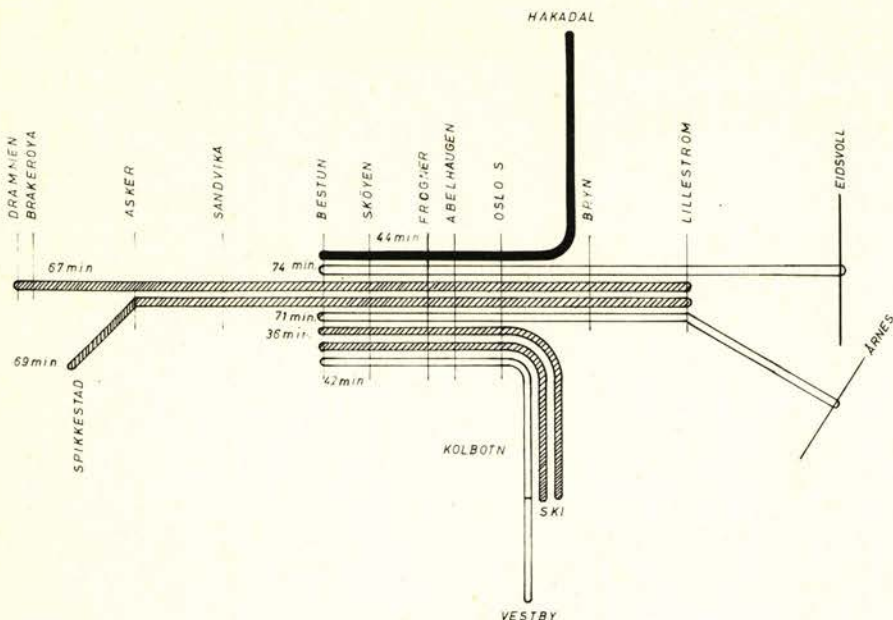


Fig. 2. Rutemodell for nærtrafikken som viser pendelkjøring over Oslo S og gjennom tunnelen.

Loenga, og på nordsiden er det forbindelse til gjenværende del av fri-lasteanlegget ved eksisterende tollbygning mot Schweigaardsgt. Likeså er den eksisterende forbindelse til Loenga fra nordre og søndre sporområde opprettholdt. Til Lodalen driftsbanegård etableres forbindelse både fra nordre og søndre område.

Fra tunnelen stiger sporene i tunneltrakten 25 ‰ opp mot de vestre plattformender. Langs plattformene ligger sporene i en stigning i retning videre østover på 2,5 ‰. Forbindelsen til Hovedbanen og Gjøvik-

banen (Bergensbanen) går i stigning østover, først på 20 ‰ og deretter på 25 ‰ opp Brynsbakken. Sporene 7, 8, 9 og 10 som aktes anvendt til nærtrafikken, forbindes til Østfoldbanen gjennom dobbeltsporet tunnel under sentrale deler av sporområdet. Fra østre ende av plattformene 7/8 og 9/10 faller disse forbindelsessporene med 35 ‰ og stiger igjen med 35 ‰ til Østfoldbanens spor i eksisterende tunnel under St. Halvards plass. De søndre buttspor som forutsettes benyttet for fjerntogene, har direkte forbindelse i sporområdets plan til

den samme tunnel for Østfoldbanen.

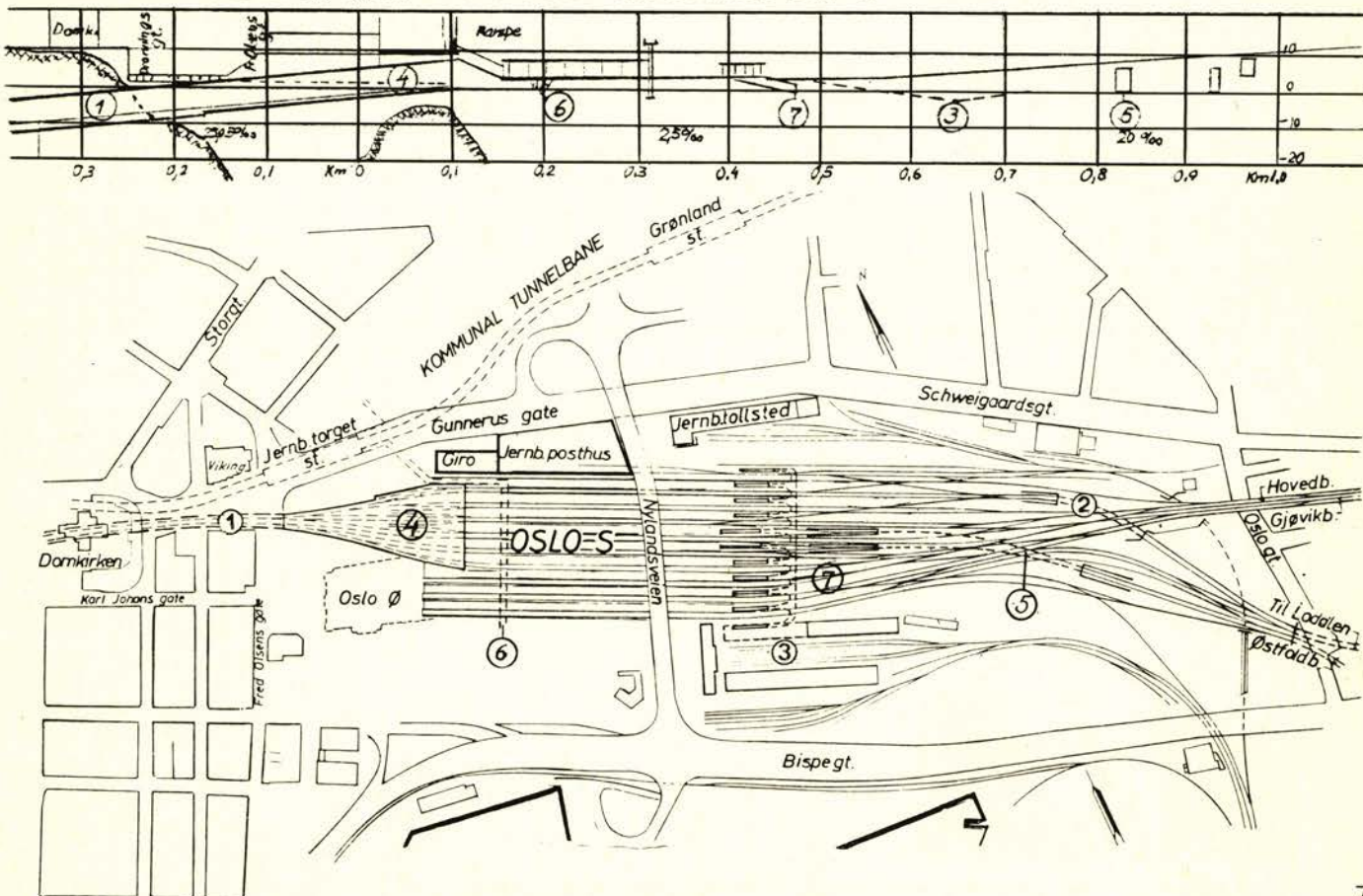
Spor til Lodalen driftsbanegård fra de nordre stasjonssporene føres i fall 13,5 ‰ i dobbeltsporet tunnel under hovedsporene i Brynsbakken og opp igjen i 36 ‰ for tilknytning til nåværende tunnel til Lodalen.

De normale togveier for nærtrafikk til og fra de østre baner har minste radius 500 m. Dette gjelder også for de fleste tilfeller hvor normale togveier ikke følges. De minste radier for inn- og utkjøring i stasjonens vestre ende er henholdsvis 500 og 700 m.

For hver bane og retning finnes én eller flere togveier for fjern- og mellomdistansetog med en minste ra-

Fig. 3. Sporplan for Oslo S med lengdeprofil.

1. Tunnel øst-vest
2. Tunnel for spor til Lodalen
3. Nåværende stykkgodsekspedisjon.
4. Tunnelinnføringen (trakta)
5. Tunnel for spor til Østfoldbanen.
6. Persontunnel.
7. Driftstunnel.



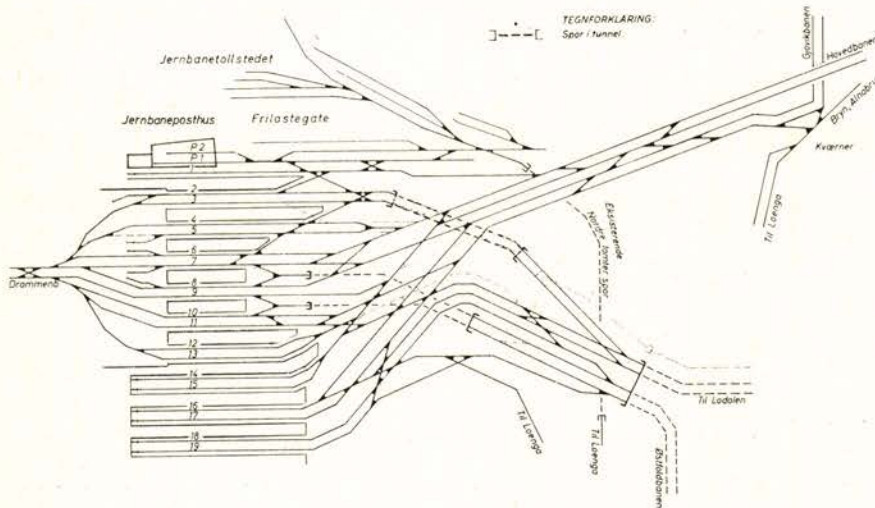


Fig. 4. Sporplanen for Oslo S skjematisk fremstilt.

dus av 400–500 m. I de søndre sporene til Østfoldbanen er det ikke mulig å unngå kurveradier på 250 m.

#### Spor- og plattformbruk

Sporene faller i tre hovedgrupper:  
Spor 1 – 6 for fjern- og mellomdistansetog.

Spor 7 – 10 for gjennomgående nærtrafikk.

Spor 11 – 19 for fjern- og mellomdistansetog.

Sporene 6 og 11 er dessuten forutsatt benyttet for gjennomgående godstog.

De enkelte spor er i hovedsak forutsatt disponert slik:

- Spor 1: Buttspor for ankomende fjerntog og mellomdistansetog fra Hovedbanen.
- Spor 2–3: Avgående fjerntog og mellomdistansetog til Drammenbanen.
- Spor 4–5: Ankomende fjerntog og mellomdistansetog fra Hovedbanen.
- Spor 6: Gjennomgående godstog mot vest og enkelte innsatstog i rushtiden.
- Spor 7–8: Gjennomgående nærtrafikk mot vest.
- Spor 9–10: Gjennomgående nærtrafikk mot øst.
- Spor 11: Gjennomgående godstog mot øst og enkelte innsatstog i rushtiden.
- Spor 12–13: Ankomende fjerntog og mellomdistansetog fra Drammenbanen.
- Spor 14–15: Buttspor for avgående fjerntog og mellomdistansetog til Hovedbanen.
- Spor 16–17: Buttspor for ankomende og avgående fjerntog og mellomdistansetog, Gjøvikbanen.

Spor 18–19: Buttspor for ankomende og avgående fjerntog og mellomdistansetog, Østfoldbanen.

Spor P<sub>1</sub>–P<sub>2</sub>: Spor til Jernbaneposthuset.

Med det viste arrangement vil man få den gjennomgående nærtrafikk konsentrert til plattformen 7/8 og plattformen 9/10.

Fjern- og mellomdistansetraffikken vil bli delt, slik at ankomende trafikk fra Hovedbanen og avgående trafikk til Drammenbanen benytter de nordligste plattformer, mens den øvrige trafikk i hovedsak kan konsentreres til stasjonens spor 13–19.

En oppdeling av fjerntrafikken som angitt, vil øke stasjonens kapasitet, idet antall kryssende togveier reduseres. På tider av døgnet hvor kapasiteten tillater det, vil det av hensyn til trafikantene være en fordel også å føre Hovedbanens ankomende fjern- og mellomdistansetraffikk inn til buttsstasjonen. Av samme grunn bør man overveie om det er trafikkmessig mulig å sette opp enkelte avgående fjern- og mellomdistansetog til Drammenbanen på spor 13.

#### Tunnelinnføringen (trakten)

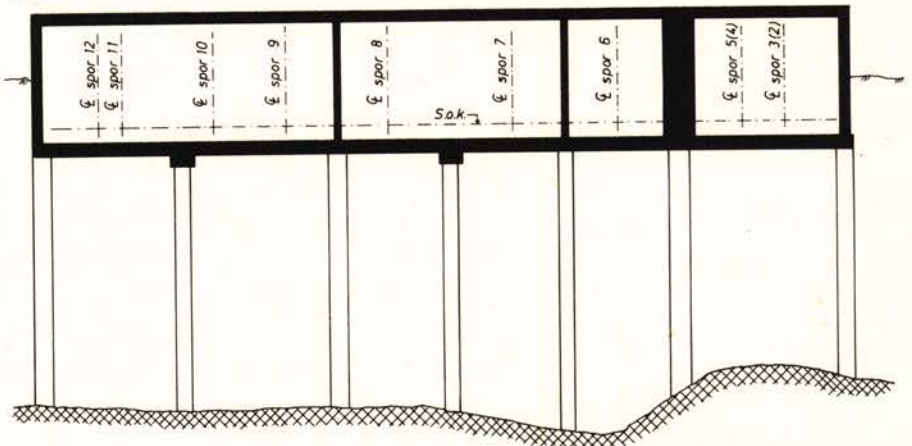
Tunnelens 2 spor grener ut i vifteform til de 12 stasjonssporene. Størstedelen av innføringsstrekningen utføres som en lukket betongramme (fig. 5) som en forlengelse av tunnelen. Taket på den lukkede ramme er på kote 9 ved dens østre ende. Dette blir golv i sentralhallen. Herfra går det ramper ned til vestre ende av plattformene på kote 3,7. (Se lengdeprofil på fig. 3.).

Tunneltrakten fundamenteres på borede pillarer til fjell. Dimensjonene varierer fra 80 cm diameter til 130 cm, og lengdene er opp til ca. 25 m. De utføres ved at det bores ned før mens det grabbes ut masser etter hvert. Ved foten meisles det ned i fjellet. Inni røret plasseres armering og det støpes under vann etterhvert som røret trekkes opp. Konstruksjonen er beregnet for toglast og stasjonens bygningsanlegg oppå trakten. Fjellet er alunskifer og det må benyttes sulfatresistent sement i den nederste del av pillarene. Fundamenteringen for rampene er på rammede betongpeler til fjell.

#### Plattformene

Plattformene er 9,3 m brede. De to nærtrafikkplattformene er 240 m lange. De andre plattformene er 420–450 m lange. For å redusere belastningen på grunnen er plattformene konstruert som kassetversnitt (fig. 6). De kan derved benyttes til ledningsføringer av alle slag. De er ikke fundamentert til fjell. Det er for-

Fig. 5. Eksempel på tverrsnitt av tunnelinnføringen.



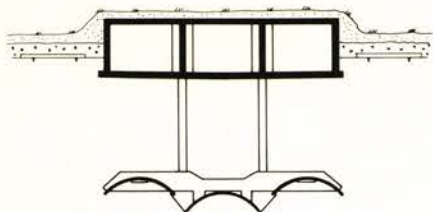


Fig. 6. Tverrsnitt gjennom plattform med tak.

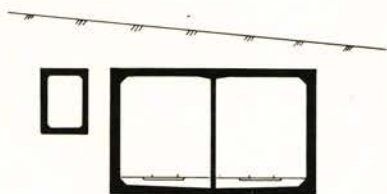


Fig. 7. Tverrsnitt som viser utførelsen av tunnel til Lodalen med gangbar kabelkanal.



Fig. 8. Tverrsnitt av tunnelforbindelsen til Østfoldbanen.

utsatt tak over plattformene vest for Nylandsveien. Konstruksjonen er den samme øst for Nylandsveien slik at det kan monteres tak her også hvis dette skulle være ønskelig.

#### Tunnel for spor til Lodalen

Sentralstasjonens sporanlegg må ha forbindelse til Lodalen driftsbane-gård både fra nordre og søndre spor-område. Fra søndre del er det direkte sporforbindelse, men fra nordre sporområde må spor til Lodalen krysse under Hovedbanens og Gjøvikbanens spor i Brynsbakken. Sporplanen forutsetter en dobbeltsporet tunnelforbindelse (fig. 7).

Denne tunnelen er bygget av Jernbaneanlegget i egen regi, og selve konstruksjonen var i hovedtrekk ferdig bygget i 1975. Konstruksjonstegninger og beregninger er utført av Baneavdelingens brukontor. Da tunnelen går under trafikerte hovedspor, er arbeidet utført ved å bygge tunnelen i to etapper med for-

skyvning av sporene. Konstruksjonen er ikke fundamentert på fjell, men ved oppfyllingen er det delvis brukt lette masser.

#### Tunnel for spor til Østfoldbanen

For at Østfoldbanens nærtrafikk tog skal komme til nærtrafikk-plattformene og videre til tunnelen øst-vest, må det etableres en tunnelforbindelse under en del av det sentrale sporområdet. Sporplanen forutsetter her to atskilte enkeltsporede tunneler som i østre ende går sammen i en dobbeltsporet tunnel (fig. 8). Detaljprosjektering av dette tunnelanlegg er ikke utført. Når denne tunnelbygging skal utføres, blir stasjonen delt (fig. 9). Nye spor på nordsiden må avvike trafikken på Hovedbanen og Gjøvikbanen, både fjern- og mellomdistansetrafikken og dessuten nærtrafikken gjennom tunnelen. De gamle spor på søndre del må avvike Østfoldbanens fjern- og mellomdistansetrafikk.

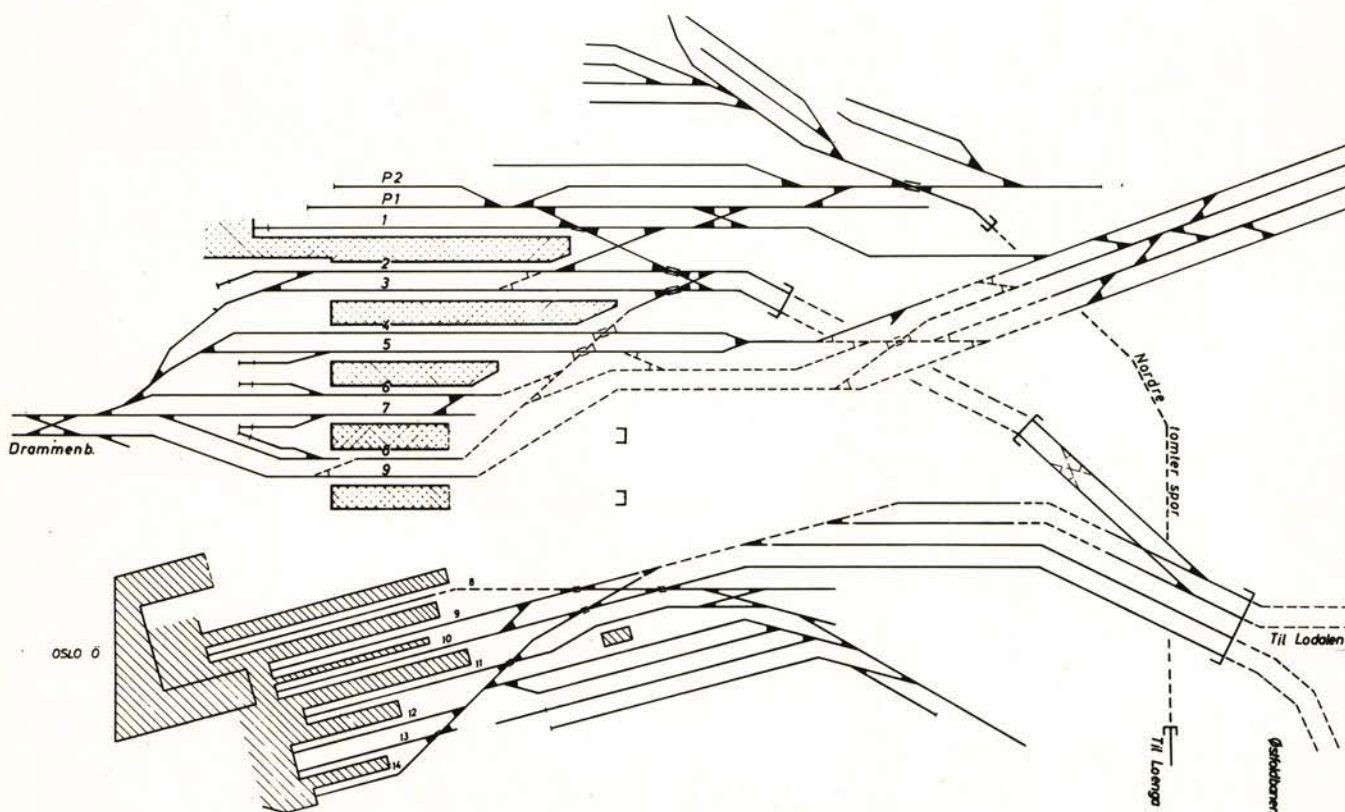
#### Persontunnel

Det er i prosjektet medtatt en fotgjengertunnel på tvers under sporene og plattformene ca. 40 m fra vestre ende av plattformene. Tunnelen har trappeforbindelse til alle plattformene (fig. 10). Den vil kunne benyttes som forbindelse til T-banestasjonen på Jernbanetorget hvis det her bygges en østre inngang. Dertil vil den være en fordel for overgangsreisende og som forbindelse for driftspersonalet. I de 2 nærtrafikk-plattformene er det dessuten plassert tilfluktsrom med plass til ca. 200 personer i hvert. Disse tilfluktsrom har adkomst fra persontunnelen.

#### Driftstunnel

For transport av reisegods og post samt for intern driftstrafikk er det planlagt en tverrgående driftstunnel

Fig. 9. Skjematiske sporplan ved bygging av tunnel for Østfoldbanen – stasjonen er delt.



under stasjonssporene med forbindelse til plattformene i ytre (østre) ende. Det forutsettes at reisegods, post og ekspressgods i størst mulig utstrekning henvises til vogner i østenden av toget. Derved reduseres ganglengden fra publikumshallen, samtidig som transport med traller og trucker kan unngås mest mulig på indre del av plattformen. Adkomsten til plattformene fra driftstunnelen går i rampe med stigning 1:12. Det bygges tak over rampene.

På nordsiden av sporområdet er

*Fig. 10. Persontunnel på tvers under plattformer og spor med trapp opp til plattformene.*

det rampe fra driftstunnelen med forbindelse til Jernbaneposthuset. På sydsiden av sporområdet er det rampe med forbindelse til stasjonsbygningen med reisegodsekspedisjon.

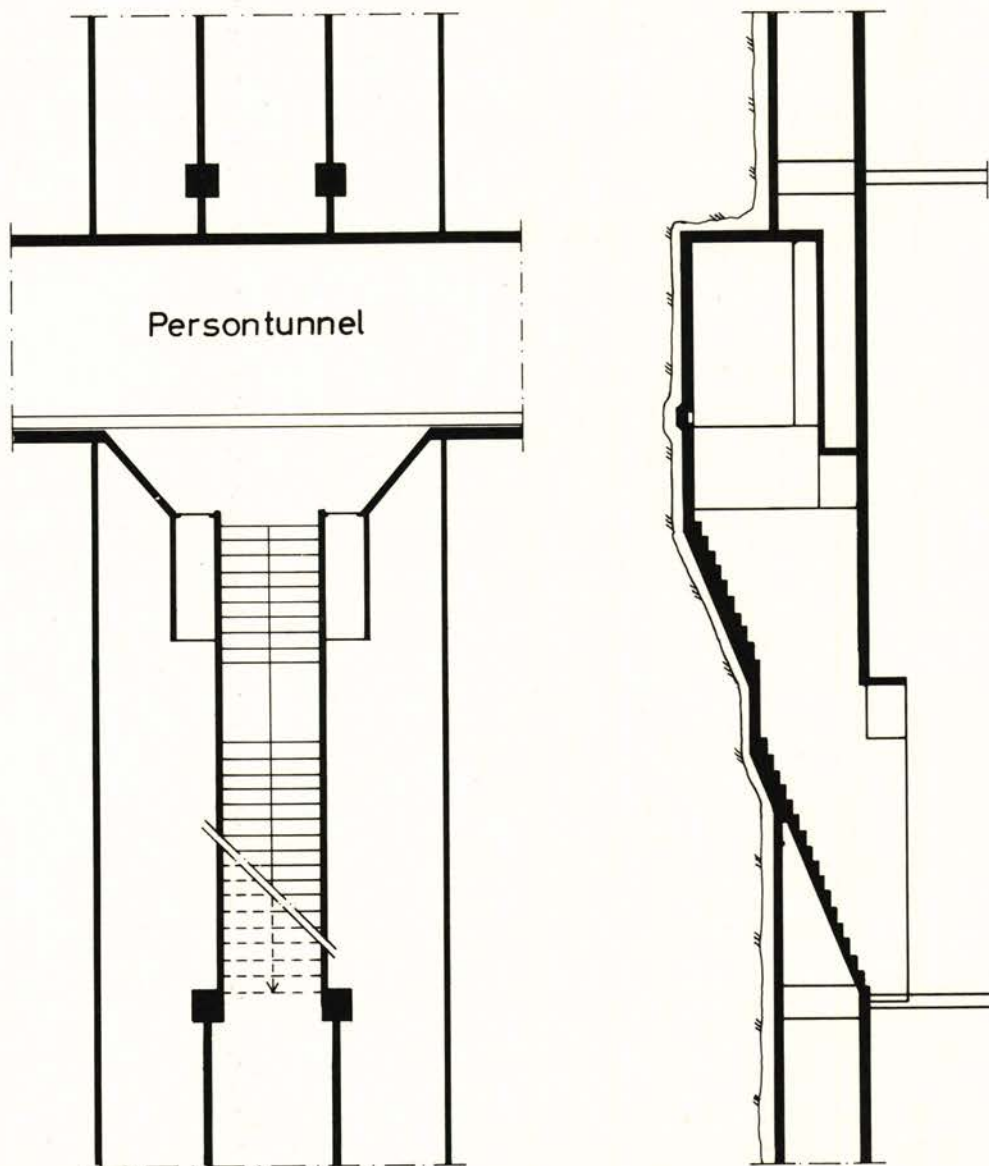
#### *Avslutning*

Plankontoret for Oslo Sentralstasjon har stått for planleggingen av sporanlegget. Som bygningsteknisk rådgiver er Ingeniørene Bonde & Co. engasjert når det gjelder tunnelinnføringen, driftstunnelen, persontunnelen og plattformene. Baneavdelingens brukontor har planlagt tunnel til

Lodalen, kabelkanal over sporområdet samt forsterkning av kulvert for Munkebekken. Hovedadministrasjonens geotekniske kontor har hatt ansvaret for grunnundersøkelsene. Jernbaneanlegget Oslo Sentralstasjon har stått for utførelsen. Tunnel til Lodalen, kabelkanal og kulvert for Munkebekken og diverse andre arbeider samt sporlegging er utført av Jernbaneanlegget i egen regi.

Tunnelinnføringen og de 3 plattformene som kan utføres i denne byggefasen er bortsatt til entreprenør.

De elektrotekniske arbeider er planlagt og utført ved Elektroavdelingen.





# Tyristortrekkaggregater

– en ny epoke på trekkraftens område

Av overingeniør Sverre Kloster

## Innledning

NSB har siden 1970 hatt i drift tyristormotorvogner type BM 69 og har nylig bestilt 6 tyristorlok type EI 16. Enkelte vil kanskje stusse over betegnelsen tyristoraggregater, idet det jo hele tiden er tale om et elektrisk trekkaggregat. Men innføringen av tyristorteknikk på traksjonsmateriell innebærer teknisk sett så mye nytt at en kan si at det innledes en helt ny epoke på traksjonsteknikkens område. Omstillingen fra konvensjonelle elektriske aggregater til tyristorteknikken er i mange henseender like stor, teknisk sett, som overgangen fra damplok til elektrisk lok. Men overgangen denne gang virker utad ikke så dramatisk, fordi endringene ikke kan sees utenfra på aggregatet.

Da en ofte får spørsmål om hva begrepet tyristorteknikk på trekkaggregater innebærer, vil en forsøke å informere litt generelt om fordeler og ulemper ved den nye teknikk. Det vil her dog føre for langt å gå noe særlig inn på teknikken. En mere detaljert beskrivelse av BM 69 og EI 16 vil bli presentert i egne artikkeler.

Tyristorteknikken er basert på utviklingen av de såkalte halvleder-elementene, f.eks. dioder, transistorer, tyristorer, fig. 1.

Den tekniske anvendelse av disse komponentene for sterkstrøm på trekkaggregater startet i større skala for 10–15 år siden og får nå av teknisk/økonomiske grunner en stadig

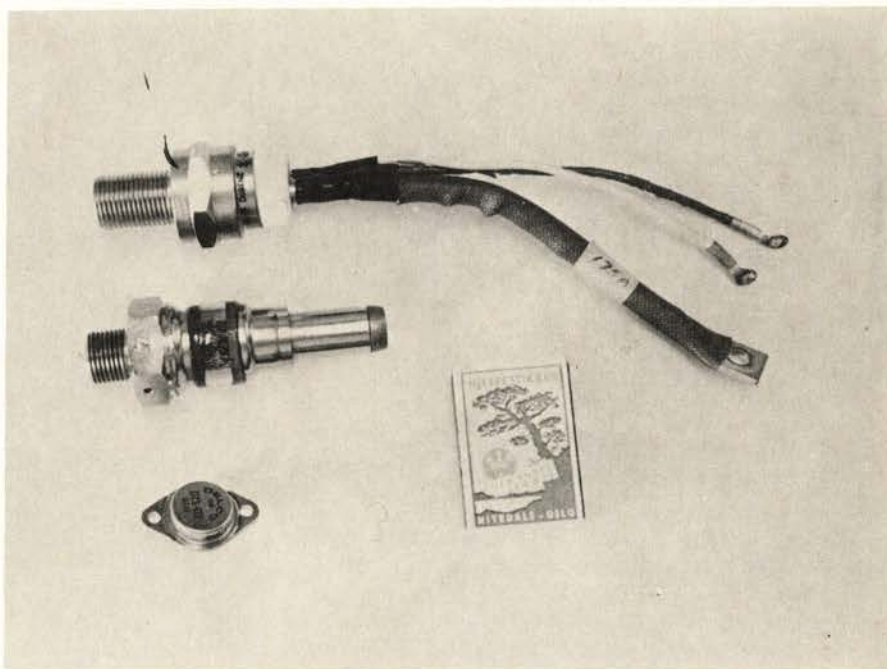


Fig. 1 Eksempel på halvlederelementer. Fra venstre: Tyristor, diode, transistor.

større utbredelse i forskjellige land. At utbredelsen ikke har gått enda raskere, skyldes at tyristorteknikken også drar med seg ulemper, først og fremst på faste elektriske anlegg. Dette skal vi komme tilbake til.

Halvlederelementene er mekanisk robuste, noe som er en forutsetning for å nyttes på rullende materiell. Vi

har fått komponenter både for store strømmer og relativt høye spenninger – nødvendig i motorkrets – og mere svakstrømspreget utstyr for regulering, vern og overvåking. Sistnevnte utstyr benevnes som elektronisk utstyr og monteres ofte i spesielle bokser, fig. 2. Halvleder-komponentene trenger seg stadig inn på nye felter, og erstatter også ofte mere tradisjonelt utstyr av elektrisk eller mekanisk art.

Tyristortrekkaggregater har store fordeler i forhold til konvensjonelle trekkaggregater for 16 $\frac{2}{3}$  Hz-nett p.g.a.:

- enkle, robuste likestrømsmotorer
- trinnløs igangsetting
- bedre adhesjonsutnyttelse hjul/skinne
- mindre vedlikehold

Som nevnt, nyttes likestrømsmotor – eller litt mere korrekt, bølgestrømsmotorer – på tyristormateriell. Da strømtilførselen til loket er vekselstrøm, må det foregå en likeretting av strømmen. Strømmer på 8–10 tusen amp., likerettes i en såkalt strømretter som er bygd opp av dioder og tyristorer. Samtidig kan en ved hjelp av tyristorer også regulere spenningen og derved motorstrøm og trekraft til aggregatet. Strømretteren på BM 69 er bygd opp av til sammen 108 elementer, fig. 3.



Sverre Kloster er elektroingeniør fra NTH i 1956. Etter 2 års ansettelse ved installasjonsbedrift ble han i 1958 ansatt ved NSB på Elektroavdelingens kontor for trekkraftmateriell. Fra 1970 overingeniør og seksjonsleder for Elektroavdelingens seksjon for rullende materiell.

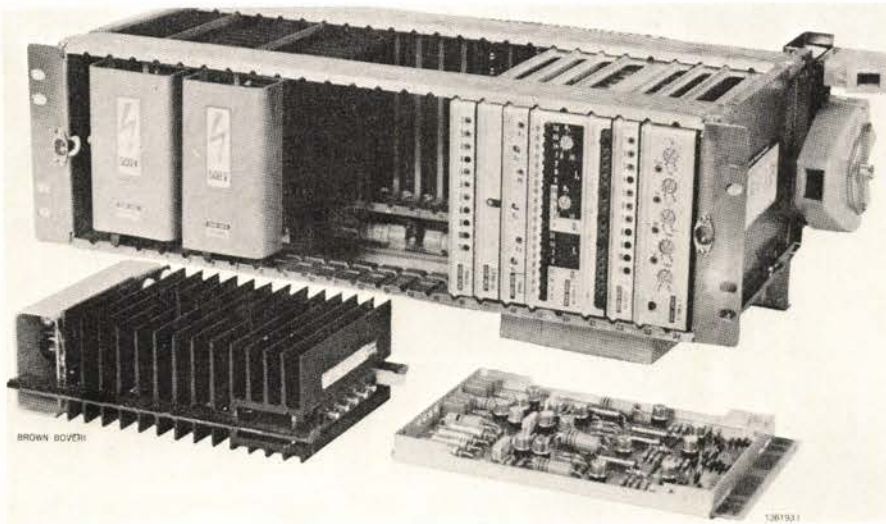


Fig. 2 Eksempel på oppbygging av elektronisk utstyr. Print til høyre og part til venstre, monteres sammen i etasjer.

På fig. 4 er vist meget forenklet hvordan spenningsreguleringen kan foregå til traksjonsmotorer ved forskjellige metoder på baner drevet med vekselstrøm.

På fig. 4 a tas spenningen til motoren fra en transformator med flere uttak. Dette prinsipp nyttes på alle eldre aggregater. Motoren tilføres vekselspenning som økes trinnvis v.h.a. mekanisk trinnkopler.

På fig. 4 b er det koplet inn en likeretterbro mellom transformator og motor (diodelok). Dette prinsipp nyttes på El. 15. Motoren tilføres pulserende likespenning, men spenningen økes også her i trinn ved hjelp av en trinnkopler.

På fig. 4 c er det et fast spenningsuttak på transformatoren. Reguleringen av spenningen til motorene foregår her ved hjelp av tyristorene. Likeretningen av motorstrømmen skjer såvel i tyristorene som i diodene (respektive nedre og øvre brogren). Dette prinsipp nyttes på BM 69 og El. 16. Motorene tilføres likespenning som kan økes kontinuerlig ved tyristorene.

Tyristorene kan styres/tennes til å gjøre et utsnitt av spenningskurven ved hjelp av «elektronisk utstyr». (Er ikke vist på fig.).

Tallene 1, 2 og 3 angir 3 forskjellige spenningstrinn. Den tid-spenningsflate som en tidligere fikk fram ved

- a. amplitydestyring, fås ved
- c. tyristorstyring ved at det gjøres utsnitt (tysk – Anschnittsteuerung) på en fast påtrykt spenning fra transformatoren.

Den strømmen en får i motorstrømkretsen i figuren, vil være pulserende likestrøm. Strømmen blir – av hensyn til motoren – «glattet» ved hjelp av spesielt utstyr.

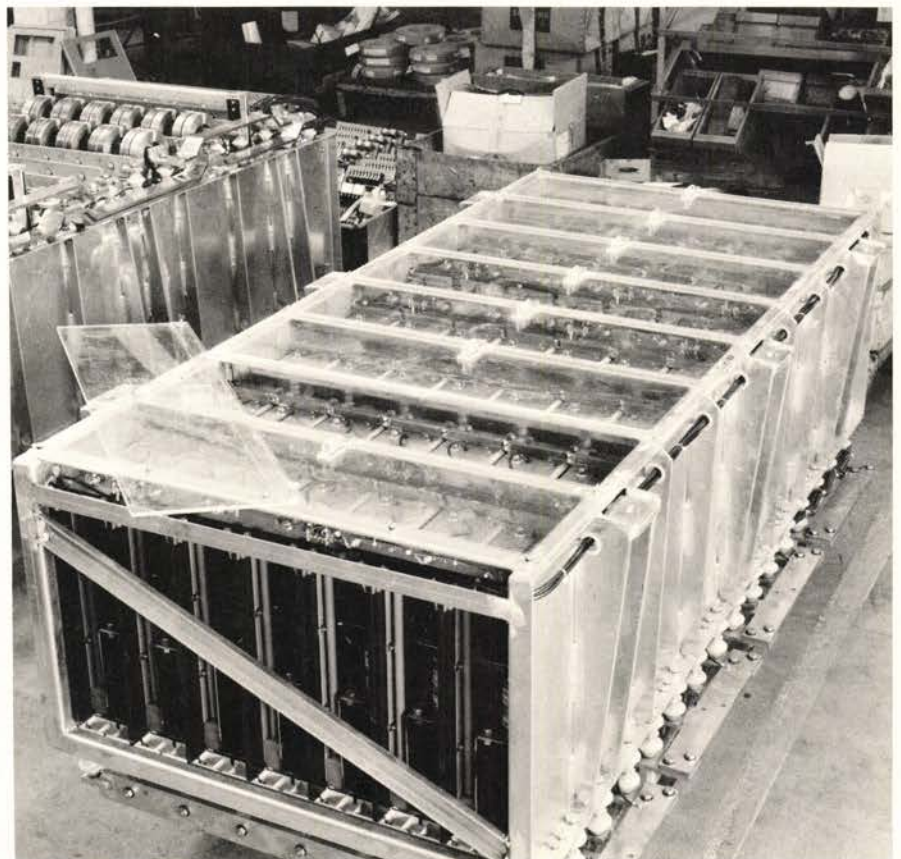
Det en har oppnådd ved denne løsning er:

- Motorene er likestrømsmotorer som er mindre og betydelig mere

robuste enn vekselstrømsmotoren med samme ytelse, fig. 5. Det kan nevnes at det var problemer med vekselstrømsmotorene som var den vesentligste grunn til at det ble valgt 16 $\frac{2}{3}$  Hz og ikke 50 Hz på kontaktledningssystemet ved NSB og andre forvaltninger som elektrifiserte før praktisk brukbart likeretterutstyr for traksjonsmotorer kunne skaffes.

- Man har unngått en mekanisk, ofte komplisert, trinnkopler og fått

Fig. 3 Strømretter på BM 69. Halvleder-elementer med diverse hjelpeutstyr bygges sammen til byggeklosser som igjen settes sammen til en strømretter. Strømretteren kjøles forsert med luft.



en statisk komponent, strømretter, som gir en kontinuerlig og derved rykkfri igangsettelse.

#### Ytelse og adhesjonsutnyttelse

I mange år har det vært slik at en ofte har fått en begrensning av et lokets trekkeevne p.g.a. adhesjonsutnyttelsen, d.v.s. at loket under vanskelige føreforhold ikke greier å overføre den trekraft som det kan produsere uten at hjulene slirer. Nå har utviklingen også ført med seg at stadig større motor-ytelser kan bygges inn på en gitt vekt. Ved likestrømsmotorer er økningen størst, da motorene som nevnt er betydelig mindre enn vekselstrømsmotor med samme ytelse.

Etter hvert som det kan bygges inn større ytelse og trekraft på et lokomotiv, er det derfor avgjørende at trekraften kan overføres til dragkroken uten at hjulene slirer.

Forholdet illustreres kanskje bedre ved en liten sammenstilling:

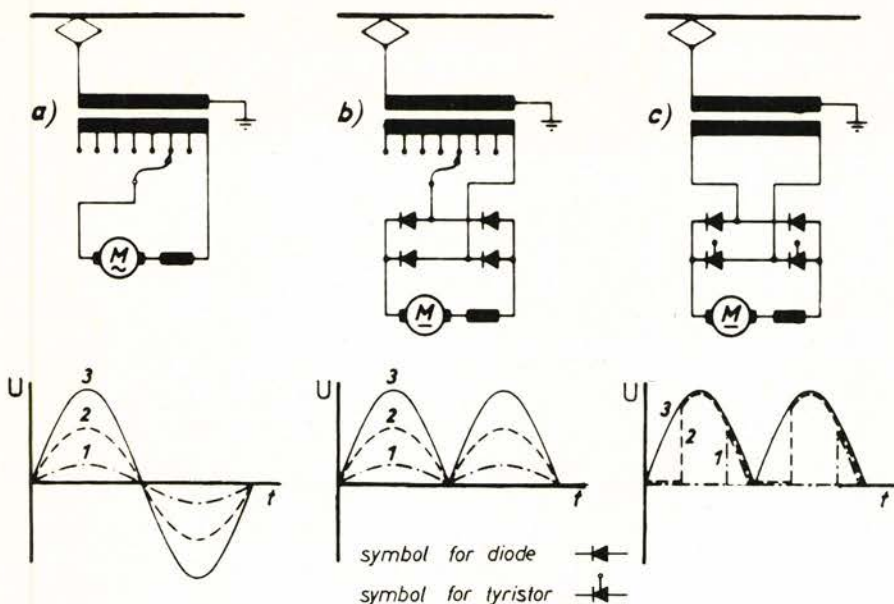


Fig. 4 Forenklet skjema for spenningsregulering ved:

a. Vekselstrømsmotorer. b. Likeretting og likestrømsmotorer. c. Tyristorregulering og likestrømsmotorer.

	El 13	El 14	El 16
Vekt, tonn	72	105	80
Trekraft, kontinuerlig Mp	12,9	21,5	20,9
Adhesjonsutnyttelse	18%	20%	26%

Adhesjonsutnyttelsen er forholdet mellom trekraft/lok vekt. Vi ser altså at El. 16 må kunne «utnytte» adhesjonen 40–50% bedre enn eldre lok, f.eks. El. 13. Dette er meget vanskelig å få til i praksis, og lokomotivbyggere har gjennom en årrekke forsøkt å løse dette best mulig både ved mekaniske og elektriske midler. Den nye halvlederteknikken vil gi et vesentlig bidrag til å øke adhesjonsutnyttelsen av flere årsaker. De viktigste er:

1. Trinnløs oppregulering av trekraften.
2. Lettere individuell regulering av motorene. Hver aksel kan lettere utnytte trekraften den har «adhesjon» til.
3. Mere hensiktsmessig – steilere – trekraftkarakteristikk d.v.s. rasere avtakende trekraft ved sliring. Dette gjør at drivmotorene bare korttid og i mindre grad mister trekraft.
4. Mindre pulsasjoner i dreiemomentet – p.g.a. likestrømmen – og derved mindre svingninger i mekanisk overføring fra motor til hjul.
5. Ved hjelp av automatisk virkende elektronisk utstyr – f.eks. slirevern – kan det meget raskt gripes inn i reguleringen av motorene og derved hindres at en begynnende sliring utvikler seg.

Ved tyristorlok kan en således bygge inn større ytelse som også kan utnyttes p.g.a. vesentlig bedre adhesjonsutnyttelse. Dette har gitt som resultat at det i dag kan bygges

inn og utnyttes omtrent samme ytelse på et 4-akslet lok mot tidligere 6-akslet. (For El. 16 må det dog erindres at akseltrykket samtidig øket til 20 tonn).

#### Ulemper ved tyristor drift

Som vi har sett fører tyristor teknikken med seg fordeler. Den gir også ulemper. Disse skal berøres meget kort:

1. Tyristormateriell kan belaste mate-stasjonene på en ugunstigere måte, spesielt under igangsetting og oppregulering ved at aggregatene trekker blindstrøm. Dette sammen med at aggregatene oftest har stor ytelse kan føre til uakseptable belastninger og spenningsfall på kontaktledningen.
2. Den spesielle reguleringsmetode fører til at strømkurven i kontaktledningen forvrenges. En slik kurve vil i tillegg til grunnbølgen på 16½ Hz inneholde såkalte overharmoniske strømmer på 50, 83½, 116½ Hz o.s.v. Disse forhold må det i større grad enn tidligere tas hensyn til i sikringsanleggene, som ofte må tilpasses eller bygges om.
3. Overharmoniske strømmer, ved høyere frekvenser, vil også øke og gjøre seg gjeldende ved høyere frekvenser, f.eks. i taleområdet ved ca. 1000 Hz. Disse kan forårsake forstyrrelser på telefon og annet utstyr i svakstrømsnett.

Som det framgår av foranstående, ligger fordelene ved tyristor teknikken på trekkaggregatene, ulempene kommer på faste anlegg. Ulempene kan bli meget betydelige og har hemmet og til dels hindret innføringen av tyristor teknikken ved enkelte jernbaneforvaltninger. Betydelige utviklingsarbeider har gått ut på å finne

løsninger på aggregatene som kan redusere ulempene på faste anlegg.

#### Vedlikehold – Opplæring

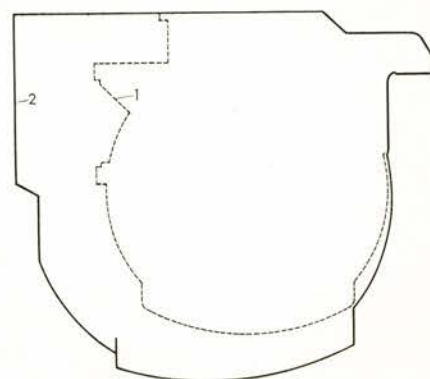
Da halvlederutstyret er uten bevegelige deler, forekommer ingen mekanisk slitasje på dette. Hovedmotorene er mindre og mer robuste. Når dertil kommer at antall aksler kan reduseres, er muligheten for å øke revisjonsterminene og derved redusere vedlikeholdet gode.

Omleggingen i teknikk fører til meget store omstillinger for personale som skal revidere og holde aggregatet i drift, da elektronisk utstyr av denne størrelsesorden er nytt for verkstedene. For å innkassere fordelene ved halvlederteknikk, er det derfor nødvendig med en omfattende omstillings- og opplæringsprosess.

#### Utviklingen videre

Utviklingen på halvlederteknikkens område går videre. Av størst interesse er kanskje den såkalte omformerteknikk. Her nyttes 3 fase vekselstrøm asynkronmotorer/kortslutningsmotorer – uten kommutator og slepinger. For å få til reguleringen med slike motorer, må også tilført frekvens kunne reguleres i motor-kretsen. Av spesielle grunner er prinsippet lettest å få til på dieselelektriske lok, som det nå går noen av på kontinentet. Elektriske prøvelok er også i drift. Det blir derfor meget interessant å se om denne aggregat-type vil «utkonkurrere» mere konvensjonelle tyristoraggregater og hvor raskt dette eventuelt vil gå.

Fig. 5. Sammenligning mellom størrelsen av traksjonsmotorer ved (1) likestrøm og vekselstrøm ved samme ytelse.



# Beregning av kvasistatiske sidekrefter som opptrer mellom hjul og skinne i kurver.

Av avdelingsingeniør  
Finn G. Haugen.

## INNLEDNING

Ikke noe land i Europa har traséforhold med så mange og krappe kurver som NSB. Om lag halvparten av linjen ligger i kurver og halvparten av disse har radius mindre eller lik 500 meter. Disse forhold virker sterkt begrensende på den reisehastighet som kan oppnås på de forskjellige strekninger.

I 1973 ble det ved NSB startet et FOU-prosjekt T1 Høyere reisehastighet (ref. 1), som bl.a. fikk som mandat å utrede hvilke kjøre- og reisetider det vil være mulig å oppnå med nytt, hensiktsmessig materiell på strekningen Oslo – Trondheim med en sportstandard uten spesielle forbedringer. Et viktig punkt i disse undersøkelsene ble derfor å fastslå hvilke hastigheter en kan vente å oppnå i kurver med nåværende sportstandard. Et tilfredsstillende svar på dette kunne bare gis dersom en kjente de påkjenninger spor og materiell utsettes for ved kjøring i de aktuelle kurver. Disse påkjenninger kunne vanskelig kartlegges ved måling, da en på det aktuelle tidspunkt verken disponerte måleaksler eller det materiell en i tilfelle skulle foreta målingene på. Den eneste metode som syntes mulig å benytte, var beregning.

De størrelser en særlig ønsket å få oversikt over var:

Styrekraft mellom ytre hjul og skinne ( $P_a$ ): Virker normalt som trykkraft mellom hjulflens og skinne og er bl.a. bestemmende for sideslitasjen.

Føringskraft mellom ytre hjul og skinne ( $Y_a$ ): Resulterende sidekraft på ytre skinne. Gir bl.a. bøyepåkjennning av skinnesteget.

Svilletverkkraft ( $S$ ): Resulterende sidekraft på sporet. Forsøker å forsøve skinner med sviller sidevegs.

Avsporingssikkerhet: Bestemmes ved forholdet  $Y_a/Q_a$  ( $Q_a$  = hjultrykk ytre hjul).

Hver av disse krefter setter seg

generelt sammen av følgende deler, se fig. 1:

$$K_{tot} = K_{kvst} + K_{dyn.}$$

Her er:

$K_{tot}$  = total kraft som virker på sporet (og materiellet).

$K_{kvst}$  = Kvasistatisk (semistatisk) kraft som omfatter statisk kraft + virkningen av ukompensert sentrifugalkraft, se senere.

$K_{dyn}$  = dynamisk kraft som omfatter vekslende kraft p.g.a. at sporet ikke er ideell.

Denne undersøkelsen skal bare befatte seg med den kvasistatiske andel av totalkraften. Den hittil mest anvendte metode for beregning av kvasistatiske sidekrefter, er Heumanns minimumsmetode (ref. (2)). Denne metode betinger imidlertid at en forutsetter rent sylindriske hjul, fullstendig stivt innspente hjulsatser i boggirammen sidevegs og lengdevegs, full utnyttelse av glidefriksjonen for alle hjulsatser m.m. Dette gjør at beregningsresultatene i mange tilfeller blir svært usikre.

Verken Heumanns minimumsmetode eller andre tilgjengelige beregningsmetoder ble funnet å tilfredsstillende kravene til nøyaktighet under prosjektarbeidet. Derfor ble det nødvendig for NSB å utvikle en ny beregningsmetode som tok hensyn til de viktigste konstruksjonsparametre for materiell og skinnegang. Metoden som er delvis ulineær, er en vi-

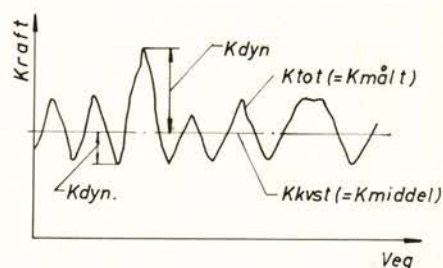


Fig. 1.: Sammenheng mellom kvasistatisk, dynamisk og total kraft. (Totalt kraft er den som bestemmes ved måling).

dereutvikling av Boococks lineære metode. Dens gyldighet ble foreløpig (av mangel på måleaksler) kontrollert ved sammenlikning med utenlandske måleresultater. Overensstemmelsen var god.

Beregningsmetoden vil selvsagt ikke bare komme nevnte FOU-prosjekt til gode. Den vil generelt være av stor verdi under arbeidet med å bedre materiellets evne til å gjennomløpe kurver (lave føringskrefter, liten slitasje m.m.). Ved hjelp av metoden kan det avgjøres hvilke konstruksjonsendringer som eventuelt er nødvendig på eksisterende materiell, uten å behøve å gjennomføre tid- og arbeidskrevende prøvekjøringer, mer eller mindre «i blinde». Dessuten vil en stå betydelig bedre rustet under forhandlinger med leverandører av nytt rullende materiell som skal benyttes på NSB's kurverike banestrekninger.



Finn G. Haugen er sivilingeniør fra NTH 1969. Deretter ansatt ved Kongsberg Våpenfabrikk hvor han arbeidet med automatisk prosessplanlegging, inntil 1972 da han begynte ved Verkstedet Sundland. I 1973 ansatt ved Hovedadministrasjonens maskinavdeling, hvor han fra 1974 har arbeidet ved konstruksjonskontoret for personvogner.

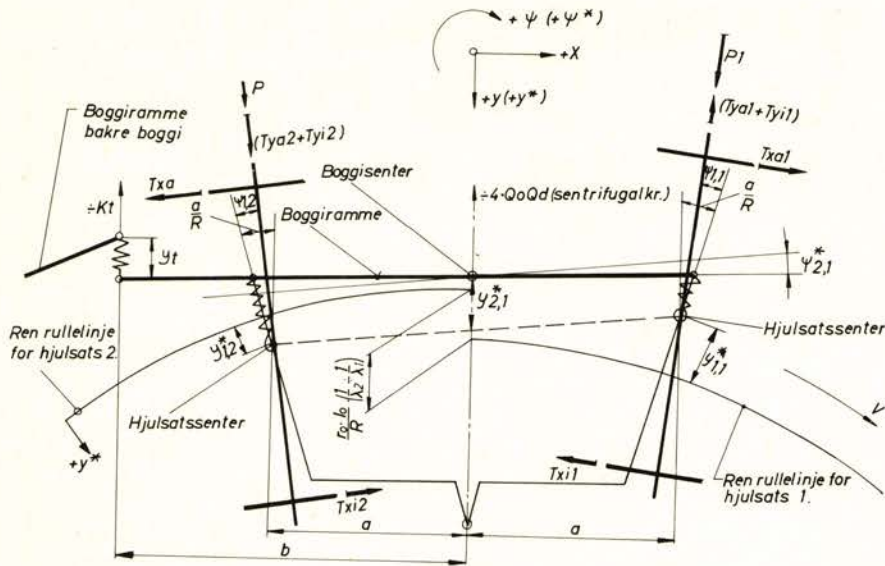


Fig. 2. Toakslet boggi med tverrkopplingsforbindelse til bakre boggi. De ytre krefter som virker på boggien i tverretning og lengderetning er påført.

I det følgende vil beregningsmetodens grunnlag og virkemåte bli beskrevet i grove trekk. For en detaljert beskrivelse, henvises til ref. (8), som dessuten vil inneholde et større parameterstudium av eksisterende vogn- og trekraftmateriell der de enkelte parameteres innflytelse på krefter, slitasje m.m. vil bli undersøkt.

#### Matematisk modell

Den matematiske modell med koordinatsystem for en toakslet boggi med tverrkopplingsforbindelse til en bakre boggi er vist i fig. 2. Boggien har 6 frihetsgrader og består av 2 stive hjulsatser koplet til en stiv boggiramme ved hjelp av primærfjæringen (akselkassefjæringen). Boggirammen er videre koplet til en stiv vognkasse ved hjelp av sekundærfjæringen (bolsterfjæringen). Alle fjærer antas å virke i plan parallelle med skinneplanet. Boggien beveger seg med konstant hastighet  $V$  langs skinnegangen som har konstant krumningsradius  $R$  og overhøyde  $h$ . Boggens stilling i sporet (fremre boggi) defineres v.h.a. følgende 6 koordinater i skinneplan, se fig. 2:

$y_{1,1}^*$  og  $y_{1,2}^*$  tverrforskyvning av fremre h.h.v. bakre hjulsats ut fra den rene rullelinje (den rene rullelinje defineres nedenfor).

$\psi_{1,1}$  og  $\psi_{1,2}$  vinkeldreining av fremre h.h.v. bakre hjulsats ut fra radiellstilling.

$y_{2,1}^*$  tverrforskyvning av boggirammen ut fra linjen gjennom hjulsatssenterne.

$\psi_{2,1}^*$  vinkeldreining av boggirammen ut fra linjen gjennom hjulsatssentrene.

Videre er:  
 $y_t$  utslag i en eventuell tverrkopplingsforbindelse mellom boggiene.

Et tilsvarende sett koordinater, men med andre indekser, gjelder for bakre boggi.

For å forenkle likevektsligningene, er koordinatene sidevegs basert på den såkalte rene rullelinje (angitt ved \*). Den rene rullelinje kan defineres som den kurve hjulsatsens senter beskriver når projeksjonen av dens to øyeblikkelige ruller sirkler danner grunnlinjer i to trekkanter, begge med toppunkt i sporets krumningscenter. Avstanden mellom skinnesenter og den rene rullelinje kan uttrykkes:

$$y_o = - \frac{r_o \cdot l_o}{\lambda \cdot R}$$

Her er:  $r_o$  = nominell hjulradius.  
 $l_o$  = halve nominelle løpesirkelavstand.  
 $R$  = kurveradius  
 $\lambda$  = effektiv (ekvivalent) konisitet for hjulsatsen (defineres nedenfor).

Når en hjulsats' senter følger den rene rullelinje gjennom en kurve, vil det ikke forekomme glidning (slipp) mellom hjul og skinner, bare ren avrulling. Alle andre stillinger av hjulsatsen vil medføre mer eller mindre glidning mellom hjul og skinner.

**Effektiv (ekvivalent) konisitet**  
 Effektiv eller ekvivalent konisitet for

en hjulsats i drift kan ut fra fig. 3 generelt defineres ved følgende uttrykk:

$$\lambda = \frac{\frac{1}{2} \cdot (r_i \div r_a)}{y} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta r}{y}$$

Her er:  $y$  = hjulsatsens tverrforskyvning ut fra skinnesenter.

$r_i$  = øyeblikkelig løpesirkelradius for indre hjul.

$r_a$  = øyeblikkelig løpesirkelradius for ytre hjul.

$\Delta r = r_i - r_a$

Som det fremgår av fig. 2, regnes en forskyvning av hjulsatsen utover fra skinnesenter negativ, slik at  $\lambda$  alltid vil bli posetiv. I fig. 4 er vist  $\Delta r$  i avhengighet av  $y$  for hjulsatsen med h.h.v. et rent konisk hjulprofil («normalprofilen» 1 : 20/1 : 10) og et hult hjulprofil («slitasjeprofilen» UIC-ORE-S1002) mot slitte skinner S-49. Kurvene, som er ulineære, er funnet grafisk ved å flytte kopier av nevnte profiler mot hverandre i små trinn.

#### Krefter

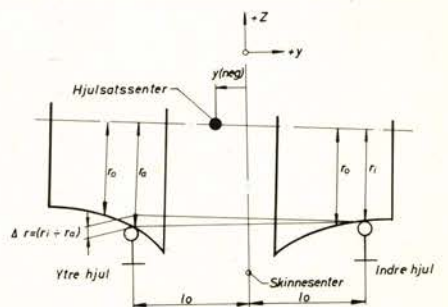
De viktigste krefter og momenter som virker på de forskjellige deler av en boggi er:

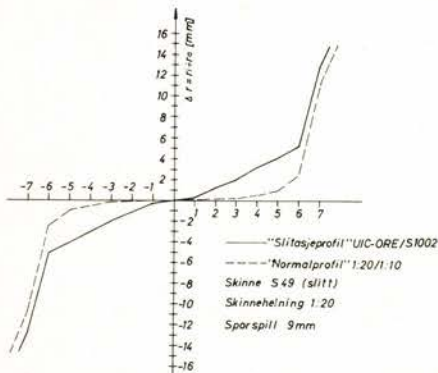
- Ukompensert sentrifugalkraft.
- Fjærkrefter.
- Styrekrefter mellom hjulflenser og skinner.
- Friksjonskrefter (slippkrefter) mellom hjul og skinner.

#### Ukompensert sentrifugalkraft

Når en boggi gjennomløper en

Fig. 3. Effektiv konisitet for en hjulsats.





kurve, vil den utsettes for en sentrifugalakselerasjon uttrykt ved:

$$a = \frac{V^2}{R}$$

Her er:  $V$  = hastighet.  
 $R$  = kurveradius.

P.g.a. overhøyden i kurven reduseres denne med:

$$a_g = \frac{h}{2 \cdot l_0} \cdot g$$

Her er:  $h$  = overhøyden  
 $2 \cdot l_0$  = nominell løpesirkelavstand  
 $g$  = tyngdeakselerasjonen.

Den ukompenserte sideakselerasjon som boggien utsettes for er derfor:  $a_u = a - a_g$ . Denne kan imidlertid angis som «manglende overhøydevinkel»:  $\Theta_d = \frac{a_u}{g}$

Ukompensert sentrifugalkraft (sidekraft) for en boggi (vogn) med  $n$  antall aksler, kan derfor skrives:

$$A_u = 2 \cdot Q_0 \cdot n \cdot \Theta_d$$

Her er:  $2 \cdot Q_0$  = akseltrykk.  
Tilsvarende for en hjulsats:  $G_u \cdot \Theta_d$ .  
Her er:  $G_u$  = uavfjæret vekt av hjulsatsen.

P.g.a. ukompensert sentrifugalkraft blir hjultrykk for ytre og indre hjul forskjellig, nemlig:

Ytre hjul:

$$Q_a = \left(1 + \frac{\Delta Q}{Q_0}\right) \cdot Q_0 = (1 + q) \cdot Q_0$$

Indre hjul:

$$Q_i = \left(1 - \frac{\Delta Q}{Q_0}\right) \cdot Q_0 = (1 - q) \cdot Q_0$$

$$q = \frac{\Delta Q}{Q_0} = \frac{h_t}{l_0} \cdot \Theta_d$$

Her er:  $h_t$  = tyngdepunkthøyde over s.o. for vogn med last.

$l_0$  = halve nominelle løpesirkelavstand.

Disse formler er noe forenklet, og forutsetter at vognkassen er stivt forbundet med hjulsatsene i vertikal retning.

Fig. 4. Radiusdifferens ( $\Delta r$ ) mellom indre og ytre hjul i avhengighet av tverrforskyvning av hjulsatsen ut fra skinnesenter ( $y$ ).

Fig. 5: Generell fjærkaraktistikk for tverrkopling.

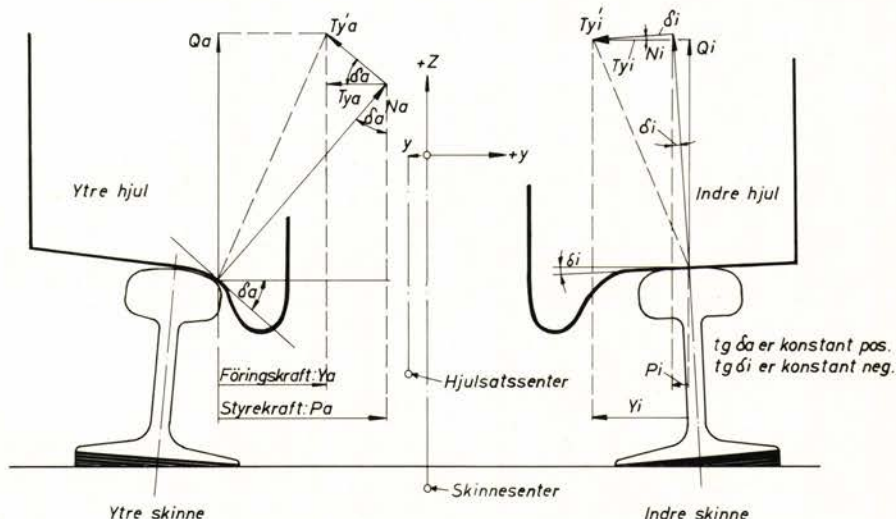
### Fjærkrefter

De fjæringene som inngår i beregningene, er primærfjæringen (mellom hjulsatser og boggiramme med fjærkonstant  $C_{\psi_1}$  i tverretning og  $C_{\psi_1}$  ved dreining), sekundærfjæringen (mellom boggiramme og vognkasse med fjærkonstant  $C_{\psi_2}$  ved dreining) og eventuelt en tverrkoplingsfjæring mellom boggiene. For enkelthet skyld settes i dette tilfelle  $C_{\psi_2} = 0$ .

Fjærkaraktistikken for tverrkoplingsfjæren kan være ulineære, idet den kan være innrettet med et visst glipp (frispill) og/eller forspenningskraft. Dette tas hensyn til i beregningen ved at tverrkoplingskraften legges inn i beregningsprogrammet med en generell karakteristikk som er antydnet i fig. 5. I figuren er  $K_t$  lik fjærkraft,  $Y_{t0}$  er lik halve glippet,  $Y_{t1}$  er eventuell elastisk deformasjon før forspenningen overskrides,  $C_{t0}$  er forspenning og  $C_t$  er fjærkonstant for tverrkoplingsfjæren.

### Styrekrefter mellom hjulflenser og skinner

I denne undersøkelsen forutsettes en-punktberøring mellom hjul og skinne. Fig. 6 viser en hjulsats som gjennomløper en kurve. I berøringspunktene mellom hjul og skinne virker normalkreftene  $N_a$  og  $N_i$  og tangentialkreftene (friksjonskreftene)  $T'_{ya}$  og  $T'_{yi}$  ved hhv. ytre og indre hjul. Det skal senere vises at horisontalkomponentene av tangentialkreftene kan uttrykkes:



$$T_{ya} = \left(1 + \frac{2}{3} \cdot q\right) \cdot T_y$$

$$T_{yi} = \left(1 - \frac{2}{3} \cdot q\right) \cdot T_y$$

Her er:  $q = \frac{\Delta Q}{Q_0}$

$T_y$  = friksjonskraft mellom hjul og skinne basert på midlere hjultrykk

$$Q_0 = \frac{Q_a + Q_i}{2}$$

Av figuren fremgår at den resulterende kvasistatiske styrekraft for en hjulsats kan skrives:

$$P = P_a + P_i = (Q_a \cdot a \cdot tg \delta_a + T_{ya} \cdot tg^2 \delta_a) + (Q_i \cdot a \cdot tg \delta_i + T_{yi} \cdot tg^2 \delta_i)$$

Andre kvasistatiske størrelser som ønskes beregnet er:

Føringskraft for ytre hjul:

$$Y_a = P_a + T_{ya}$$

Svilletverkkraft pr. aksel:

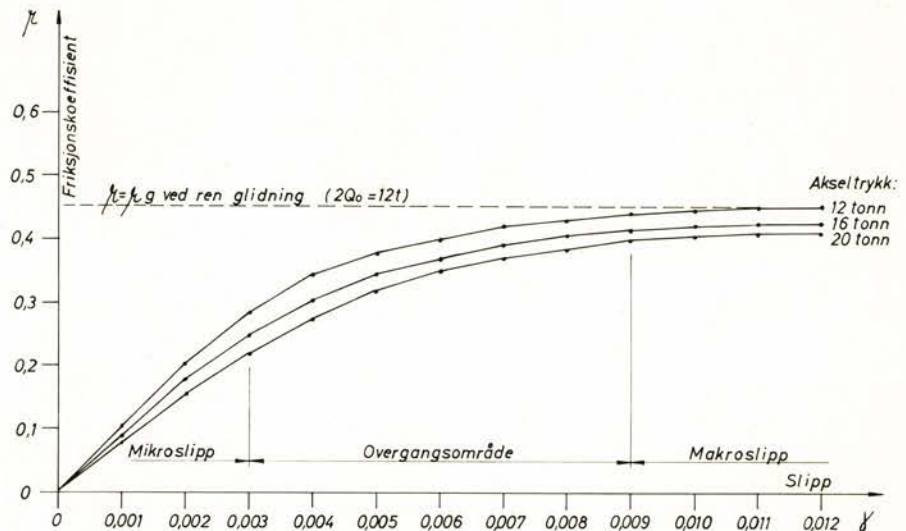
$$S = P + T_{ya} + T_{yi} = P + 2 \cdot T_y$$

Avsporingkoeffisient:  $\frac{Y_a}{Q_a}$

Tangens til berøringsvinklene mellom hjul og skinne ( $tg \delta$ ) for gitte hjul- og skinneprofiler finnes på samme måte som  $\Delta r$ , v.h.a. en grafisk metode. Sammenhengen mellom  $tg \delta$  og  $y$  er i de fleste tilfeller ulineær.

Fig. 6. Krefter som virker i berøringspunktene mellom hjul og skinner i en kurve.

Fig. 7: Sammenheng mellom slipp og friksjonskoeffisient ifølge Mülller.



### Friksjonskrefter (slippkrefter) mellom hjul og skinner

Berøringsflaten mellom hjul og skinne vil anta form og størrelse avhengig av en rekke faktorer som hjultrykk, hjulradius, hjulprofilkrumning, skinnehodekrumning og elastisitet av hjul- og skinnemateriale, ref. (4), (5) og (6). Den vanligste berøringsflate har form av en ellipse (anisotrope berøringsforhold), mens den sirkulære berøringsflate (isotrope berøringsforhold) forekommer mer sjelden. Ved berøring i hulkilen kan berøringsflaten ha en mer kompleks form (f.eks. stjerneflate).

Dersom det på en hjulsats virker ytre krefter, vil det i berøringspunktet mellom hjul og skinner oppstå tangentialkrefter som er motsatt rettet den relative bevegelse som opptrer i berøringspunktene. Ved små tangentialkrefter vil den relative bevegelse komme i stand ved at materialet i berøringspunktene deformeres elastisk. Det opptrer da ingen glidning og relativbevegelsen betegnes *mikroslipp*. Når tangentialkreftene øker utover en viss grense, er ikke lenger den elastiske deformasjon tilstrekkelig, og det oppstår glidning i tillegg. Øker tangentialkreftene ytterligere, vil glidning utgjøre en stadig større del av relativbevegelsen, og når tangentialkraften pr. hjul har nådd størrelsen  $T = \mu \cdot Q_0$  ( $\mu$  = Coulombs friksjonskoeffisient), har en ren glidning, og relativbevegelsen betegnes *makroslipp*.

Fuksjonssammenhengen mellom slipp og tangentialkraft (friksjonskoeffisient) har i tidens løp vært gjenstand for sterk diskusjon. I denne undersøkelsen har en valgt å basere seg på en sammenheng funnet av Mülller ved laboratorieforsøk ref. (7). Fig. 7 viser sammenhengen mellom slipp ( $\gamma$ ) og friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) iflg. Mülller. Det fremgår at friksjonskurven som er *ulinear*, blir lavere jo større akseltrykket er.

Slipp mellom hjul og skinne kan generelt uttrykkes:

$$\text{Lengdeslipp: } \gamma_x = \frac{V_x' - V_x}{V}$$

$$\text{Tverrslipp: } \gamma_y = \frac{V_y' - V_y}{V}$$

Her er:  $V$  = kjørehastighet

$V_x'$  = hastighet langs skinne i lengderetning.

$V_x$  = hastighet langs hjulperiferien.

$V_y'$  = hastighet langs skinne i tverretning.

$V_y$  = hastighet langs hjulperiferien i tverretning.

Her er:  $\lambda$  = hjulsatsens effektive konisitet.

$r_0$  = nominell løpesirkelradius.

$y^*$  = hjulsatsens utslag fra ren rullelinje.

$$q = \frac{\Delta Q}{Q_0}$$

$\psi$  = hjulsatsens vinkeldreining ut fra radiellstilling (regnet i radianter).

Ved å sette inn uttrykkene for de enkelte hastigheter, fås de spesielle uttrykk for slipp ved kjøring i kurver:

Lengdeslipp ytre hjul:

$$\gamma_{xa} = (1 - \frac{2}{3} \cdot q) \frac{\lambda \cdot y^*}{r_0}$$

Lengdeslipp indre hjul:

$$\gamma_{xi} = - (1 + \frac{2}{3} \cdot q) \frac{\lambda \cdot y^*}{r_0}$$

Tverrslipp ytre hjul:  $\gamma_{ya} = - \psi$

Tverrslipp indre hjul:  $\gamma_{yi} = - \psi$

Friksjonskreftene (slippkreftene) i berøringspunktet hjul skinne for konstant hjultrykk  $Q_0$ , kan uttrykkes:  
Lengderetning:  $T_x = \mu_x \cdot Q_0$   
Tverretning:  $T_y = \mu_y \cdot Q_0$   
hvor  $\mu_x$  og  $\mu_y$  er friksjonskoeffisientene i h.h.v lengderetning og tverretning.

For å få en sammenheng mellom

$$\begin{aligned} 1) & 2 \cdot f_{y1} \cdot \psi_{11} + (Y_{2,1}^* + a \cdot \psi_{2,1}^*) \cdot C_{y1} + P_1 - G_u \cdot \theta_d = 0 \\ 2) & - \frac{2 \cdot f_{x1} \cdot \lambda_1 \cdot l_0}{r_0} \cdot Y_{1,1}^* + \left[ \frac{Y_{1,1}^* - Y_{1,2}^* + \frac{r_0 \cdot l_0}{R} \cdot \left( \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) + \psi_{2,1}^* \cdot \left( \frac{a}{R} + \psi_{1,1} \right)}{2a} \right] \cdot C_{\psi 1} = 0 \\ 3) & 2 \cdot f_{y2} \cdot \psi_{1,2} + (Y_{2,1}^* - a \cdot \psi_{2,1}^*) \cdot C_{y1} + P_2 - G_u \cdot \theta_d = 0 \\ 4) & - \frac{2 \cdot f_{x2} \cdot \lambda_2 \cdot l_0}{r_0} \cdot Y_{1,2}^* + \left[ \frac{Y_{1,1}^* - Y_{1,2}^* + \frac{r_0 \cdot l_0}{R} \cdot \left( \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) + \psi_{2,1}^* \cdot \left( \frac{a}{R} - \psi_{1,2} \right)}{2a} \right] \cdot C_{\psi 1} = 0 \\ 5) & - \left[ \frac{Y_{1,1}^* - Y_{1,2}^* + \frac{r_0 \cdot l_0}{R} \cdot \left( \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) + \psi_{2,1}^* \cdot \left( \frac{a}{R} + \psi_{1,1} \right)}{2a} \right] \cdot C_{\psi 1} - \\ & - \left[ \frac{Y_{1,1}^* - Y_{1,2}^* + \frac{r_0 \cdot l_0}{R} \cdot \left( \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) + \psi_{2,1}^* \cdot \left( \frac{a}{R} - \psi_{1,2} \right)}{2a} \right] \cdot C_{\psi 1} - (Y_{2,1}^* + a \cdot \psi_{2,1}^*) \cdot C_{y1} \cdot a \\ & + (Y_{2,1}^* - a \cdot \psi_{2,1}^*) \cdot C_{y1} \cdot a + k_t \cdot b = 0 \\ 6) & - (Y_{2,1}^* + a \cdot \psi_{2,1}^*) \cdot C_{y1} - (Y_{2,1}^* - a \cdot \psi_{2,1}^*) \cdot C_{y1} - (4 Q_0 \cdot \theta_d - 2 G_u \cdot \theta_d) - k_t = 0 \end{aligned}$$

Fig. 7B:

krefter og slipp, innføres de såkalte slippkoeffisienter:

$$\text{Lengdeslippkoeffisient: } f_x = \frac{\mu_x}{\gamma\mu} \cdot Q_0$$

$$\text{Tverrslippkoeffisient: } f_y = \frac{\mu_y}{\gamma_y} \cdot Q_0$$

Friksjonskreftene kan da uttrykkes:

$$T_x = -f_x \cdot \gamma_x$$

$$T_y = -f_y \cdot \gamma_y$$

Negativt fortegn angir at kreftene virker i motsatt retning av slippet. Slippkoeffisienten er basert på midlere hjultrykk  $Q_0 = (Q_{0a} + Q_{0i})/2$ . Kalker (ref. 5) har funnet at slippkoeffisienten varierer med  $2/3$  av relativ hjultrykkendring  $q = \Delta Q/Q_0$ . Slippkoeffisienten må derfor korrigeres med faktoren  $(1 + 2/3 \cdot q)$  for ytre hjul og  $(1 - 2/3 \cdot q)$  for indre hjul.

Samlet tverrslippkraft pr. hjulsats blir derfor:

$$T_{ya} + T_{yi} = 2 \cdot f_y \cdot \psi$$

Samlet dreiemoment p.g.a. lengdeslippkrefter pr. hjulsats blir:

$$(T_{xa} - T_{xi}) \cdot l_0 = -2 \cdot (1 - 4/9 \cdot q^2) \cdot f_x \cdot l_0 \cdot \lambda \cdot \gamma^*/r_0$$

#### Likevektsligninger for 2-akslede boggier

I fig. 2 er vist de ytre krefter som virker på en 2-akslet boggi (fremre boggi). Ut fra figurbetraktning kan det for hver boggi settes opp følgende 6 likevektsligninger (en for hver frihetsgrad), alle basert på den rene rullelinje:

Se fig. 7B (side 85).

Ligningene for bakre boggi fås ved å erstatte indeks 1,1 og 1,2 i ligningene ovenfor med h.h.v. 1,3 og 1,4 samt bytte fortegn for tverrkopplingskraften  $K_t$  i likevektsligning nr. 6.  $K_t$  bestemmes ved hjelp av den ulineære fjærkaraktistikk vist i fig. 5 på grunnlag av tverrkopplingsutslaget  $Y_t$  som beregnes på forhånd. Formelen som  $Y_t$  beregnes etter, er så stor og komplisert at den ikke kan gjengis her.

En skal nå kort se på hvorledes disse ligninger i prinsippet benyttes til å fastlegge boggiens stilling i sporet. Formlene inneholder effektiv konisitet ( $\lambda$ ) og berøringsvinkler ( $tg\delta_a$  og  $tg\delta_i$ ) som er ukjente størrelser før boggiens stilling i sporet er fastlagt, slik at iterasjon er nødvendig. Iterasjonsprosedyren går ut på at boggiens stilling i sporet antas.  $\lambda$  og  $tg\delta$ -verdier for hver hjulsats kan da bestemmes og disse benyttes i likevektsligningene til å beregne boggiens stilling i sporet.

Dersom avviket mellom antatt og beregnet stilling blir større enn en på forhånd fastlagt toleranse (i beregningen 0,5 mm for hver hjulsats), antas en ny stilling etter en bestemt prosedyre. Iterasjonen fortsetter på denne måten inntil den beregnede stilling er tilstrekkelig nær den antatte.

Når det gjelder materiell med 3-akslede boggier, må det settes opp hele 8 likevektsligninger pr. boggi. Det vil her føre for langt å gå nærmere inn på dette tilfellet, som i prinsippet behandles på tilsvarende måte som 2-akslede boggier.

#### Programoppbygning (beregningsprosedyre)

Ved hjelp av den teori som her er skissert, lar det seg nå gjøre å bygge opp et EDB-program som på basis av nødvendige inputparametere, er i stand til å beregne kvasistatiske krefter, fjærdeformasjoner m.m. som opptrer når forskjellige typer jernbanemateriell gjennomløper en kurve.

En har funnet det hensiktsmessig å dele programmet i 3 separate programmer. Disse kan kjøres uavhengig av hverandre på NSB's eget EDB-anlegg. Programmene som er programmert i «språket» FORTRAN, har fått betegnelsene BOGGI I, II og III, og dekker følgende materielltyper:

BOGGI I: Materiell med 2-akslede boggier, eventuelt 2-akslede vogner.

BOGGI II: Materiell med 2-akslede boggier med tverrkopplingsforbindelse.

BOGGI III: Materiell med to 3-akslede boggier med og uten tverrkopplingsforbindelse, eventuelt 3-akslede vogner.

Når det gjelder programmene oppbygning, vises til prinsipielt flyt-diagram i fig. 8, der hovedtrekkene i beregningsgangen er skissert.

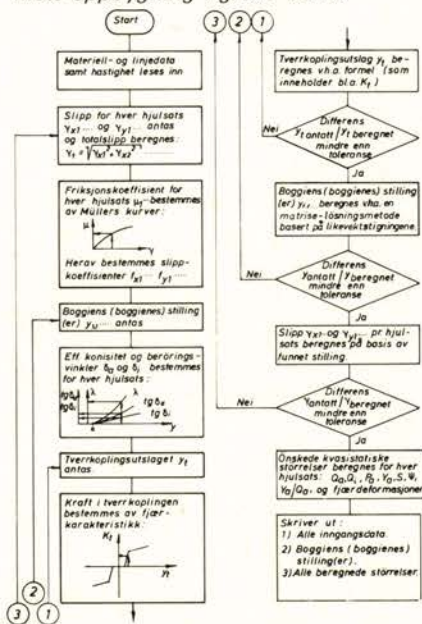
Som en ser, leses først inn de data som skal brukes i beregningen. Programmet gjennomløper dernest 3 iterasjonsprosesser (tilbakekoplinger), som i prinsipp er like og har disse funksjoner: Den indre (1) finner riktig utslag ( $Y_t$ ) av tverrkopplingen, den midtre (2) finner riktig stilling av boggiene i sporet ( $Y_{1,1}$ ,  $Y_{1,2}$  osv.) og den ytre (3) finner riktige slippkoeffisienter for hver aksel. Når disse prosesser er gjennomløpt, kan

til slutt de ønskede krefter, vinkler og fjærdeformasjoner beregnes. Den interesserte leser henvises til ref. (8), som behandler metoden i detalj.

#### REFERANSER

- [1] Glomnes, M. – Høyere reisehastighet, Sluttrapport, FOU Forprosjekt T1, NSB's Hovedadministrasjon, Mai 1975.
- [2] Heumann, H. – Grundzüge der Führung der Schienenfahrzeuge. Elektrische Bahnen, Heft 4 (1950) til Heft 12 (1953).
- [3] Boocock, D. – A simplified linear analysis of the steady-state motion of conventional and cross-braced bogie vehicles and four-wheelers on curved track. Technical note Dyn. 89, April 1968.
- [4] De Pater, A. D. – On the reciprocal pressure between two elastic bodies, University of Delft, Lab. Tech. Mech. Report No. 277, 1964.
- [5] Kalker, J. J. – On the rolling contact of two elastic bodies in the presence of dry friction. Diss. Delft 1967.
- [6] Müller, C. T. – Das Schlingerproblem in der Sicht von Vergangenheit und Gegenwart. Gl. Annalen, nov. 1969.
- [7] Müller, C. T. – Kraftwirkung an einem Zweiachsigen Triebgestell bei Antrieb der Radsätze durch Gelenkwellen. Gl. Annalen, juni 1961.
- [8] Haugen, F. G. – Et ikke-lineært studium av jernbanevogners løp i kurver. 1. Teoretisk grunnlag og beregningsprosedyre  
2. Parameterstudium. (Rapport utkommer i 1977).

Fig. 8: Flyt-diagram som viser programmets oppbygning i grove trekk.





Frysestabilisering av løsmasser

# Forbindelsestunnel øst—vest gjennom Oslo

Av overingeniør Olav Asland

Frysestabilisering av løsmasser er en framdriftsmetode som er velegnet ved spesielle bygningstekniske problemer. Metoden har også vært brukt ved gjennomføringen av jernbanens forbindelsestunnel øst—vest gjennom Oslo. Prinsippet er at grunnvannet i marken fryses. Derved øker jordens fasthet, og dens evne til å ta opp belastninger øker tilsvarende.

I krysset Drammensveien/Stortingsgata passerer de to enkeltsporede jernbanetunnelene inn mot Abelhaugen stasjon under en ca. 30 m bred dyprenne. (Se fig. 1). Rennens dypeste punkt går nesten ned i høyde med topp av hvelv, slik at fjelloverdekningen praktisk talt forsvinner. Tunnelene kunne derfor ikke drives fram som vanlige fjelltunneler. På grunn av den store trafikk i gatekrysset over dyprennen var det heller ikke ønskelig å bygge tunnelen i åpen byggegropp. Slik forholdene lå an på stedet med en kort dyprenne som skulle forseres, ingen bygninger

i umiddelbar nærhet og få ledninger i grunnen, valgte man under prosjekteringen å stabilisere løsmassene i dyprennen ved frysing. Deretter kunne jernbanetunnelene drives fram under det frosne parti.

De bygningstekniske konsulenter for tunnelarbeidene, Ingeniørene Bonde & Co., har utarbeidet planene for fryseprosjektet i samråd med spesialister på dette området. Norges geotekniske institutt har foretatt geotekniske undersøkelser av løsmassene. For å skaffe tilveie data for hvilke mekaniske påkjenninger frosset leire kunne tåle, ble det utført laboratorieforsøk på frossen leire (typisk Oslo-leire). Man antok opprinnelig at løsmassene i dyprennen i likhet med løsmassene i Studentertunden bestod av leire. Senere opptatte prøver har imidlertid vist at løsmassene i dyprennen består av velgradert grusig sand, hvilket i fryseteknisk henseende er gunstig.

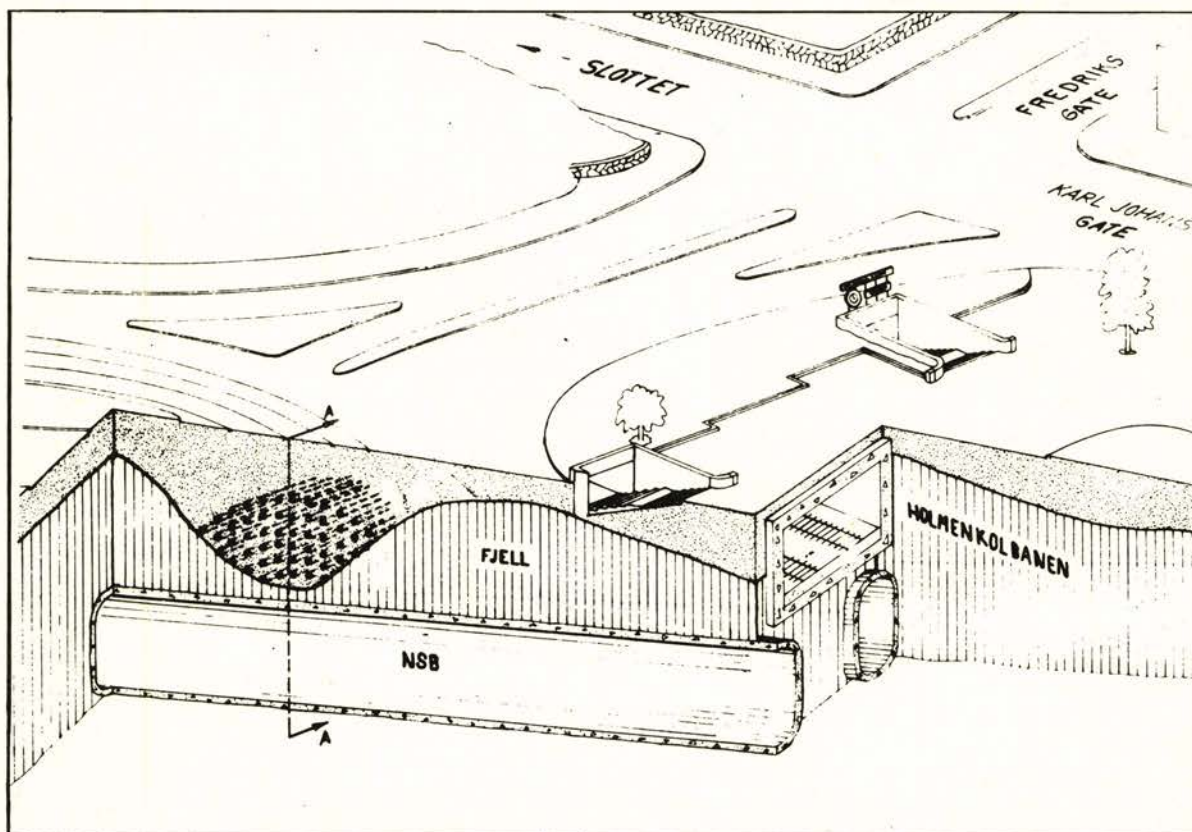
På dette tunnelparti, som utgjør den vestligste del av tunnelstrekningen gjennom Studentertunden, har Dipl.Ing. Kaare Backer A/S stått som hovedentreprenør. Anleggsavsnittet

omtatter 480 m NSB-tunnel hvorav en fellesstrekning på 280 m med den kommunale tunnelbane. I henhold til avtale har Oslo kommune/Prosjekteringskontoret for by- og forstadsbaner stått som byggeleder. For øvrig har hovedentreprenøren engasjert flere spesialfirmaer. Lehmkühl A/S har hatt ansvaret for den kjøletekniske delen av programmet. Sentralinstituttet for industriell forskning fikk i oppdrag å overvåke temperaturene i frosthvelvet. Grunnboring A/S har stått for innboring av fryserørene.

Selve fryseaggregatet ble plassert i utgangstunnelen bak plattformen for ankomende tog i Nationaltheatret stasjon. Rør for frostvæske ble lagt langs veggen i utgangstunnelen og ble ført gjennom dens innervegg og inn i Holmenkolbanens uttrekkspor. Herfra ble montert fryserør i løsmassene i dyprennen.

Fryserørene i bakken bestod av et ytre og et indre rør. Kjølesystemet var basert på et 2-trinns anlegg med freon i kjølekretsløpet og med CaCl<sub>2</sub> som kjølemedium i fryserørene. Selve prinsippet for nedfrysingen er

Fig. 1. Gjennomskåret perspektiv av dyprennen med fryserør.



at kjølemediet med en temperatur på ca.  $-37^{\circ}\text{C}$  blir pumpet inn i det indre rør og strømmer gjennom en åpning i spissen av dette ut i ytterrøret, passerer gjennom dette tilbake til en varmeveksel i kjølekretsløpet. På returveien vil en del av kjølemediet fordampe og trekke varme ut av massene.

Boring av hull for fryserørene foregikk fra uttrekksporet. Hullene ble boret gjennom uttrekksporets sydvegg og gjennom en massiv betongmur under gangtunnelen. (Se fig. 2). Ved boring i løsmassene ble montert varerør for innføring av fryserørene. Fryserørene ble plassert i vertikale plan med innbyrdes avstand 80 cm og slik at de samtidig dannet konsentriske sirkelbuer parallelle med frosthvelvets overflate. Maksimal lengde på fryserørene var 26 m. Det ble ialt montert 54 fryserør. Selve boringen for fryserørene var forbundet med en del uforutsette vanskeligheter. I en del huller traff man på hindringer i form av gamle stålbjelker og stålspuntvegger. Dette medførte naturligvis en del heft, men de fleste fryserørene kom på plass. Den frosne del av løsmassene hadde form av et ca. 5 m tykt hvelv som spente over dyprennen med opplegg på fjellet på begge sider av denne. Det frosne hvelv ble dimensjonert for en belastning lik vekten av de overliggende løsmasser pluss trafikklast.

For kontroll av temperatur i bakken ble det fra dagen boret huller for nedsenking av temperaturfølere i frysesonen slik at man hele tiden under fryseperioden kunne føre kontinuerlig kontroll med temperaturen i jordmassen. Det ble i alt montert 56 temperaturfølere. Temperaturen ble registrert automatisk tre ganger i døgnet på alle målepunkter og en gang i døgnet ble resultatene automatisk utskrevet.

Nedfrysing ble igangsatt 1. mars 1975. Etter en måned var temperaturen sunket til  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  og ved starten av tunnel-sprengningen i midten av mai lå gjennomsnittstemperaturen på  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ . (Se fig. 3). Middeltemperaturen lå på ca.  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  i hele fryseperioden fram til 28.11.75. Da var tunnelarbeidene kommet så langt at man hadde passert det laveste parti av dyprennen, og fryseaggregatet

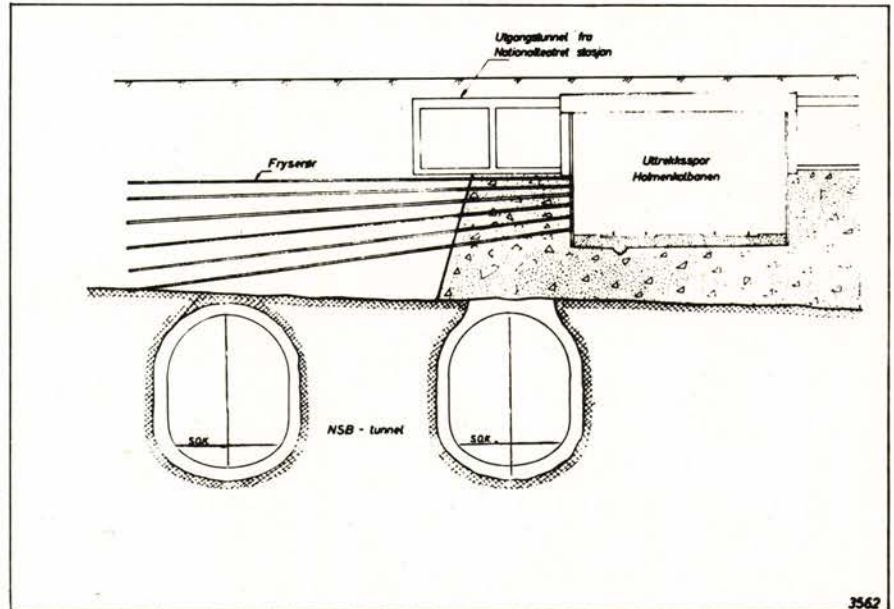


Fig. 2. Snitt av jernbanetunnelene med fryserør.

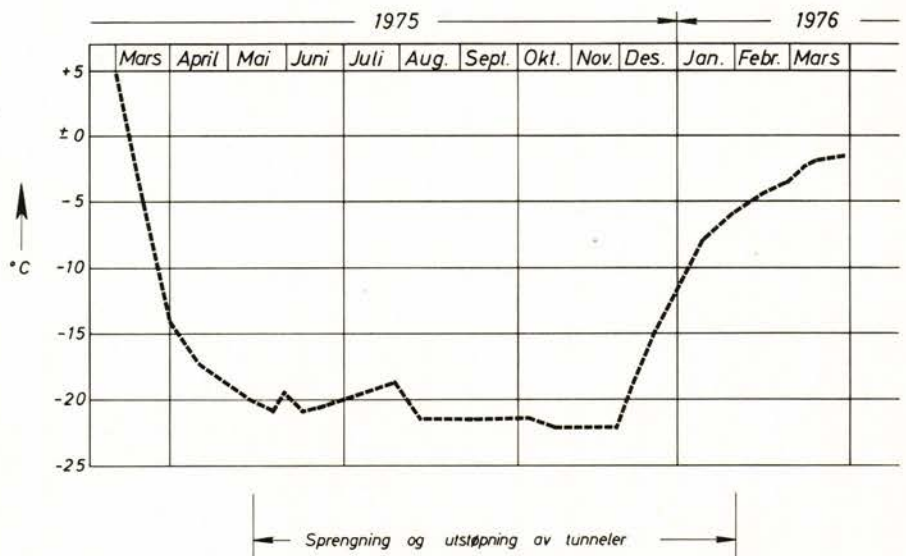
ble slått av. Sprengningsarbeidene har gått uten vanskeligheter. På enkelte steder mistet man fjelltaket og de frosne leirmasser ble blottet. Det ble her nødvendig å foreta sikring for å hindre opptining, spesielt fra den varme som utvikles når betonghvelvet herdner. Det ble først sprøytet på et lag sprøytebetong. Utenpå ble lagt en steinullmatte armert med hønse-netting og festet med bolter. Deretter ble påført et nytt lag sprøytebetong.

Selve frysingen har vært 100 prosent effektiv. Rent bortsett fra de problemer man hadde med innboringen av fryserørene må metoden betegnes som vellykket. Dette skyldes ikke minst det gode samarbeid som har vært mellom byggherre, konsulenter og entreprenører.

#### Litteratur:

1. Svennar, Odd: Planleggingsgrunnlaget for jernbanens forbindelsestunnel øst-vest gjennom Oslo. (NSB-teknikk, 1975:1 s. 3-8)
2. Mathisen, Kjell og Morten Knudsmoen: Forbindelsestunnel øst-vest gjennom Oslo: Planlegging av de bygningstekniske arbeider. (NSB-teknikk, 1976:1, s. 9-18)
3. Sentralinstituttet for industriell forskning: Ca. 60 følere overvåker temperaturen i nedfrosset gatelegeme. (Teknisk ukeblad, 122 (1975):31, s. 8-9).

Fig. 3. Gjennomsnittstemperatur i frosthvelvet. Fryseaggregatene ble startet 1.3.1975 og slått av 28.11.1975.



# Progressive bærefjærer for godsvogner

Av overingeniør Per Bøyum

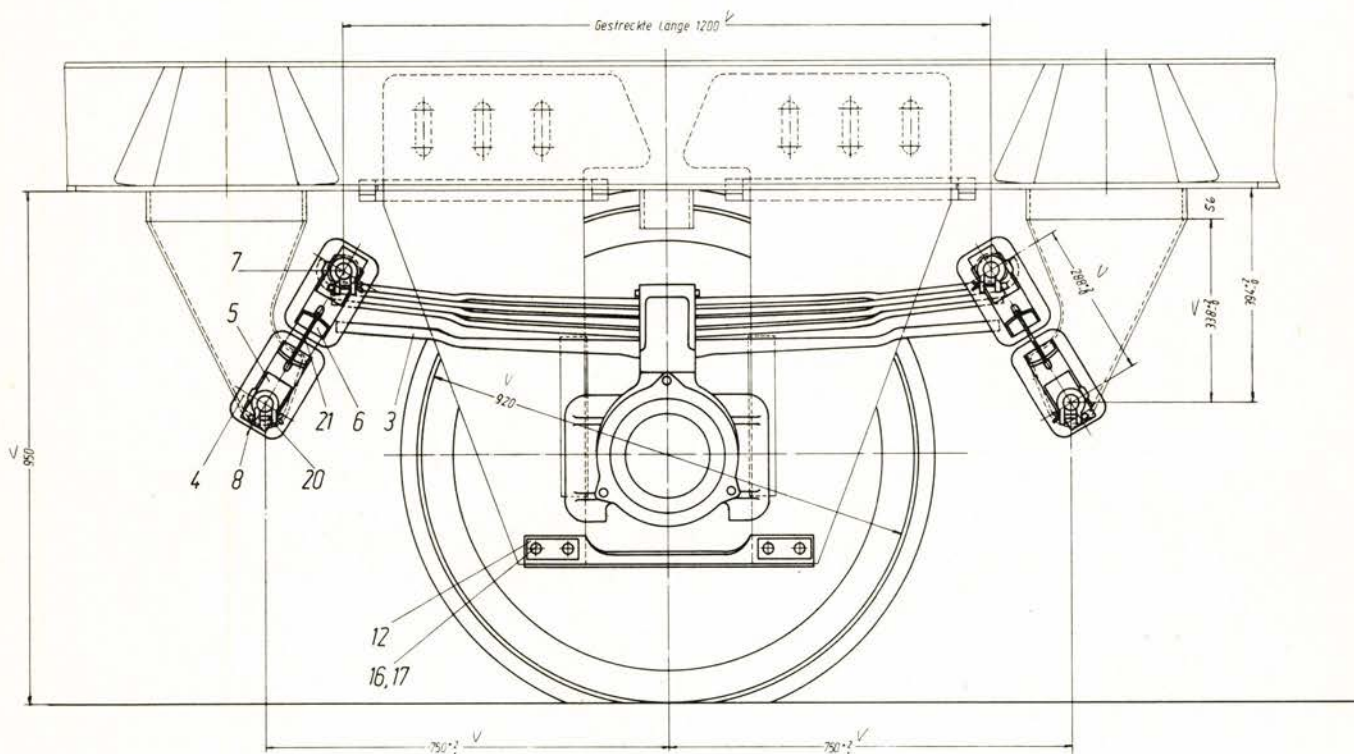


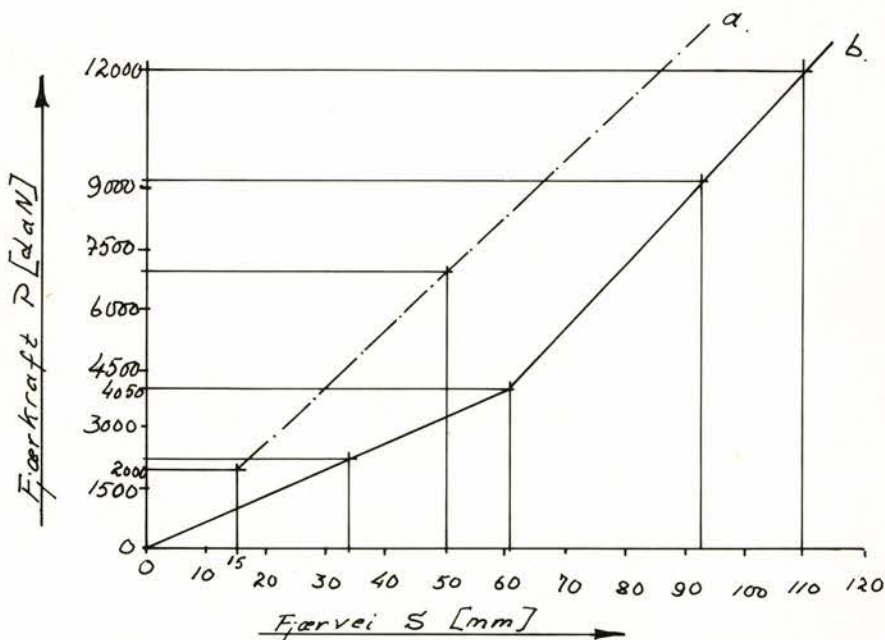
Fig. 1. Vogn med parabelfjær.

For å øke avsporingssikkerheten for 2-akslede vogner har det lenge vært et ønske fra flere forvaltninger om å utstyre disse vogner med progressive fjæringssystemer. Diverse løsninger på problemet har med vekslende resultat vært forsøkt – også ved NSB, og da spesielt på torsjonsstive vogner som tank- og bulk-vogner. Disse vogner har en overbygning som gjør rammen stiv, og ved kjøring av disse på spor med stor vindskevhet er avsporingssikkerheten for 2-akslede vogner man vil få ved innføring av automatisk sentralkoppel – se NSB-Teknikk nr. 2 1976 – var en annen årsak til at ORE-komiteé B134 fikk i oppdrag å komme med forslag til standardisering av en progressiv blad-fjær. Forutsetningen var at fjæren skulle kunne brukes på eksisterende 2-akslede vogner uten større ombyggingsarbeid. Den skulle ha lengre levetid enn nåværende fjærer, samt ha positiv innvirkning på vognenes løpeegenskaper. Etter en gjennomgåelse av eksisterende konstruksjoner på området progressive

fjæringssystemer, ble seks av disse antatt som egnet for videre undersøkelser og prøver. I disse prøvene har NSB deltatt aktivt ved at kjøreforsøk under vinterforhold med noen av prototypene ble utført ved Røros i januar 1975.

Som konklusjon på de gjennomførte undersøkelser, beskrevet i ORE-rapport B 134, datert april 1976, foreslås en parabelfjær stan-

Fig. 2. Teoretisk fjærkarakteristikk for 8 blads UIC-fjær (a) og parabelfjær (b).



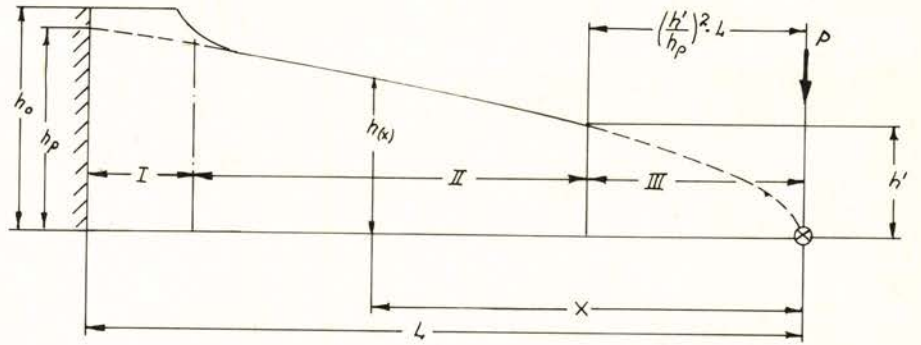


Fig. 3 Parabelfjærens teoretiske tykkelsesforløp

$$\epsilon x = \frac{Mb(x)}{W(x)} \text{ konstant}$$

$$h(x) = h(p) \sqrt{\frac{x}{L}}$$

Området I ved fjærklaven og III ved bladenden er forsterket i forhold til parabellen.

skarpe kanter som kan være utgangspunkt for riss. Fjærmaterialet er seigherdingsstål 50 CrV4 med  $6_B = 145 - 160 \text{ daN/mm}^2$ .

Før montering i klaven blir bladene haggelblåst på strekksiden. Ståltrådbiter på 0,45–0,55 mm blåses mot bladet. Haggelblåsingens virker at overflaten blir plastisk kaldformet (komprimert) og det bygges opp en egenspenning (trykkspenning) i den ytterste randsonen. Ved belastning (strekk) vil denne egenspenning (trykk) senke spennings-spissene på overflaten. Haggelblåsingens har også en gunstig innvirkning på småriss i overflaten. Denne bearbeiding av fjærbladens strekkside har vist seg å gi fjæren økt levetid.

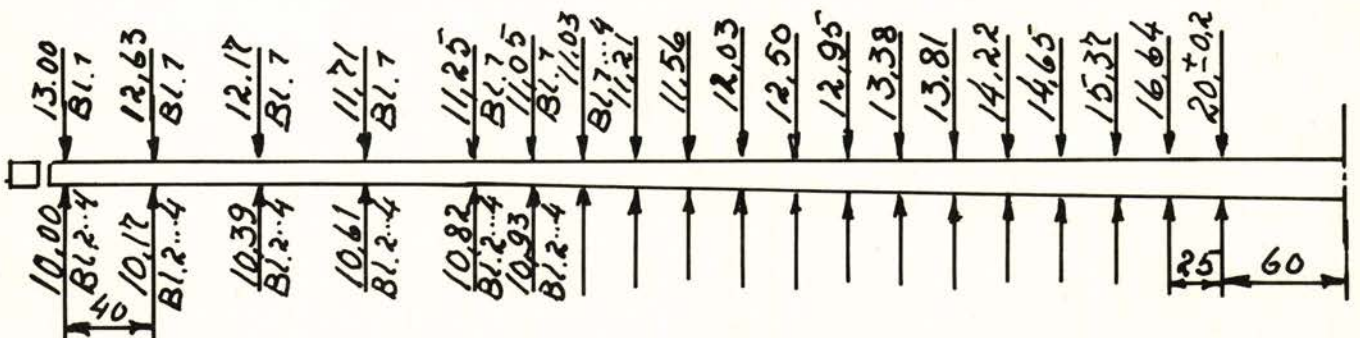
Da fjæren består av blader som i alle tverrsnitt har samme bøyespenning, egner den seg spesielt godt til å forspenne. Den utsettes da for en bestemt spenning som ligger over flytegrensen. Når lasten fjernes, vil man på grunn av den plastiske deformasjon i bladens randsoner ha en egenspenning som er motsatt rettet senere belastningsspenninger. Spennings-spissene på overflaten blir dermed mindre enn uten forspen-

ning. Dette hindrer også fjæren i å sette seg.

Fjærbladene overflatebehandles med korrosjonsbeskyttende maling og lakk. De kan også tektylbehandles. Dette kan gjøres fordi bladene bare berører hverandre i hver ende. Her er bladens glideflater entydig gitt – i motsetning til vanlige blad-fjærer – og slitasjen her har vist seg minimal. Andre fordeler fremfor vanlige blad-fjærer er at setning grunnet rustangrep eller punktvis overbelastning unngås. Tvilsom karakteristikk (stor hysteres) oppstår når smuss og rust kommer mellom bladene i stedet for fett. Dette unngås her da fjærene ikke skal smøres. Fjærene må betraktes som vedlikeholdsfrie. Etter de utførte prøver og de erfaringer man har til nå, vil levetiden bli betydelig lengre enn for vanlige blad-fjærer. Fjærbladens kompliserte tykkelsesforløp tilsier at en produksjon av fjærblad i en vanlig fjærsmie ved eventuell reparasjon av fjærer ikke er mulig. Utbytting av blader, omherding og den videre sammen-setning og behandling byr imidlertid ikke på spesielle vanskeligheter, selv om noe spesialutstyr må til.

NSB har allerede anskaffet 60 fjærer som nå monteres under spesielt torsjonsstive vogner, samtidig som 35 nybestilte vogner skal leveres med disse fjærene.

Fig. 4. Verkstedtegnning for parabelfjærblader.



dardisert som progressiv fjær for 2-akslede godsvogner. Fjæren er utviklet ved Stahlwerke Brüninghaus, Vest-Tyskland. Parabelfjærer er moderne blad-fjærer som i den senere tid har vært i bruk i bilindustrien, og da særlig på lastebiler og busser. Den kan utføres som en eller flerblads-fjær. Den foreslåtte fjæren, fig. 1, består av 4 hovedblad. Et tilleggsblad sørger for den progressive karakteristikk. Man har, som fig. 2 viser, ved tom vogn en forholdsvis bløt fjæring. Tilleggsbladet begynner å virke ved ca. 9 tonns akseltrykk. Det karakteristiske ved en parabelfjær er bladens tykkelsesforløp – se fig. 3. Ut fra kravet at alle tverrsnitt av et blad skal ha samme bøyespenning, får man ved konstant bladbredde og belastning et tykkelsesforløp i bladets lengderetning som vist på fig. 3.

Ligningen  $h(x) = h(p) \sqrt{\frac{x}{L}}$  uttrykker en parabel. Den konstante bøyespenningen i fjærens lengderetning gir en maksimal utnyttelse av fjærmaterialet og derfor en gunstig vekt.

I fjærklaven er bladene forsterket med ca. 10% i forhold til parabelhøyden  $h_p$  (fig. 3). Dette er gjort for å senke spenningen i det innspente området ved klaven. Bladene er i klaven sentrert i forhold til hverandre med en kuleflate. Et sinkbelagt bandstål på 2 mm bestemmer avstanden mellom bladene. Klaven er sveiset sammen etter at bladene er montert.

I hver ende er bladene utvalset til konstant tykkelse  $h'$  i de områdene hvor bladene berører hverandre – altså forsterket i forhold til parabellen. Fjærbladens tverrsnitt har en halvrund smalside. Bladene er beregnet for forholdsvis høye maksimale spenninger, og av den grunn unngås

# Ny europeisk standard personvogn

Bearbeidet av avdelingsingeniør Erling Nortvedt og overingeniør L. S. Pran

Som et ledd i bestrebelsene på standardisering av det europeiske jernbanemateriell har 6 jernbaneforvaltninger i Europa gått sammen om å utvikle en standard personvogn for trafikk over grensene. Fagfolk fra de 6 berørte forvaltninger i Tyskland (DB), Frankrike (SNCF), Italia (FS), Belgia (SNCB), Østerrike (ÖBB) og Sveits (SBB) har i fellesskap utarbeidet grunnkonseptet for vognens konstruksjon innen rammen av UIC's retningslinjer.

10 prototypvogner ble levert i 1974, og ikke mindre enn 500 vogner i serieutførelse er bestilt gjennom finansieringsfirmaet EUROFIMA, Basel. Byggingen av vognene er fordelt på følgende 6 leverandørbedrifter:

Tyskland:	Linke-Hofmann-Busch
	100 A-vogner
Frankrike:	Alstom
	100 A-vogner
Italia:	Fiat
	80 B-vogner
Belgia:	La Brugeoise et Nivelles
	40 A-vogner
	60 B-vogner
Østerrike:	Jenbacher Werke
	55 A- og
	Simmering-Graz-Pauker
	65 B-vogner

Boggiene er av type FIAT Y 0270S. Fiat leverer selv 300 boggi-par, La Brugeoise et Nivelles og Société Franco-Belge i Frankrike hver 100 boggi-par.

Samtlige 500 serievogner skal etter planene leveres i løpet av 1977.

Antallet fordeler seg som følger: DB, FS, ÖBB, SNCF hver 100 vogner

SNCB 80 vogner

SBB 20 vogner.

Serievognene, som tilsvarer UIC's enhets-personvogn Z1, er klimatisert og konstruert for en hastighet av 200 km/h. Det er kupévogner, med 9 kupéer i 1. klasse-vogner og 11 kupéer i 2. klasse-vogner.

Hovedmålene er:

Sporvidde	1435 mm
Lengde over buffere	26400 mm
Bredde	2825 mm
Høyde over skinne	4050 mm
Boggisenteravstand	19000 mm
Boggi-akselavstand	2500 mm
Vekt	43 t

Minste kurveradius:

Koplet	150 m
Tom og ukoplet	80 m

Vognstype	A	B
	(1. kl.)	(2. kl.)
Antall sittepl.	54	66
Klappseter i sidegang	0	18

Vognkassen er i moderne selvbærende stålkonstruksjon med solid avstivede endevegger for best mulig beskyttelse ved kollisjoner. Konstruksjonen er gjennomarbeidet med særlig henblikk på å forhindre korrosjonsskader.

Alle vinduer har dobbelt sikkerhetsglass. Vinduene kan brukes som

nødutganger ved at indre gummiprofil trekkes ut, slik at vinduet kan svinges inn i vognen. I sidegang og kupéer er gulvet utført «flytende» av hensyn til lydempingen. I kupéene er det benyttet slitesterke materialer som tilfredsstillende de strenge brannforskriftene som er satt opp. Innvendige konstruksjoner er utført med henblikk på lett vint rengjøring.

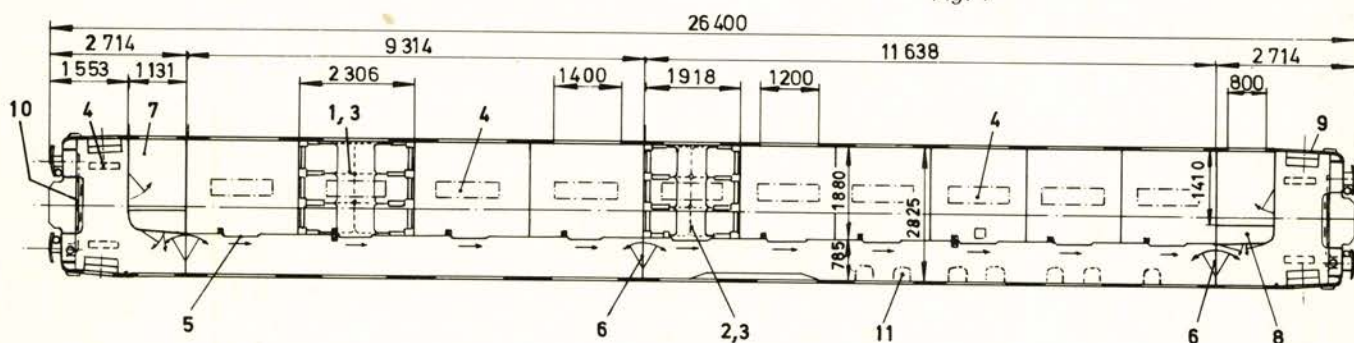
Et vesentlig trekk ved den nye enhetsvogn er innstigningspartiet med innvendige, bekvemme stigtrinn og trykkluftbetjente svingskyvedører, noe som også NSB satser på ved de nye B5- og A3-vogner. En forskjell ligger i at nedre trinn på enhetsvognen klappes ned når døren åpnes. Som ved våre B5/A3-vogner kan alle dører i togsettet lukkes av konduktøren fra en hvilken som helst dør i toget, og dørene blokkeres under fart. Blokkeringen kan oppheves i nødfall ved å betjene en plombert nødventil.

Strømforsyning – Klimaanlegg  
Vogner, beregnet på internasjonal trafikk, må via den gjennomgående togvarmeledning kunne forsynes med elektrisk kraft fra hvilket som helst av nedennevnte 4 strømsystemer.

- 1) Likestrøm 3000 V
- 2) Likestrøm 1500 V
- 3) Vekselstrøm 1000 V 16<sup>9</sup> Hz
- 4) Vekselstrøm 1500 V 50 Hz

(Ved likestrømdrevne baner, 1 og 2, blir kjøretrådets spenning ført di-

Fig. 1



- |                             |             |               |                        |
|-----------------------------|-------------|---------------|------------------------|
| 1 1.kl. avd                 | 4 Taklys    | 7 WC          | 10 Skyvedør i endevegg |
| 2 2.kl. avd                 | 5 Skyvedør  | 8 Apparatskap | 11 Klappsette          |
| 3 Uttrekkbart polstret sete | 6 Svingedør | 9 Inngangsdør |                        |

rekte inn på togvarmeledningen. Ved vekselstrømsdrevne, 3 og 4, blir kjøretrådets spenning nedtransformert fra 15 000 V, respektive 25 000 V, til 1000 V respektive 1500 V).

For å kunne forsyne vogner med klimaanlegg med elektrisk kraft av riktig frekvens og spenning har det hittil vært nødvendig å bygge inn en roterende omformer, bestående av en høyspenningmotor med dobbelt kommutator, direkte tilkopleet en generator. Generatoren leverte så elektrisk kraft til vognens elektriske anlegg, deriblandt klimaanlegget. (Som oftest ble det enten levert likestrøm eller 3-fase vekselstrøm 220/380 V 50 Hz). Nevnte høyspenningmotor har vist seg å være et meget ømfintlig ledd.

Halvlederteknikken har gjort det mulig å erstatte denne omformer med en såkalt statisk omformer, dvs. et aggregat uten bevegelige deler. Firma TCO (Traction CEM-Oerlikon) har, i samarbeid med SNCF utviklet og konstruert en slik.

Omformerer kan tilføres hvilken som helst av ovennevnte 4 spenninger, uten at det foretas omkoplinger, og den leverer alltid 3-fase vekselstrøm 220/380 V 50 Hz, se fig. 2. Ytelsen er 35 KVA.

Strømmen for togvarmeledningen

ledes først inn på en vanlig, ikke styrt, likeretter. Likestrømmen går «rett igjennom», vekselstrømmen blir likerettet og forlater likeretteren som er sterkt pulserende likestrøm.

Neste ledd er et såkalt L.C.-filter. Dette, som øker inngangsimpedansen, har som oppgave å glatte likestrømmen, som ellers vil pulsere for sterkt. Det har også en bioppgave. Likespenningsregulatoren (se nedenfor) generer elektriske svingninger som ikke må forplante seg tilbake til togvarmekabelen og spesielt ikke til dennes returledning, skinnegangen. Slipper de ned i skinnegangen, kan de ødelegge sikringsanleggenes sikre funksjon.

Filteret slipper ikke disse svingninger igjennom.

Neste ledd igjen er likespenningsregulatoren.

Denne tilføres en likespenning som kan ligge et eller annet sted mellom 800 og 3600 V. Regulatoren nedregulerer denne spenning til 470 V. Regulatoren arbeider med impulsbredestyring.

Impulsfrekvensen er 300 Hz.

Dernest kommer igjen et L. C.-filter og så sendes den nå konstante likespenning inn i en vekselretter som omformer den til 3-fase vekselspenning 380/220 V 50 Hz.

Siste ledd på skissen er en vanlig 3-fase transformator. Den har som oppgave å isolere vognens ledningsnett galvanisk fra omformerer og togvarmeledningen.

Vognens akkumulatorbatteri lades fra 3-fase-nettet, over en styrt likeretter av noenlunde vanlig konstruksjon.

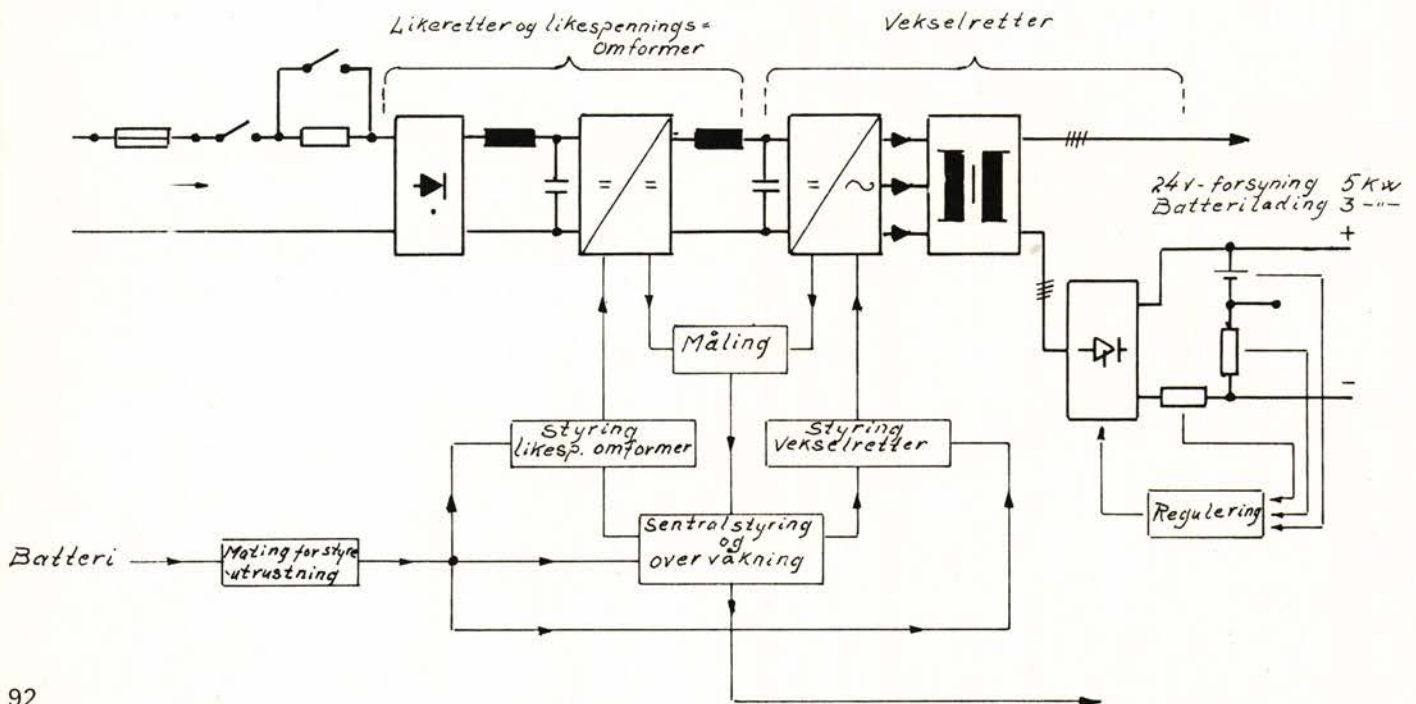
Denne likeretter inngår (ikke elektroteknisk) som en del av den statiske omformer.

Hele apparaturen er bygget inn i 2 apparatkasser under vognulvet. For å hindre tilsmussing skjer ventilasjonen ved hjelp av avluft fra klimaanlegget.

Klimaanlegget er et 2-kanalanlegg, system BBC, med 40 kW varmeytelse. Luftkapasiteten er på ca. 2000 m<sup>3</sup>/h ved 45 mm vannsøyfe. Anlegget har 2 ventilatorer. Total kjøletelse er 3000 kcal/h.

Temperaturen i de 2 kanaler – en for kald og en for varm luft – reguleres i et sentralt luftberedningsaggregat på en slik måte at ønsket temperatur i kupéene oppnås enkelt og raskt ved forandring av blandingsforholdet.

Fig. 2. Elektrisk koplings-skjema.



Avluften fra kupéene blir ledet ut i sidegangen til plattformene, hvorfra en del avviker gjennom utettheter, mens en annen del ledes til toalettrommet via en kanal med et innbygget varmeelement. Luften suges opp i toalettrommets tak og ledes derfra til de før nevnte apparatkasser under vognulvet. Toalettrommet er således sikret en god ventilasjon, samtidig som rommet får et lite undertrykk i forhold til plattform og sidegang.

Den valgte boggi, FIAT YO270S, er en videreutvikling av den boggi, FIAT 7195, som anvendes på TEE-vognene tilhørende FS. Et mellomstadium danner den boggitype, FIAT YO233, fig. 3, som er en av de 4 boggityper som er utprøvet på prototypvognene. På serieboggiene er tilgjengeligheten til enkelte elementer bedret, videre er av- og påløfting av vognkassen enklere. Boggien har H-ramme, lenkerførte hjulsatser, flexicoilfjæring (sekundærfjæringen) og trekk-kraftoverføring med langslenker. En torsjonsstav tjener som støtte ved vagging. Skal vognene anvendes i hastigheter over 160 km/h blir det påmontert en hydraulisk dreiestabilisator. Den mekaniske

forbindelse mellom boggi og vognkasse utgjøres av en mellomtravers påskrudd vognkassen. Vognkassens høyde justeres ved mellomlegg uten at herved elementer som f.eks. dempere berøres. Mellomtraversen støtter seg på hver side på 2 konsentriske flexicoil spiralfjærer med parallellkoplete hydrauliske dempere. Fjærene står direkte på boggirammen og opptar ved sin tverrstivhet dreiebevegelser og utpendling av vognkassen. Fjærene er lagret i spesielle gummielementer for å dempe lydovergangen.

Hjulsatsene har helhjul med diameter 920 mm. 2 bremsekiver med diameter 610 mm er påpresset hver av akslene. Hjulsatsene er konstruert i henhold til anbefalinger fra ORE-komiteé B 136.

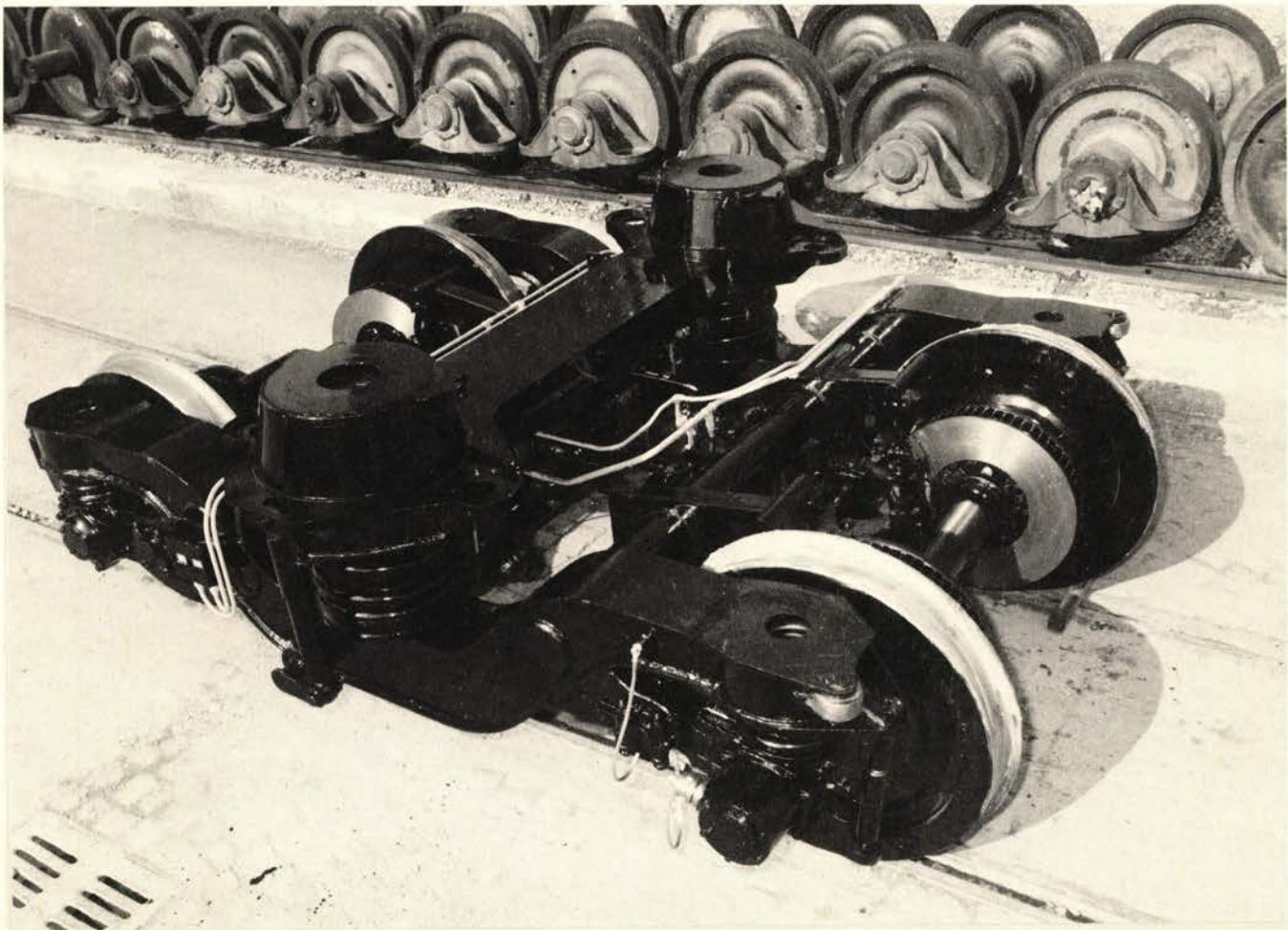
Når det gjelder bremsene, er det så langt mulig tatt hensyn til de respektive forvaltningers standarder. Således er også spesialutstyr som elektropneumatisk bremsemanøvrering og elektronisk glidevern av forskjellig utførelse. Vognene for DB og FS utstyres med ren skivebrems, mens de øvrige får en kombinert skive- og klossbrems. Ved senere

innsats i tog med opptil 200 km/h vil det i tillegg bli montert elektromagnetiske skinnebrems.

Ved valg av utvendige farver er det tatt hensyn til vognenes innsatsområde. DB's vogner får TEE/ic-togfarver, de fleste SNCF-vogner får «Coreil»-togets farver. Alle øvrige vogner får en enhetlig farvesammensetning, med sideveggene orangerfarvet med lys beige stripe under vinduspartiet. Boggier og vognkasse-skjørt får antrasittfarve, mens taket blir mørkegrått.

På bakgrunn av at de 6 jernbaneforvaltninger sikkert har hver sin spesielle oppfatning vedrørende konstruksjon og drift av jernbanemateriell, er dette første storstilte felles tiltak bemerkelsesverdig. Latente nasjonale motsetninger og egne kjepphester er ved dette prosjekt skjøvet til side. Det viser at det ute i Europa er en sterk vilje til å stå sammen for å ruste opp jernbanen på en rasjonell måte, og at man forstår verdien av at dette blir tydelig demonstrert for det reisende publikum

Fig. 3



# Nytt fra ORE, UIC m.v.

- Deutsche Bundesbahn har til hensikt å inngå utvikling- og leveringsavtale med firma BBC om levering av 5 lokomotiver for sitt 15 KV, 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hz elektriske nett. Lokomotivene får asynkronhovedmotorer, beregnet for inntil 160 km/h og vekten må ikke overstige 84 tonn. Bremsenergien må blant annet kunne tilbakeføres til nettet gjennom kjørelodningen ifølge utarbeidede spesifikasjonskrav fra DB.

Lokomotivene ventes levert i 1978 og dersom prøvedriften med de 5 lokomotivene faller heldig ut, vil de danne grunnlaget for DB's nye lokomotivgenerasjon.

- Alt synes nå lagt til rette for fremtidig å kunne innføre automatisk avlesing av vognnummerne i godstogene.

En rammeavtale som pålegger firma Siemens å gi lisensrettigheter til de enkelte UIC-medlemmer om produksjon og anvendelse av et såkalt Sicarid-svarapparat for montering på alle godsvogner, ble godkjent av ORE i oktober 1976.

Systemet er basert på at en mikrobølgesender i skinnegangen periodisk utstråler elektromagnetiske bølger variert over frekvensområde 3,1 til 4,2 GHz (Gigahertz). Det passive svarapparat monterte sentralt under vognene er utstyrt med 24 resonatorer (2 for hvert siffer i det 12-sifrede vognnr.). Disse opptar den utstrålte energi i sitt resonansområde og sender således en frekvensmodulert impuls for hver resonator tilbake til leseapparatet. Dette er sammenbygd med senderapparatet i skinnegangen.

Hvert siffer er tildelt et eget lite frekvensområde som igjen innen det 12-sifrede nummer tilkjennevis ved kombinasjon mellom resonatorer.

Svarapparatet er meget enkelt og kan ved montering på en godsvogn lett utstyres med de riktige resonatorer hvoretter svarapparatet må anses som vedlikeholdsfritt.

UIC har ikke besluttet tidspunktet for innføring av automatisk avlesing av vognnummerne i godstogene.

- UIC-arbeidsgruppen «Banens vedlikehold og materialer» utarbeider retningslinjer for kravene som må stilles til de forskjellige arbeidsmaskiner, blant annet hva angår nøyaktigheten og holdbarheten av baksing og pakking.

- Som et ledd i oppfølging av anbefalinger fra det europeiske frihandelsområde EFTA og FN's økonomiske kommisjon for Europa, ECE, tilstrebes for tiden å få harmonisert de tekniske forskrifter i medlemslandene så de ikke skaper tekniske hindringer for samhandelen mellom landene.

Foreløpige gjennomgørelser av NSB's tekniske forskrifter og spesifikasjoner synes å vise at disse er integrert med internasjonale regelverk i en slik grad at EFTA's og ECE's tilstrebelser foreløpig er imøtekommet.

- Den 21.11. 1976 begynte en internasjonal ECE-overenskomst om transport av lett bedervelige varer å tre i kraft. Avtalen stiller krav av isoleringsteknisk art til det materiell som kan nyttes. De land som ratifiserer overenskomsten kan ikke motta lett bedervelige varer transportert i materiell som ikke fyller kravene.

- Som kjent betinger innføringen av automatisk kopling en forutgående regjeringsavtale mellom de berørte land i Vest- og Øst-Europa.

Femårsplanen 1975-80 til de øst-europeiske land inneholder ingen investeringer til automatisk kopling. Dersom midler skal avses i planen 1980-85 må en Øst-Vest-avtale foreligge senest første halvdel 1978. I så fall kan automatkoplingen tidligst innføres i 1995.

Dersom en Øst-Vest-avtale ikke foreligger i begynnelsen av 1978, synes det som det nye koplingssystem tidligst kan innføres i år 2000.

- Jernbanene i Europa om 20 år?

Den avgåtte direktør for ORE – A. Toegel – har i samarbeid med en del medarbeidere satt opp et dokument med emnet «Tekniske skisser av jernbanen om 20 år». Her nevnes noen av hovedpunktene:

Jernbanesystemet vil bestå av et basissystem og et høyhastighetssystem. Basissystemet vil være temmelig likt det nåværende med blandet gods- og persontrafikk på samme linjer. Dette systemet klassifiseres i tre grupper:

- Strekninger for hastigheter inntil 200 km/h
- Strekninger for hastigheter inntil 160 km/h
- Sidebaner

Høyhastighetssystemet vil knytte sammen 10 til 20 europeiske byer. Dette systemet klassifiseres i to grupper:

- Strekninger for hastigheter inntil 300 km/h
- Strekninger for hastigheter inntil 250 km/h

Høyhastighetsbaner med bare persontrafikk får en forbedret tradisjonell overbygning. I de tilfeller høyhastighetsbaner brukes til blandet trafikk, kommer sannsynligvis et nytt overbygningssystem med betongplater i bruk.

Automatkopling vil være innført, men bare på 60% av godsvognene. De andre godsvognene brukes i faste togstammer (blokkto). Det maksimale akseltrykk vil være 22 tonn.

Det regnes med en økning av trafikken basert på Park-and-Ride-systemet, også for fjernstrekningene. Derfor må alle viktige knutepunktstasjoner skaffes et tilstrekkelig antall parkeringsplasser. Dessuten vil stasjonsgrunn i byer i stor grad være overbygget for bedre å kunne utnytte de kostbare arealer.

Lin – IP – Meu – Eri



## Ny type oppvarmet sikkerhetsglass monteres på lokomotiver og elektriske motorvognsett

Det har lenge vært et utbredt ønske blant det kjørende personale om bedre sikring av frontrutene på vårt materiell. Problemene med glasstyrken meldte seg først innen flyindustrien, idet luftens myke trafikanter, fuglene, ved stor kollisjonshastighet trengte gjennom selv tykke frontruter av luftherdet glass. Dette skapte selvsagt vanskeligheter for sikten, da glasset rundt hullet ble pulverisert til en ugjennomsiktig masse.

Bruk av semihardede ruter ville riktignok ved skader gi den ønskede sikt, men det måtte i så fall gå på bekostning av glasstyrken. Etter en tids eksperimenter ble kjøleluften er-

stattet med væske under herdeprosessen. Dette resulterte i en vesentlig sterkere herdning, samtidig som sikten forble uendret ved skader i glasset.

NSB har nå bestilt denne nye type sikkerhetsglass som skal prøves i vinter på 5 stk. lok EL 14 og 5 stk. motorvognsett type 69. Fronrutene, som er laget av laminert VHR-glass (very high resistance), er utstyrt med termostatstyrt elektrisk ledende varmemfilm som skal hindre dugg- og isdannelse. Mellom de 3 lag glass er det støpt inn 2 sjikt myk polyvinylbutyral. Dette stoffet virker som et dempende medium ved slag.

Forskjellige styrkeprøver utført ved Centre Expérimental Aéronautique de Toulouse, Frankrike såvel som ved Deutsche Bundesbahns laboratorium, virker meget overbevisende m.h.t. glassets motstandsevne. Fronrutene til vårt materiell, hvor glasstykkelsen blir 21–22,5 mm, garanteres å motstå gjennomtrenging av en rund sten med vekt 1 kg i hastigheten 300 km/h.

Man skulle således kunne vente overbevisende resultater av prøve-driften. De nye fronrutene gjør at de sjenerende gitter kan fjernes.

STH

## Lærebok om frost i jord og sikring mot teleskader.

Frostproblemer i forbindelse med jernbaner, veier, bygninger og ledninger har stor økonomisk betydning i Norge. Det har i de senere år foregått en omfattende forskningsinnsats for å komme frem til sikringsmetoder som eliminerer teleskadene. De praktiske resultater av de seneste års forskning foreligger i form av

en lærebok på over 300 sider beregnet på statlige og kommunale etater, byggherrer, konsulenter og entreprenører.

Boken inneholder et eget kapittel om *frostsikring av jernbaner*. Boken koster kr. 150,- og kan bestilles ved:

Veglaboratoriet, Utvalg for frost i jord, Gaustadalleen 25, Oslo 3. HHK

## Tunneltetting med PVC-duk.

I motsetning til isolasjonsmaterialer på bitumen-basis er det mulig å fremstille PVC-duk med så gode elastiske egenskaper at den kan benyttes som tetningsduk selv på svært ujevnt underlag, som f.eks. sprøytebetong. Duken festes til profilet ved hjelp av innstøpte kunststoffplater, mens skjøten mellom to baner

sveises termisk med varmluft. Denne dobbeltsømmen kontrolleres ved å pumpe inn trykkluft mellom sveisesømmene. PVC-duken bør ha eZ tykkelse på 1,5–2 mm. Konstruksjonsstøpen avslutter det hele.

(Schweizerische Bauzeitung, 94 (1976), h. 46, s. 699–701). TeHa

## Arbeidsgruppe for vurdering av utstyr for automatisk togstopp.

Som kjent vedtok Styret for NSB i sitt møte 8. juni i år i prinsippet at det skal utbygges et system for automatisk togstopp ved NSB, primært i samarbeid med SJ.

Hovedadministrasjonen har nå inngått avtale med SJ's Centralforvaltning som gir NSB adgang til å anvende samme utrustning for sitt togstoppssystem som SJ anvender i sitt system for automatisk hastighetsovervåking (ATC).

Det er nå på det rene at SJ vil bestille systemets utrustning fra firmaene L. M. Ericsson AB og Standard Radio & Telefon AB

Når det gjelder NSB's utrustning for togstoppssystemet må det således treffes et valg av leverandør før forhandlinger kan opptas. For å utrede diverse spørsmål i forbindelse med innføring av automatisk togstoppssystem ved NSB er det oppnevnt en tverrfaglig gruppe med overingeniør Sv.

Kloster, Hovedadministrasjonens Elektro-avdeling, som formann.

Gruppen har fått følgende mandat:

1. Foreta de vurderinger som antas relevante for at det kan tas standpunkt til leverandør av utstyret.
2. Foreta de vurderinger som anses relevante for at SJ's system blir mest mulig hensiktsmessig for NSB's formål.

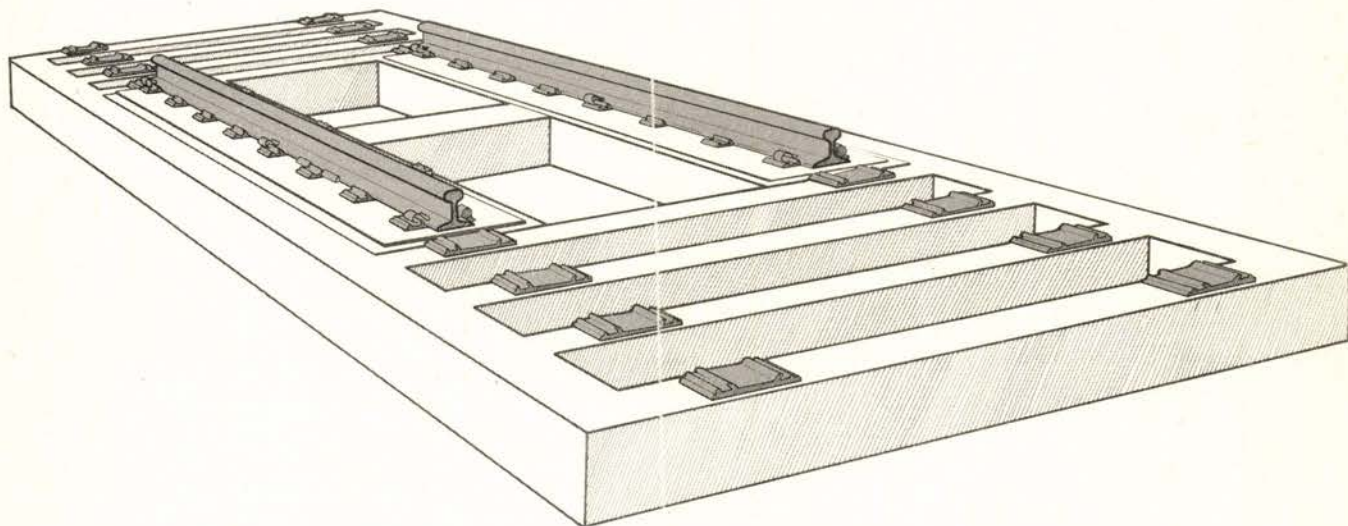
Herunder vurderes spørsmål i

forbindelse med plassering og bruk av utstyr i førerrom og plassering og montering av systemets øvrige utstyr i det rullende materiell.

Det skal has for øye at det senere kan bli aktuelt å utvide systemet til et system for automatisk hastighetsovervåking (ATC).

Gruppen forutsettes å være i funksjon inntil man har avklart de konstruktive og bruksmessige sider i forbindelse med innføring av togstoppssystemet.

## Elektronisk vognvekt med mange muligheter.



Ved Egersund stasjon er det tatt i bruk en elektronisk vognvekt som på mange måter representerer ny og avansert teknikk. Vekten har typebetegnelsen «TRAPPER» og er levert av det svenske firmaet TELUB A/B. Med den nye vekten er det mulig å skaffe flere opplysninger og veie raskere enn ved NSB's øvrige vognvekter. Veieing av et 200 m langt tog tar f.eks. bare 2 1/2 minutt. Med noe tillegging av ruteopplegget skal alle godstog som passerer stasjonen kunne veies, noe de tregere mekaniske vekter ikke tillater.

Vekten kan innstilles for automatisk eller manuell veieing. Automatisk veieing brukes ved veieing av tog i bevegelse med hastigheter opp til 5 km/h. Vekt av hver vogn skrives ned og summe-

res slik at togvekt er kjent straks siste vogn har passert. Foruten dette registreres eventuell skjevbelastning, d.v.s. forskjell i hjultrykk på vektens skinner. Er skjevheten utilatelig stor, varsles dette ved varselampe og ved et spesielt tegn ved vektangivelsen på veieseddelen. Et instrument viser prosent skjevhet og skjevhetens retning.

Manuell veieing må brukes der veieresultatet skal legges til grunn for fraktberegning eller oppgjør kunder imellom. Vognen må da stå i ro på vekten. Ved manuell veieing kan hvert enkelt akseltrykk kontrolleres og utskrives.

### *Tekniske hoveddata.*

Veiekapasiteten er 60 tonn med minstedeling 50 kg ved ordinær veieing og 5 kg ved manuell kontroll og nullstil-

ling. Vektimpulsene gis av 4 lastceller plassert i en 4,25 m lang veiebro. Veiebroen er uten spesielt fundament og er plassert i et togspor med pukkballast. Styring av automatisk veieing skjer vesentlig ved hjelp av 4 magnetiske skinnkontakter og 4 fotocelleenheter.

Veieinstrumentet med skjevlastindikator, skrive- og regneenhet, digitaldisplay og betjeningsorganer er plassert i eget hus.

Vekten arbeider i prinsippet slik at 2 akseltrykk/boggtrykk kontrolleres hver for seg og summeres. Vogner med mer enn 2 enkeltakslinger, eller boggier med mer enn 2 aksler, må som regel veies manuelt.

### *Erfaringer hittil.*

Vekten har vært i bruk ca. 1 år og tilfredsstillende fullt ut de

stilte krav. Med nåværende ruteopplegg er det foreløpig bare et tog som veies daglig. I den første tiden ble det registrert en del overlastede vogner. Dette bedret seg raskt da vekten ble kjent.

Skjevlastingsregistratoren har vist seg meget nyttig og har gitt grunnlag for tiltak med sikte på riktigere lastning. De alvorligste tilfellene «skjevlast» må imidlertid tilskrives feil ved vognene. Skjevhet i vognramme, dårlige fjærer m.v. har ofte vist seg å gi utilatelig stor skjevfordeling av hjultrykk. Slike vogner er avsporsfarlige og må sendes til verksted.

Etter hvert som erfaring høstes og bruken av vekten utvides, vil den kunne bidra vesentlig til å øke sikkerheten i godstransporten.

MHu

## Vedlikeholdsfrie sporveksler

I det sveitsiske jernbanenettet med ca. 3000 km lengde ligger rundt 14 000 sporveksler. Disse må jevnlig vedlikeholdes, d.v.s. renses og smøres. Det er derfor blitt konstruert vedlikeholdsfrie sporveksler.

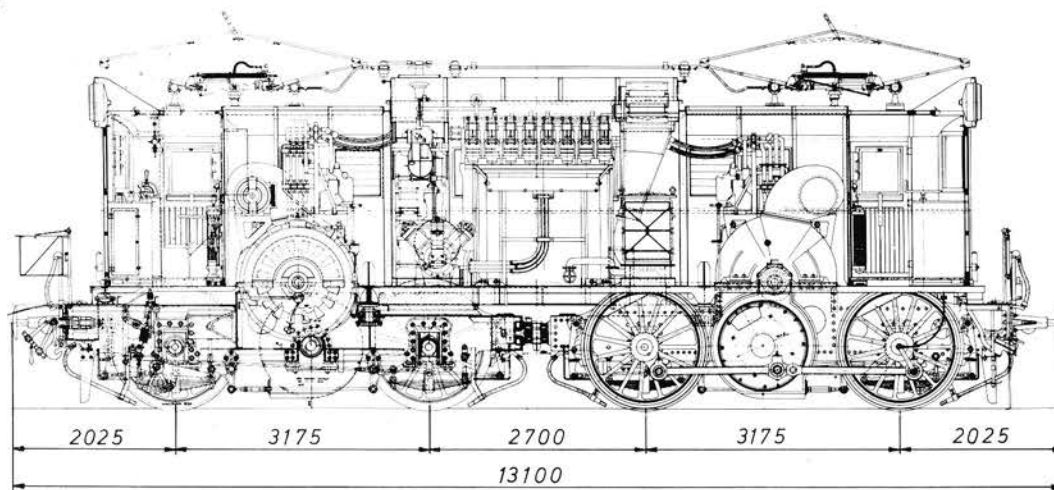
Det vesentligste ved nykonstruksjonen er de 26 glideelementene (lx bxt = 180 x 38 x 7 mm) av kunststoffet Utradur som den 300 kg tunge vekseltungen forskyves på. Kunststoffelementene er bygget inn slik at de

ikke deformeres selv ved store mekaniske påkjenninger, og materialegenskapene har vist seg gode etter et års prøve med temperaturvariasjoner fra + 80°C til - 30°C. Slitestyren skulle tilsi at elementenes levealder ikke er mindre enn

for tilsvarende glideplater av stål. (Schweizerische Bauzeitung, 94 (1976), h. 43, s. 66).

TeHa

## El. 5



### LOKOMOTIV TYPE EL 5

Antall bygget: 12

Hjulordning: B'B'

Lok.nummer: 2035–2043, 2051–2053

Byggeår: 1927, 1930, 1936

Fabrikant: AEG, NEBB, Per Kure, Siemens.

Hamar og Thune mek. verksteder

Største hastighet: 70 km/h

Strømsystem: En-fas, 15 kV, 16 2/3 Hz

Motorer, effekt: 2 x 700 hk (ca. 1030 kW)

Drivhuldiameter: 1530 mm

Totalvekt: 66,8 tonn (67,2 tonn for 2051–2053)

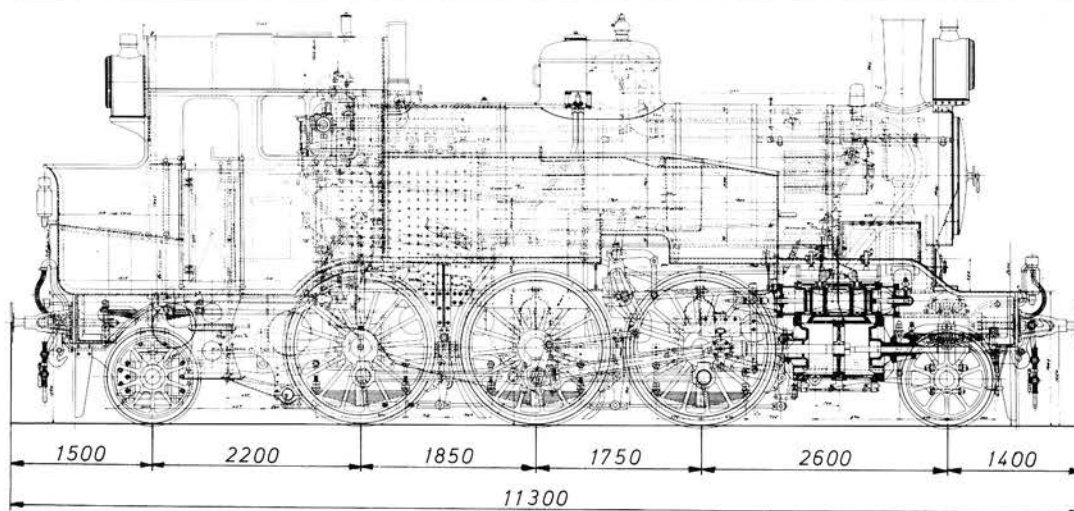
Adhesjonsvekt: 66,8 tonn (67,2 tonn)

Lok.typen opprinnelig bestilt av Norsk Hoved-Jernbane for strekningen Oslo – Lillestrøm. Alltid benyttet i Oslo distrikt.

Siste utrangert: 12.12.1972 (2039, 42 og 43)

Bevart: 2039. Overtatt av Norsk Teknisk Museum. I avtale med Norsk Jernbaneklubb er lokomotivet restaurert og holdes i driftklar stand for ekstratog.

## Type 32



### LOKOMOTIV TYPE 32

Antall bygget: 24

Hjulordning: 1'C 1'

Lok.nummer: 13, 14, 331–335, 384–390

Byggeår: 1917

Fabrikant: Baldwin Locomotive Works, USA.

Lok.nummer: 283, 286–291

Byggeår: 1915

Fabrikant: Hamar Jernstøberi & Mek. Verksted

Lok.nummer: 407–409

Fabrikant: Svenska Järnvägsverkstederna, Falun

Byggeår: 1921

Største hastighet: 75 km/h

Maskin: 2-syl. tvilling (Ø 525 x 600)

Kjeletrykk: 12 kp/cm<sup>2</sup>

Drivhuldiameter: 1600 mm

Totalvekt: 66,6 tonn (32 a)

Adhesjonsvekt: 43,6 tonn (m. full beholdning)

Beholdning: 7,3 tonn vann, 2,5 tonn kull

Siste utrangert: 21.4.1969 (288)

Bevart: 32a nr. 288, Jernbanemuseet, Hamar.

Lok.typen opprinnelig anvendt til persontog på lokalstrekninger, senere i mindre godstog og skiftetjeneste.

**EI. 5**



**Type 32**

