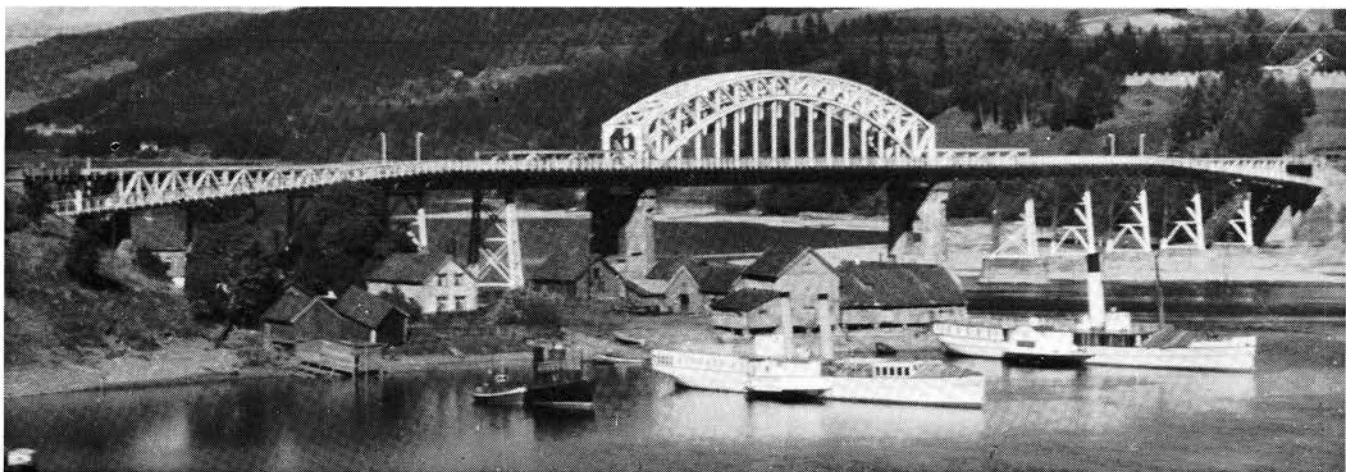
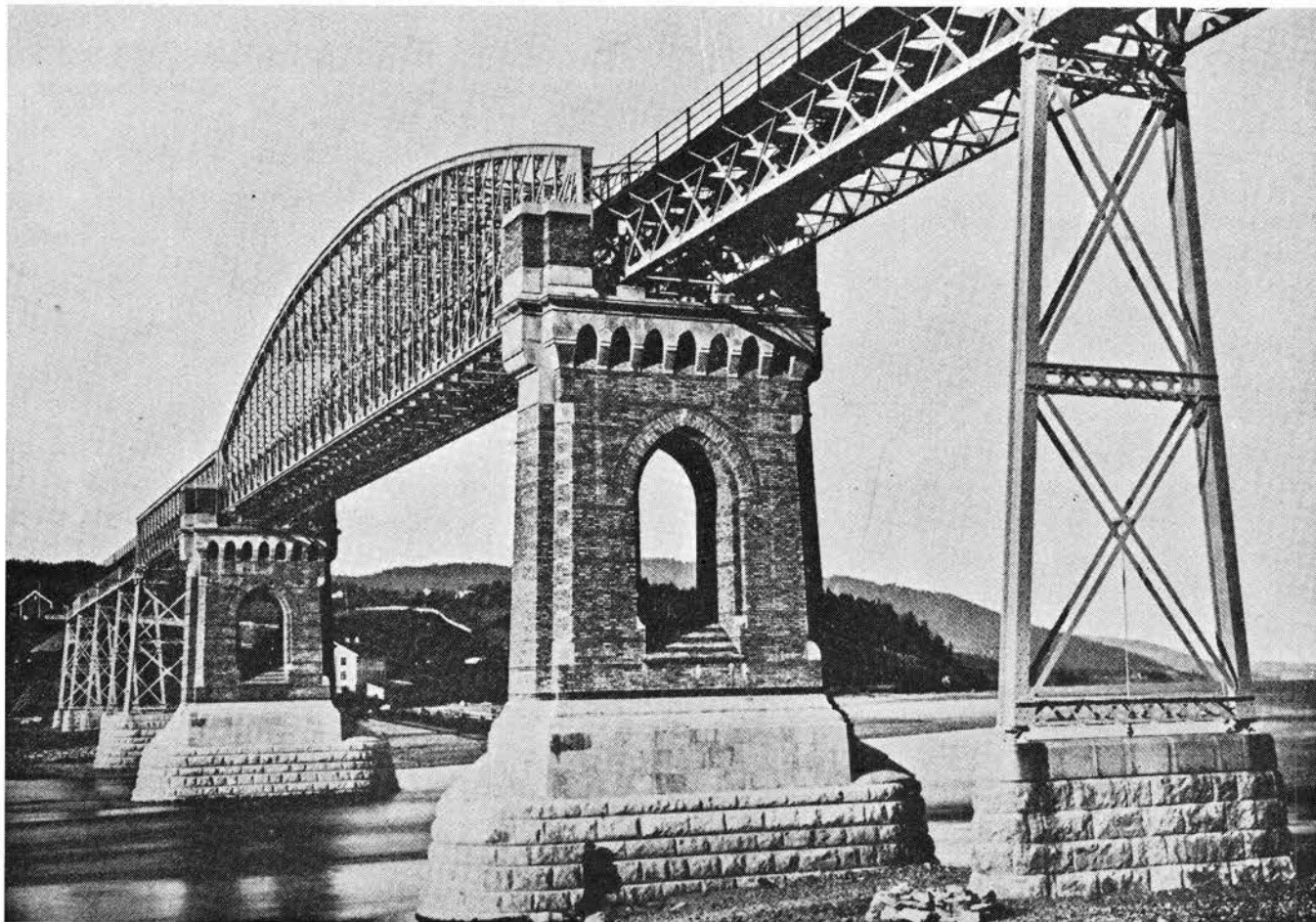


# NSB- teknikk

3  
1976

Teknisk informasjon fra Norges Statsbaner





## MINNESUND BRU

En av de største jernbanebruer i Norge er Minnesund bru. Den første bru her ble bygget i 1879 og hadde, regnet fra vest, 7 spenn à 20 m på pendelpilarer, et hovedspenn med 62 m spennvidde på høye murpilarer, videre et 40 m spenn og 6 spenn à 20 m, slik at totallengden var 362 m. Ansvarlig for konstruksjonen var brukontorets daværende sjef, A. J. Petterson. Hovedspennets murpilarer ble tegnet av arkitekt B. Lange. Jernoverbygningen ble levert av det tyske firma A/G Harkort i Duisburg. Brua vakte oppsikt i samtiden og er

bl.a. avbildet i bokverket "A hundred years of German bridge building", som ble gitt ut til Paris-utstillingen i 1900. (Bilde nr. 1).

Den senere regulering av Mjøsa, med senkning av lavvannstanden, brakte hovedspennets murpilarer i fare, og en ombygging av disse måtte derfor foretas. De nye pilarer ble bygget 10 m bakenfor de gamle. Det nye hovedspenn fikk derfor en spennvidde på 82 meter, 20 m lenger enn det gamle. Det ble utført som en buekonstruksjon og ble montert over det gamle spenn, mens trafikken

fortsatt gikk på dette. Det gamle 40 m spenn på østsiden og de to nærmeste 20 m spenn vest for hovedspennet ble erstattet av to 30 m spenn. Denne ombygging var fullført i 1913.

De resterende 20 m spenn ble erstattet av nye i årene 1922–25. Den nye bru ble bygget som en kombinert vei- og jernbanebru, idet det ble anlagt veibane på utkragede konsoller på begge sider av brua. (Bilde nr.2). Disse veibaner ble fjernet i 1965, etter at den nye Minnesund veibru var bygget.

Informasjonsblad  
for Norges Statsbaner

Årgang 2, 1976  
Nummer 3

Utgiver:  
Norges Statsbaner  
Hovedadministrasjonen  
Storgt. 33  
Oslo 1

Telefon: (02) 20 95 50.



Redaksjonsutvalg:  
P. Bøyum (formann)  
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:  
Roter i aksjon på  
Bergensbanen

## Innhold

- UDC 625.174(481)
- Evenmo, Ole: Snøryddingen ved NSB. (Snow clearance on the Norwegian State Railways.)** s. 50
- This article describes the snow problems on Norwegian State Railways and the machines used to keep lines and stations clear of snow. The article also describes snow clearing procedure on the main lines during snowstorms and difficult weather conditions. The clearing of large stations, marshalling yards and groups of points, and protective measures including the building of snowheds and fences on the most exposed sections of the mountain lines are also described.
- Sunde, Trygve: Dieseldrevet roterende snøplog type Di R3** S. 58
- Benneche, H.: Nye elektriske lokomotiver til NSB – lok-type EI 16** s. 61
- UDC 624.192(481)
- Hartmark, H.: Lieråsen tunnel – sikringsarbeider. (Lieråsen tunnelsecuring work.)** s. 63
- Lieråsen tunnel, which is the longest traffic tunnel in northern Europe, was opened for rail traffic in 1973.
- The rock through which the tunnel passes is fissured, water-bearing granite. The difference in level between the two tunnel mouths is 90 meters and this causes a strong, upward current of air, a chimney effect, which in the wintertime allows frost to penetrate several kilometers into the tunnel. Mechanical weathering of the rock due to frost causes fall of stone from the tunnel vault.
- This article describes measures to prevent rockfalls and to safeguard rail traffic.
- Pran, L. Severin: Statistiske omformere for sikringsanlegg** s. 70
- Nytt fra ORE, UIC m. c.** s. 72

# Snøryddingen ved NSB

Av overingeniør Ole Evenmo

Snøryddingsarbeidet ved NSB som tidligere var svært mannskapskrevende, er etter hvert blitt mer og mer mekanisert.

En stor del av linjestrekningen er etter hvert blitt elektrifisert, og dette har medført økede kjørehastigheter som krever større påpasselighet i linjeryddingen, især på høyfjellet, for bl.a. å unngå ubehagelig harde buttinger mot oppstående snøskavler i sporet. Innføring av fjernstyring – CTC – og ubetjente stasjoner har medført nye arbeidsrutiner i snøryddingen.

For å belyse de anstrengelser som gjøres og er gjort for å minske snøryddingsutgiftene, vil det i første rekke her bli redegjort for de maskiner og det utstyr som i dag nyttes for rydding av snø og is på linjen og på stasjonsområdene.

For linjeryddingen er toglokomotiver vinterstid utstyrt med *underhengt frontplog* (fig. 1). Den rydder i en bredde av 2,50 m og kan kaste snøen over brøytekanter på inntil 1 m.

*Stor frontplog* (fig. 2) nyttes bare på utsatte strekninger under vanskelige værforhold. Den kaster snøen både høyere og lengre ut enn den underhengte plogen. Stor frontplog rydder i en bredde på 2,50 m og kan kaste snøen over brøytekanter på inntil 2,00 m. Et lokomotiv med stor



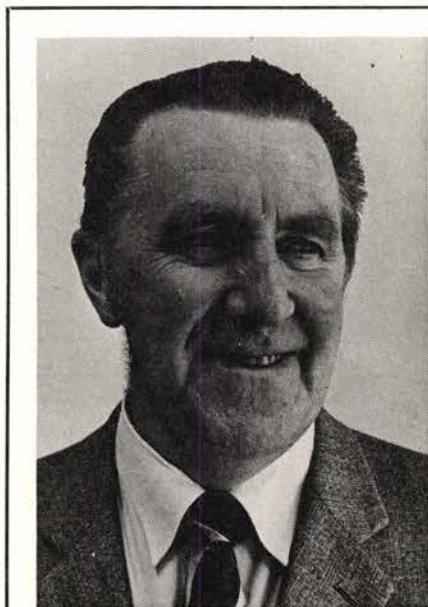
Fig. 1.

frontplog kan bare koples i den ene enden og må snus når det skal skifte kjøreretning. Denne ulempe unngås ved underhengt frontplog. Generelt kan sies at frontplog montert på toglokomotivet ikke kan unnværes under våre klimatiske høyfjellsforhold, hvis man skal ha håp om å holde togene i rute vinterstid.

Løslokomotiv med stor frontplog nyttes for rett og slett og holde linjen åpen under snøstorm og uvær.

Det kan da kjøres uavbrutt fram og tilbake over de mest utsatte strekninger. Løslokomotiv med stor frontplog har den fordel at det ikke trengs særskilt bemanning utover lokomotivpersonalet. Det kan fremføres i mørke uten særlige forholdsregler og er således en både rask og enkel løsning. Det blir selvfølgelig da tale om selve hovedlinjen, å holde sporet åpent så man ikke skal risikere at tog kjører seg fast, for det er det verste som kan hende. Det blir nemlig umulig å få til noen effektiv rydding før man får det fastsnødde materiellet løs – en vanskelig oppgave under slike værforhold. Det vil da ofte gå så lang tid at resten av linjen er fullfoket av snø.

Hva er det som foregår når et tog med plog kjører seg fast i snøen? Så lenge et slikt tog er i stand til å holde god hastighet, kaster plogen snøen langt til siden. Men når farten minsker, ruller snøen tilbake bak plogen og pakker seg omkring hjulene. Dermed øker togmotstanden raskt, farten minsker, og hvis snøfonnene er lange, kan fastkjøring bli følgen. Kjører toget uten stor frontplog, vil dette desto snarere inntreffe. Selv om et tog under disse forhold har klart å kjøre gjennom snøfonnene uten å bli sittende fast, så vil det i mange tilfelle ha pakket snøen så fast omkring skinnene at det neste tog vil ha desto vanskeligere for å overvinne motstanden og kjører seg fast. Snøkon-



*Ole Evenmo er sivilingeniør fra NTH 1939. Han har vært ansatt ved NSB siden 1939, først som assistentingeniør ved jernbaneanleggene, fra 1946 som baneingeniør i Hamar distrikt. I 1963 kom han til Hovedadministrasjonen som overingeniør ved Baneavdelingens vedlikeholdskontor.*

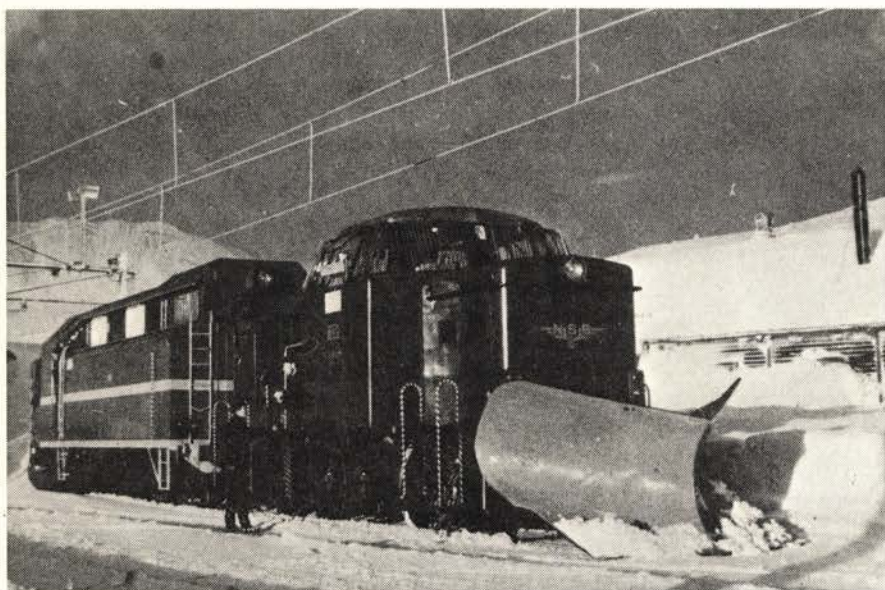


Fig. 2.

sistensen har også mye å si, og våt snø under snøstorm omkring 0 er vel så farlig som tørr fokksnø. Å kjøre tog uten stor frontplog under slike forhold kan bli en skjebnesvanger forsømmelse.

*Sporrenser* (fig. 3) kjøres med ekstralokomotiv og nyttes for å rydde og rense sporet til ca. 8 cm under skinnetopp. Den rydder og renser opp bl.a. for hard snø i midten og utenfor skinnene. Den etterhengte typen som NSB har utviklet og nå satser på, rydder i en bredde på 2,8 m, og kaster snøen over brøytekanter på ca. 2,5 m. Denne sporrenser-typen har vist seg meget effektiv og kan ta meget fast og hardtråkket snø. Den har utmerkede kasteegenskaper ved en kjørehastighet på ca. 70 km/h. Sporrenseren manøvreres opp og ned ved hjelp av trykkluft fra egen sporrenservogn. Sporrenservognen er utstyrt med egen signalledning fram til lokomotivet. Vognen har 2-manns betjening (en på hver side for sikt). Da denne sporrenseren renser opp i sporet til 8 cm under skinnetopp, må den løftes over planovergangslimmer og sporveksler. Slike steder blir derfor avmerket med varselskilt. Som ekstra sikkerhet legges en 4 m lang oppkjørsplanke foran slike farepunkter. Men til tross for dette må man holde utkikk forover og følge med, og dette

kan bli meget anstrengende i snøføyken. Det er derfor meget viktig at betjeningsmannskapet er godt kjent på strekningen. Helst burde sporrenseren kjøres over strekningen en gang om høsten før snøen kommer, slik at man har sikkerhet for eventuelle overraskelser som snøen kan skjule.

Sporrenservognens vinduer må være av herdet glass, da harde snø og isklumper kan bli kastet mot disse. Kontakt mellom sporrenservognens og lokomotivets personale foregår også over radio.

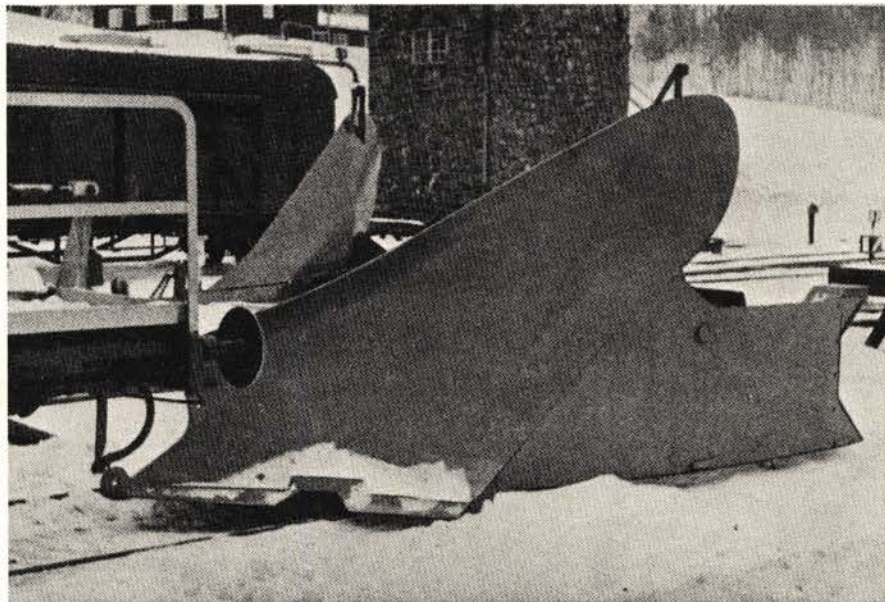


Fig. 3.

Når snømengdene er blitt så store at sporrenseren ikke klarer å kaste snøen over snøskjæringene, må det settes inn snøfreser for rydding og utvidelse av snøprofilen. I første rekke nyttes hos oss *snøfreser-uniter* (fig. 4). Disse snøfreserne har egen dieseldrevet motor på 180 Hk. Disse unitene veier tilsammen 2500 kg og må tilkoples et skyveaggregat, f.eks. hjulgående traktorer.

Montert på industritraktorer er de svært hendige, da de kan kjøres ut til siden utenfor sporet for togpasseringer. Slike uniter kan også monteres på traller. Festet på svingarmer oppe på trallen kan man på denne måten utvide profilen etter ønske (fig. 5). Skjæringene kan bli så høye at selv disse freserne ikke klarer å kaste snøen direkte over skjæringskanten. Da kan utkastertrakten snues fra førerretet slik at snøen kastes forover i skjæringen inntil man kommer til et sted i skjæringen der snøen kan kastes ut til siden. Ved å frese snøen slik flere ganger, minker den dessuten betraktelig i volum. Traktorfreserne er meget allsidig anvendelige og nyttes foruten til de kritiske punkter på linjen også til stasjonsrydding.

Selve modernmaskinen – traktoren – er en universalmaskin som med diverse tilkoblingsutstyr kan nyttes til mange arbeidsoppgaver så vel som-



Fig. 4.

mer som vinter. Traktor med fres er hos oss blitt uunnværlig vinterutstyr.

NSB har noen særlig vanskelige og utsatte høyfjellsstrekninger – Bergensbanen og Nordlandsbanens høyfjellspartier, der selv det nevnte utstyr ikke strekker til. Fokksnø, vind og snøstormer kan der på et øyeblikk fylle linje og skjæringer. Av stort og tungt maskinelt utstyr for disse partier har NSB idag 3 store diesel-drevne rotere, 1 Henschel (fig. 6) og 2 Beilhack (fig. 7), og 1 dampdrevne. 2 av disse roterne, nemlig Henschelroteren og damproteren, har et stort roterende skovhjul. De 2 Beilhackroterne har hver 2 skovhjul.

Skovhjulet på Henschel-roteren drives av en motor på 800 HK. Roteren har egen fremdriftsmotor på 440 HK og kan fremføres under løskjøring med en hastighet på 60 km/h. Under snørydding nyttes skyvelok. Det er en fordel å nytte diedseldrevet skyvelok fremfor elektrisk, da snøstrålen fra den roterende har lett for å samle mye snø på lok-taket – særlig under ugunstige vindforhold. Dette kan føre til at det blir vanskelig å manøvrere strømvakterne. For rydding av linjen etter snøras har såvel Henschel-roteren som damproteren vist seg meget effektive. Begge disse roterne rydder til en bredde på ca. 3,40 m.

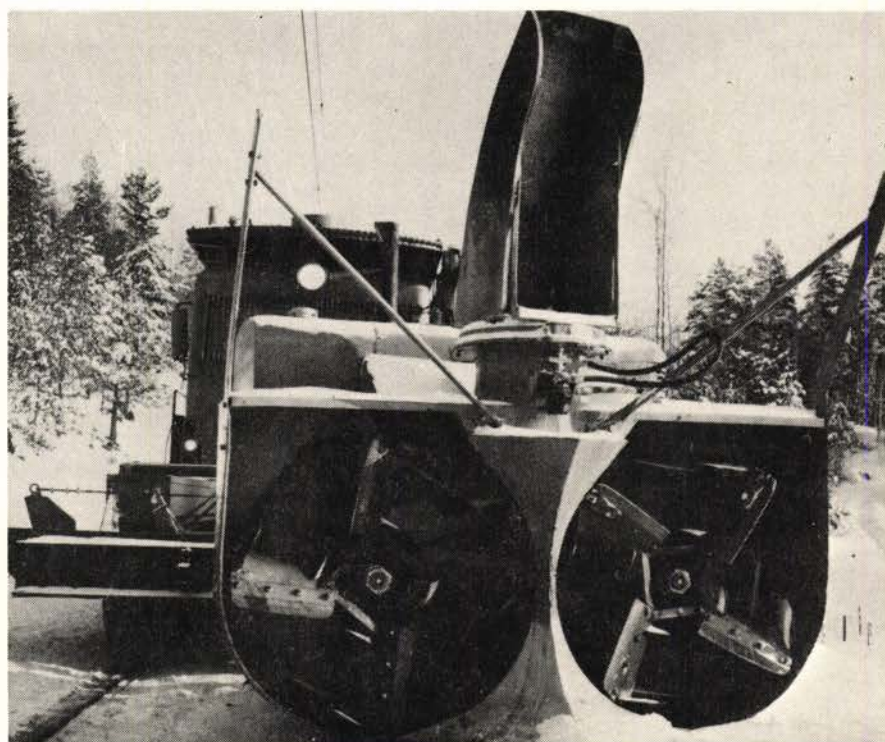
kan dreies på understellet og dermed endre «kjøreretning». Under freserens ramme er festet en trykkluftdrevet snøplog som renser mellom skinnene. I sommerhalvåret tas snøutstyret av, og roterne nyttes som trekraft til ballastkjøring m.v. For teknisk detaljbeskrivelse viser man til o.ing. Sundes redegjørelse.

For å utvide brøyteprofilen ytterligere utover lasteprofilen, nyttes *snøskrape* (fig. 8) som trekkes av lokomotiv. Den virker som en plog som kjører baklengs og samler snøen fra sidene inn i spormidtd ved hjelp av to stillbare vinger. Vingene manøvreres hydraulisk eller med trykkluft fra snøskrapevognen. Vingene på skrapen kan slås ut til maks. 2,75 m til hver side, ryddebredde blir da til sammen 5,50 m. Bak snøskraperen må det kjøres snøfreser for å fjerne snøen som skrapen har samlet inn. Denne fremgangsmåten for rydding på høyfjellsstrekningene er både tungvint og mannskapskrevende. Den sist anskaffede Beilhack-roteren har derimot *sideforstillbare freserhoder*. Dette vil overflødiggjøre den omstendelige kombinasjonsbruken av skrape og freser for utvidelse av snøprofilen.

Skrapen har også vært nyttet

De to fresehodene på den første Beilhack-roteren drives av hver sin motor på 304 HK, og roterens fremdriftsmotor er på 217 HK: På den sist anskaffede Beilhackroter er freserhodene sideforstillbare. Freserhodene drives av hver sin dieselmotor på 425 HK og fremdriftsmotoren på denne er på 355 HK. Disse Beilhackroterne

Fig. 5.



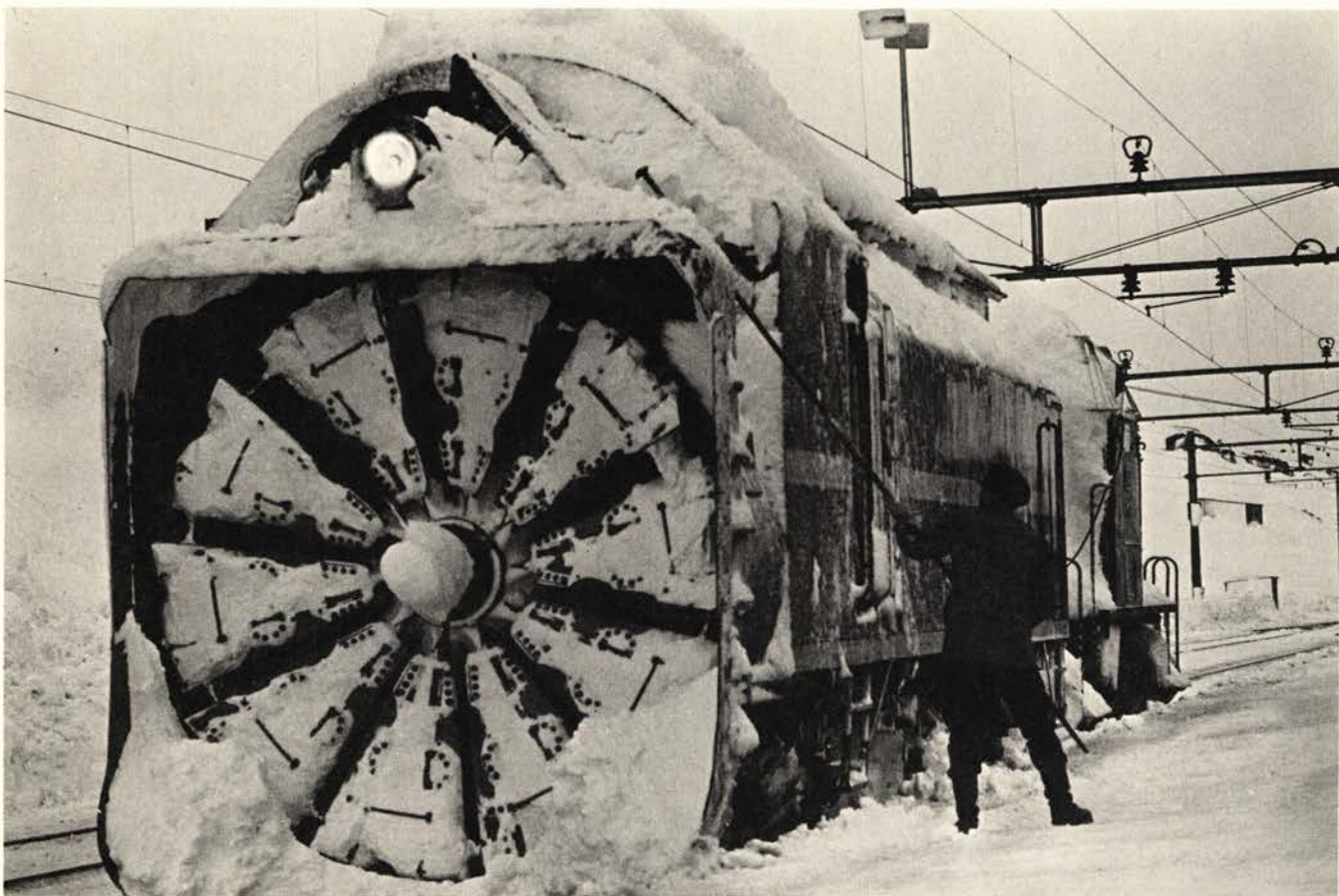


Fig. 6.

alene til utkjøring av snø fra snøoverbygg, åpninger og trange skjæringer, ved å lukke vingene bak. Fjer-

Fig. 7.



ning av denne snøsamlingen fra spormidlet foretas med lukket skrape i motsatt kjøreretning. Den virker da som spissplog.

På de mest utsatte partier på høyfjellet og fremfor alt i fjellskjæringer settes opp permanente snøoverbygg

(fig. 9). Etterhvert har takformen på disse fått endret utforming, fra rundtømmerbygg med spisst tak til flate tak med utoverhellende vegger (8 : 1). Dette bl.a. for å unngå at veggene blir utsatt for store sidetrykk av snømassene. Til tak og vegger ble tidligere nyttig liggende bordkledning. Det har også vært nyttig laminerte buekonstruksjoner i tre, kledd med aluminiumsplater i stedet for bord. Arbeidet med reparasjoner av gamle snøoverbygg og oppsetting av nye foregår hver sommer etter bestemte planer, men den korte arbeidssesongen i dette område begrenser gjennomføringen.

Det er også utført en del forsøk med aluminium som materiale i hele overbygget. Overbyggene utstyres med luker langs den ene siden for å skaffe lys og luft inn i byggene om sommeren, og dette gir da også utsiktsmulighet for de reisende. På høyfjellet blir det også satt opp permanente snøskjermer (fig. 10). Det er to typer av disse – ledeskjermer



Fig. 8.

eller samleskjermer – alt etter den funksjon de er tiltenkt under de fremherskende vindforhold. Men vindforholdene på høyfjellet er aldri

stabile, vinden skifter ofte retning, og resultatet kan derfor bli det motsatte av det tiltenkte.

Det blir ofte først gjort praktiske forsøk med løse skjerner før man har bestemt seg for permanente løsnin-

ger. Snøskjermer settes vanligvis opp i høyder fra 4–5 m med liggende åpen bordkledning, og slik at hulrommet mellom bordene = bordbredden. Nederste bord settes opp på ca. 0,8–1,0 m over bakken. Avstanden fra sporet ca. 10 til 15 ganger skjermhøyden.

Der dannelse av hengeskavler kan forårsake snøskred, har man med hell bygd opp snøskjermer eller såkalte skavl Brett på toppen. Snøen vil da blåse utfor skavlbrettet i stedet for å samle seg i en hengeskavl. Det er også satt opp samlesnøskjermer i god avstand inne på fjellet, slik at snøen samles på toppen i stedet for å legge seg i skavl utover fjellryggen. Dette for å unngå snøras fra hengeskavler.

Til stasjonsrydding nyttes til dels det samme utstyret som ved linjeryddingen, nemlig sporrensere og traktorsnøfresere. Med sporrensere blir sporene «kjørt opp» og snøen samles i middel, hvoretter traktorsnøfresere kaster snøen vekk i ett eller flere kast bortover tomten eller opp i sidetippvogner. Da utkastetrakten kan dreies fra førerretet, har man muligheter til å unngå å kaste mot bygninger, opp i sporvekselgrupper m.v.

Det bør foregå et samspill mellom sporrenserkjøring og «middelfresing» inne på stasjonstomtene for å unngå unødige forstyrrelser i skifting og togtrafikk. Snø som freses minker nemlig svært i volum – den blir meget fast og tettpakket.

I tillegg til dette har man i den senere tid anskaffet en del roterende børsteuniter. Disse uniter har eget motor-aggregat og tilkoples våre ballastploger. Lignende børsteuniter (fig. 11) kan også monteres på eget boggiunderstell som da må skyves av separat traktor – lok o.l. Børsten må kunne heves og senkes etter behov. Dette foregår hydraulisk. Selve børsten er ca. 3 m lang og har 184 stk. børstepinner. Disse består av enten hel gummi eller en gummislange med wireinnlegg. Omdreiningshastigheten er ca. 200 o/min. Børsten og utkasterviften drives synkront av en dieselmotor på 140 HK.

Disse børste-uniter har vist seg meget hendige og effektive til sporvekselrydding på stasjoner. Børste-unitene kan foruten selve sporvek-



selgruppene også rydde stasjons-  
sporene mellom disse. Snøen børstes  
inn i en vifte som kaster den ut til  
bestemte plasser mellom sporene, alt  
ettersom man stiller den dreibare ut-  
kastertrakten. På denne måten kan  
det bli nødvendig å behandle den  
samme snøen flere ganger for å  
rydde et større område. Er plassfor-  
holdene svært vanskelige, freses  
snøen opp på lastebiler eller tipp-  
vogner for utkjøring. For alle større  
stasjonsområder må det på forhånd  
utarbeides en snøryddeplan som  
gjøres kjent for berørte personal-  
grupper. De viktigste stedene må tas  
først, og så må resten komme i tur og  
orden. Planen må også omfatte opp-  
læring av personale som skal betjene  
utstyret.

I utformingen av stasjonsplaner  
må alltid muligheter for snørydding



Fig. 9.



Fig. 10.

taes med i betraktning. Alle berørte avdelinger må være informert om strategien ved stasjonsryddingen, slik at den kan foregå mest mulig uhindret.

Alle sentralstilte sporveksler utstyres etter hvert med innlagte varmekabler for *elektrisk sporvekseloppvarming* i tungepartiene. Det nyttes vekselstrøm 55 volt med en effektinstallasjon fra 3 til 6 kw pr. sporveksel, alt etter sporvekselens lengde. Strømmen transformeres ned, enten fra lokale elektrisitetsverk eller jernbanens kontaktledning. Det må da sørges for dreinsavløp fra hver sporveksel – hos oss som dreinskummer med lokk ut for rådegravene. Det er i den senere tid også gjort spredte forsøk med varmekabel i selve rådegraven for å hindre snø- og isdannelse der.

Etter hvert og parallelt med utbygging av fjernbetjening blir det nå installert elektrisk oppvarming av sporvekslene. Fjernbetjeningen har medført at mange stasjoner er ubetjent, og baneavdelingen må også foreta snøryddingen på disse steder. For å hindre tilising i grøfter og utsatte gjennomløp, har man i enkelte tilfelle måttet legge inn elektriske varmekabler også der.

Til tross for alle de nye mekaniserte snøryddingsredskaper er det

Fig. 11.

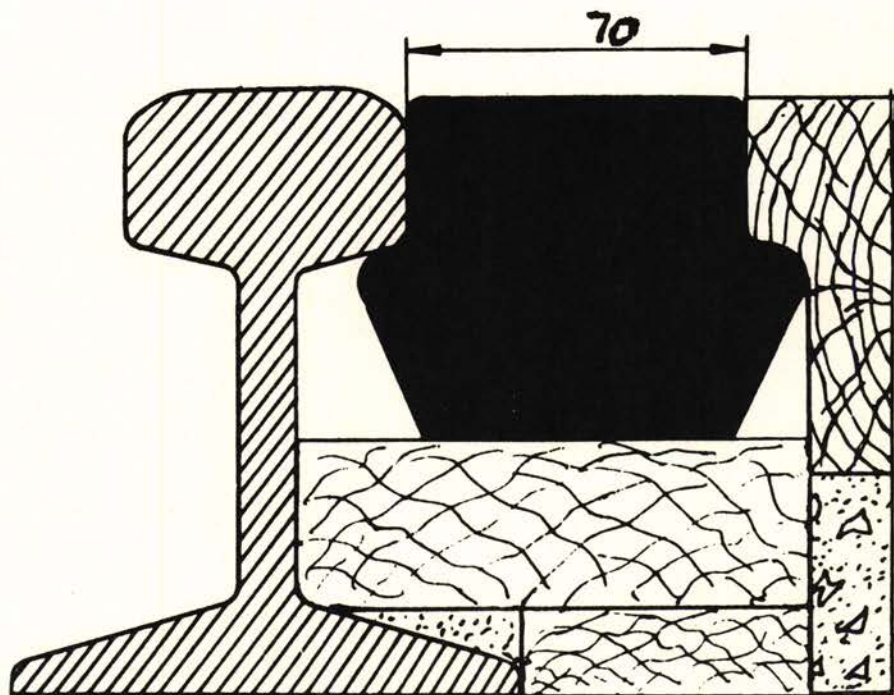


Fig. 12.

fremdeles nødvendig med håndredskaper som ishakker, sporvekselkost og snøskuffel.

Det manuelle arbeidet er lettet betydelig på mange måter, bl.a. ved f.eks. å nytte et påstrøingsmiddel kalt *Urea*. Dette er egentlig et gjødningsstoff, men har vist seg utmerket egnet til å løse opp og endog smelte is. Urea er ikke rustdannende og heller ikke elektrisk ledende.

Arbeidet med å holde sporrennen i planoverganger rene for snø og is har vært meget arbeidskrevende – særlig ved planoverganger med stor vegtrafikk. Man har derfor i den senere tid forsøkt å legge spesialformet gummi (fig. 12) i *sporrennen ved planoverganger*. Hittil synes disse forsøk å være vellykket.

Innføringen av et nytt organisasjonsmønster i linjetjenesten i 1966 med sløyfing av den geografiske inndeling i linjeavdelinger, medførte nye arbeidsrutiner i snøryddingstjenesten. Ambulerende arbeidslag med maskinelt utstyr – hovedsakelig snøfresere – tar grovryddingen på stasjonene. I tillegg til dette disponeres en hel del mindre maskinelt snøryddingsutstyr som er stasjonert ved de større og mest snøtunge stasjoner. Av slikt utstyr kan nevnes: *Is skraper* som kan rydde for is og hard snø også i sporveksler (fig. 13).

Videre kan nevnes *2-hjulstraktorer* utstyrt med fres og plogskjær, som det has en god del av. Til stasjonenes eget transportutstyr som plattformtraktorer, gaffeltrucker, er det anskaffet diverse tilkoplingsutstyr som plogskjær, snøskuffer m.v. Til baneavdelingens lastetraktorer er også konstruert og laget diverse plogutstyr. Slikt utstyr kan omgående settes i drift for å gjøre stasjonsspor,

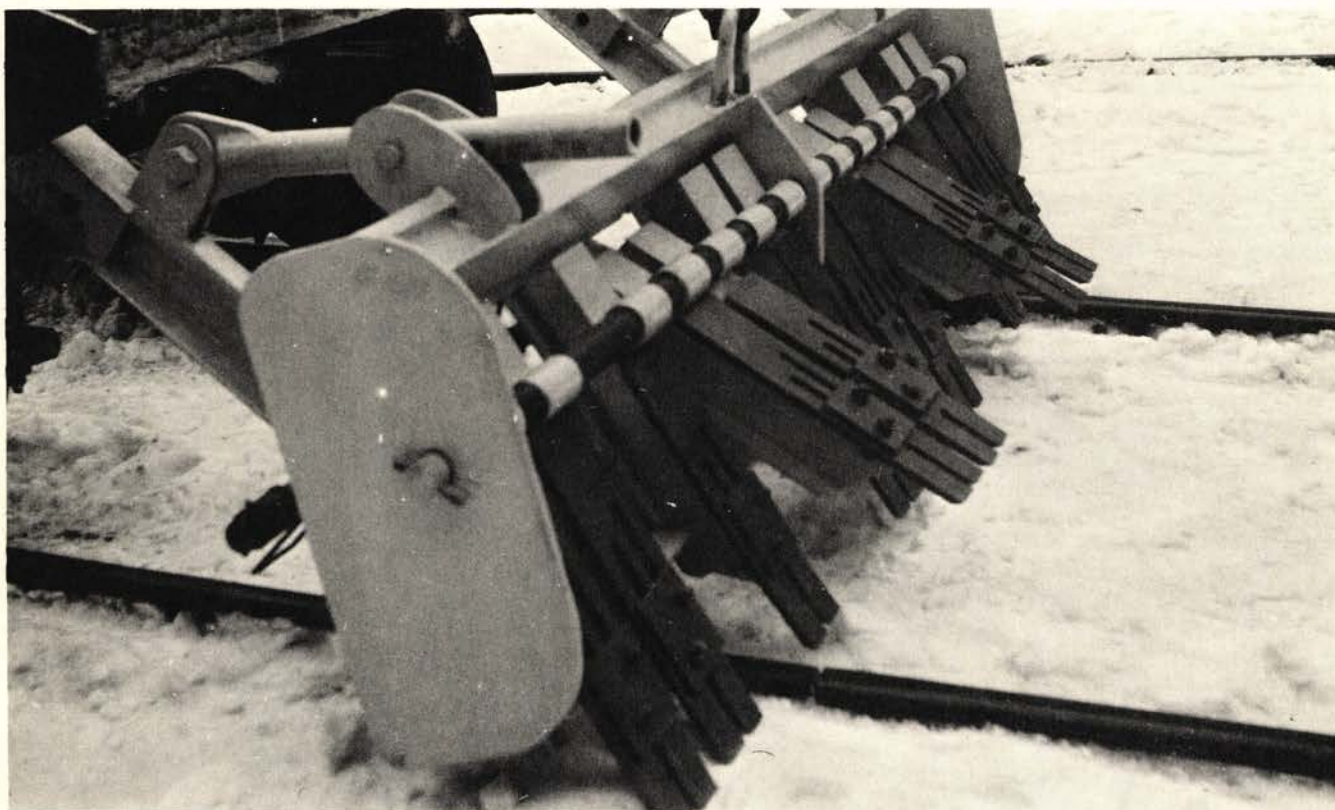


Fig. 13.

plattformer, ramper og lastegater lettere fremkommelig under det første snøfall.

Det er av meget stor betydning at alt snøryddingsmaterieil er i full orden, overhaldt og smurt før vinteren setter inn. Likeledes at personalet som skal betjene utstyret, er godt opplært, grundig informert og lett mobilt. Videre er det viktig å ha en godt utbygd serviceavdeling med rikelig reservedelsopplegg, slik at unødig stopp kan unngås under snøstorm når det røyner på som verst. Bl.a. av den grunn bør snøryddingsutstyr være robust og noe overdimensjonert.

Det er meget viktig at man er påpasselig og ikke venter for lenge med å sette igang rydding med de ryddingsmidler man har – det være seg løsløk med stor plog, rotere, skrapper, sporrensere o.s.v. Rydding tidlig og ofte kan bli avgjørende i mange kritiske uværperioder for å unngå større forsinkelser og slike skjebnesvangre følger som full stopp kan føre med seg.

Den maskinelle ryddingen i uværperioder bør fortsette kontinuerlig, natt som dag. Også av den grunn må man ha til disposisjon tilstrekkelig med opplært personale for skiftbytte.

Det å holde en banestrekning ryddet for snø under alle forhold er en mangeartet oppgave som byr på mange grader av vanskeligheter. Det kreves lokalkjennskap, og det kreves erfaring i redskapsvalg for hva som bør settes inn i hvert enkelt tilfelle.

Det har vist seg meget nyttig å holde seg orientert om værutsiktene gjennom den offentlige værvarsling, slik at nødvendige tiltak kan bli satt i gang i tide. Entrepriser til snørydding har hittil i NSB innskrenket seg til rydding av en del mindre stasjoner og veier. Det er da truffet avtale på forhånd med en stedlig traktoreier om rydding, hvor og hvordan det skal ryddes.

Til tross for at snømengden de siste årene har vært svært moderate, har utgiftene til snørydding ved NSB beløpet seg til 17–20 mill. kroner årlig. I januar 1976 ble det brukt ca. 50% mer enn i januar 1975.

NSB har i dag snøryddingsmaterieil til en verdi av 50 mill. kroner. Dette materiellet omfatter:

- 1 stk. Damproter
- 1 stk. Henschel-roterende
- 1 stk. Beilhack R2 roterende
- 1 stk. Beilhack R3 roterende
- 9 stk. roterende børstefreser på ballastploger
- 5 stk. roterende børstefreser på boggiunderstell
- 18 stk. Høyfjellssporrensere
- 2 stk. Dobbeltsporrensere
- 35 stk. Etterhengte og underhengte sporrensere
- 8 stk. Snøskraper
- 10 stk. Isharver
- 26 stk. Snøfresere m/separat motor
- 34 stk. Snøfreseruniter
- 56 stk. Hjullastere
- 16 stk. Traktorer m/snøfresere
- 5 stk. Lastetilhengere
- 55 mindre 2 hjuls-traktor m/snøfreser.

Det kan til slutt opplyses at det er bestilt ytterligere 2 stk Beilhackrotere for levering vinteren 1976/77.

# Dieseldrevet roterende snøplog type Di R3

Av overingeniør  
Trygve Sunde

## Snøplogens hoveddata:

Sporbredde 1435 mm  
Totallengde 13100 mm  
Totalbredde 3150 mm  
Totalhøyde over s.o. 4100 mm  
Boggisenteravstand 4500 mm  
Akselavstand i boggi 1840 mm  
Hjuldiameter 850 mm  
Tjenestevekt 50 tonn  
Motorydelse for fremdriftsmotor 355 Hk  
Motorydelse for skovlhjulmotorene 2 x 425 Hk  
Gir forover/bakover 2  
Fremdrift på 2 eller 4 aksler (1 eller 2 boggier)  
Maks. kjørehastighet 80 km/h  
Ryddebredde, normal ca. 3150 mm  
Ryddebredde med utkjørte snøryddingsaggregat-halvdeler ca. 4150 mm  
Ryddebredde med utkjørte snøryddingsaggregat-halvdeler og utslåtte sidevinger ca. 4700 mm  
Ryddehøyde, maksimalt ca. 3500 mm  
Kastelengde, maksimalt 40 m

Den roterende snøplog består egentlig av to hoveddeler, – trekkaggregat og snøryddingsaggregat (fig. 1). Snøryddingsaggregatet kan avmonteres og erstattes av en bufferbjelke med drag- og støtinnretninger samt ballastvekter, og kan med dette utstyr påmontert brukes som trekkaggregat. Trekkaggregatet har to rammer, en underramme og en overramme.

Snøplogen er utstyrt med to boggier (2-akslet) som gir god kurvegang. Akselkassefjærene er bladfjærer. Mellom underrammen og boggi er det gummifjæring. På midten av underrammens overside er det anordnet et dreielager. Ved hjelp av dette er overrammen dreibar i forhold til underrammen. Sanding er anord-



Fig. 1.

net foran førende hjul, og det er anvendt vanlige bremseklosser (dobbeltsidig).

I den ene enden av overrammen (forenden) er det anordnet en vippe som bærer snøryddingsaggregatet. I den andre enden finnes en kasseformet bærer for drag- og støtinnretning samt koblinger for trykkluftbremsen for tilkobling til vanlige tog. Her finnes dessuten bærekonsoller hvor det er påbygget en sporrenser for snørydding mellom skinnene. Ved hjelp av en trykkluftsyndler blir sporrenseren presset ned (anslag). Betjening av sporrenseren skjer ved en manøvertentil med hurtigutløsning. Denne er plassert midt i førerbordet. Sporrenserstillingen (oppnede) vises på en skala i førerrommet. I utgangsstillingen holdes sporrenseren oppe av to kraftige fjærer.

Vippen som bærer snøaggregatet er lagret i to dreietapper (en på hver side) som er festet i overrammen. Foran på vippen er det festet en rulleføring som snøryddingsaggregatet er lagret på for å kunne kjøres sideveis (utviding av profilet). Vippen kan heves og senkes ved hjelp av 2 hydrauliske sylindere.

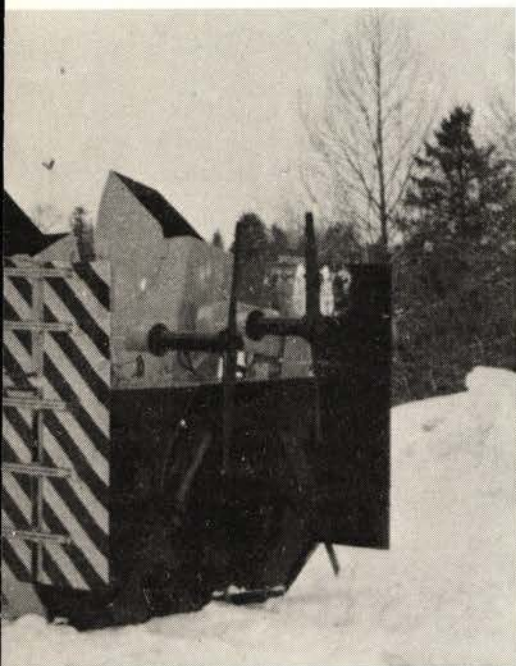
Ved tomkjøring stilles vippen i sin høyeste stilling. Til dette finnes en

konsoll på hver side av vippen, hvor en innstillingsanordning er lagret. På en gjennomgående aksel er det på høyre og venstre side segmentskiver. Segmentskivene er formet slik at det ved dreining av akselen kan oppnås tre høydestillinger på vippen (60, 100 og 250 mm) over s.o. Segmentskivene støtter seg på overrammen og bærer derved vekten av vippen og snøryddingsaggregat. Dermed kan hydraulikkledningene avlastes under fart, og snøryddingsaggregatet sikres mot skader ved eventuell plutselig nedsenking på grunn av rør- eller slangebrudd. Segmentskivene sikres i ønsket posisjon ved hjelp av en fjærbelastet låsebolt.

Overrammen bærer også førerhus og motorhus med det utstyr som der finnes. Førerhuset er varme- og lyd-isolert. De to frontvinduer er oppvarmet og har roterende vinduer. På bakvinduene og sidevinduene er det vinduspussere. Foran i førerhuset er det anordnet førerbord i hele bredden (fig. 2). På venstre side er instrument- og betjeningsorganer for snøryddingsaggregatet plassert (plogførerside) og på høyre side er instrument- og betjeningsorganer for trekkaggregatet (førerside). Fra førerrommet er det dør til maskinrommet.

Oppvarmingen av førerrommet er

En snøplog av denne type ble levert i januar 1976, leverandør er Martin Beilhack GmbH, Rosenheim, Vest-Tyskland. Fabrikkens typetegning er HB 800 S. Det er bestilt ytterligere 2 stk. for levering i januar og mars 1977.



uavhengig av motorene, og oppvarmingsapparatet (Webasto) er anbrakt under gulvet på høyre side med adkomst fra utsiden. Varmluftfordelingen reguleres under førerbordet. Ved behov kan friskluft tas inn uten oppvarming.

I tillegg til de 3 motorene er brennoljetankene (2 stykker) på til sammen 1600 liter plassert i motorrommet. Brennoljeanlegget har elektrisk oljestandsmåler. I tankene er uttakene anbrakt slik at skovlhjulsmotorene faller ut før fremdriftsmotoren ved mangel på brennolje. Den brennoljemengde som da er igjen rekker for mer enn 50 km's kjøring. Webasteanlegget for førerromsoppvarming er også tilkoblet brennoljetankene. I motorrommet er ellers annet utstyr som hydraulisk veksler, kompressor, trykklufttanker etc.

Under snørydding som under løskjøring er overrammen fastlåst til underrammen ved en hydraulisk oppstøttingsinnretning med forrigling. Ved frigjort oppstøtting kan overrammen sammen med snøryddingsaggregatet dreies 180° ved hjelp av det tidligere nevnte dreielager, som er mellom under- og overrammen (fig. 3). En hydraulisk motor betjent fra førerrommet sørger for dreiningen.

Fremdriftsmotoren er en luftkjølt 12-sylindret dieselmotor (Deutz F 12 L 413) som ved kardangaksel er forbundet med en hydraulisk veksler (Voith T 320 r) med vendedrev. Kjøling av veksellojen foretas av en oljekjøler med mekanisk drevet vifte. En termostat beskytter mot underkjøling av oljen.

Kraftoverføringen fra den hydrauliske veksler til ettervekselen skjer ved en kardangaksel over en dreibar tannhjulsdreift som muliggjør kraftoverføringen til ettervekselen som sitter i underrammen. I ettervekselen er det innbygget en trinnkobling og en tannkobling. Ved trinnkoblingen kan en velge to hastighetstrinn (0–20 km/h og 0–80 km/h). Ved tannkoblingen kan den ene boggi kobles ut, slik at hele motorkraften blir overført bare til den andre boggien. Fra ettervekselen skjer kraftoverføringen videre over kardangaksler til akseldriftene. Trinnveksling (valg av hastighetsområde) og forandring av kjøreretning (vending) skjer ved trykknapper på førerbordet.

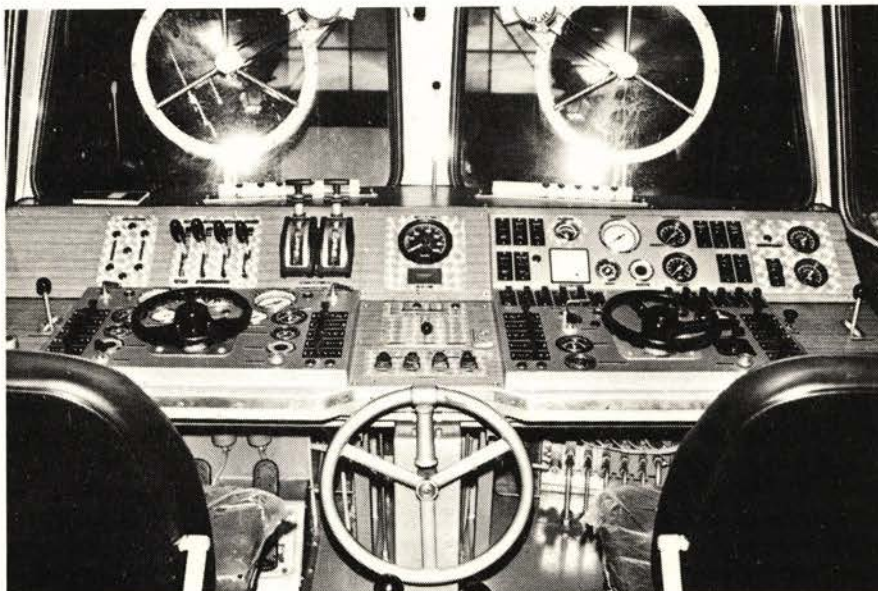
Snøplogen er også utstyrt med slirevern som til en hver tid utnytter friksjonen mellom hjul og skinne maksimalt, samtidig som transmisjonen skånes. Virkemåten er slik at straks hjulene begynner å slire vil motorpådraget automatisk bli regulert ned. Så snart sliringen er over,

blir motorpådraget regulert opp igjen til det det er innstilt på. Dessuten er det innebygget automatisk styring for fremdriftshastigheten under snørydding – automatisk mating. Denne styring muliggjør maksimal utnyttelse av snøryddingsaggregatet. Virkemåten er slik at når skovlhjulsmotorenes turtall synker, blir pådraget for fremdriftsmotor regulert ned. Når turtallet for skovlhjulsmotorene igjen er kommet over en viss grense, blir motorpådraget øket igjen. Kjøring under snørydding kan imidlertid også foretas manuelt.

Snøryddingsaggregatet består egentlig av to halvdeler, en høyre- og en venstreutførelse. Det fremste parti av de to snøryddingshalvdeler er utformet til en snøføring som leder snøen inn til skovlhjulene. Sidevinger som er montert på snøføringene, kan beveges inn og ut hydraulisk betjent fra førerrommet. Ryddebredden kan økes ca. 0,55 m ved å slå ut begge sidevingene.

Snøføringene er stivt forbundet med skovlhjulvekslene. Fra disse veksler fordeles driften til skovlhjul og skjærepellere. Mellom vekslene og snøføringene ligger de to dreibare skovlhjulhusene som i den ene enden er lagret i ruller på snøføringene og i den andre enden i ruller på vekslene. Skovlhjulhusene er utstyrt med hver sin utkasttrakt, og på toppen av utkasttrakten er en bevegelig utkastskjerm. Dreining av

Fig. 2.



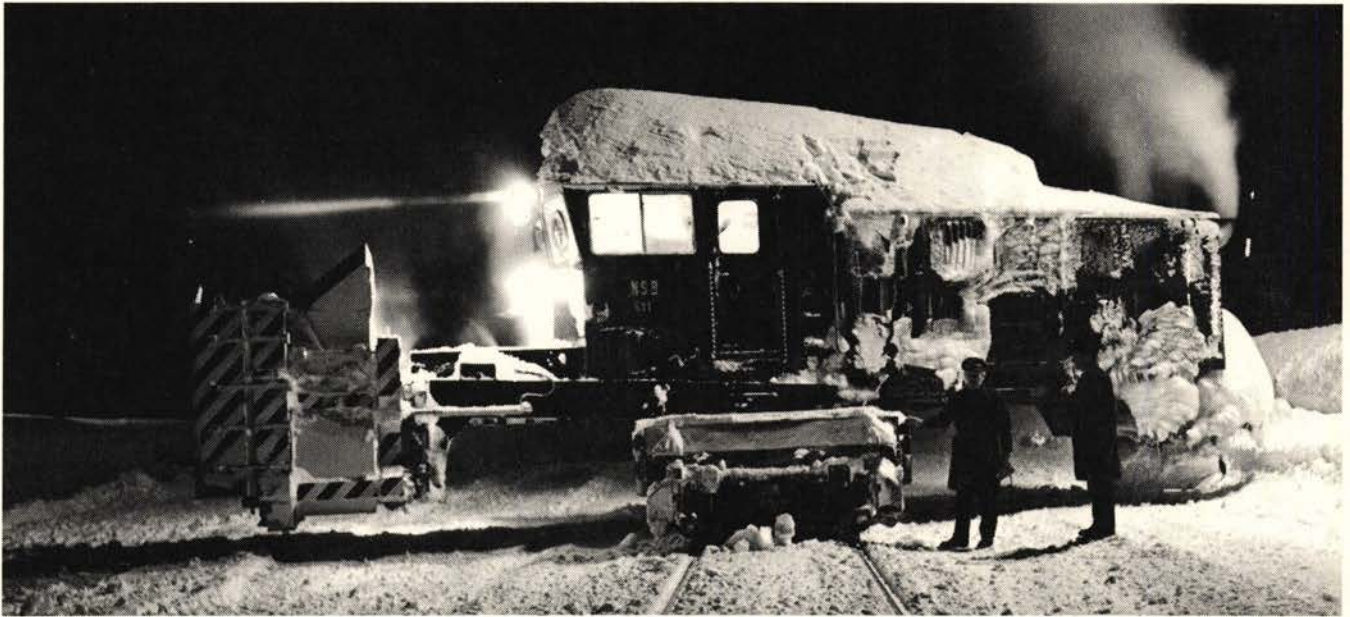


Fig. 3.

skovlhjulshusene og innstilling av utkastskjermene skjer hydraulisk og kan betjenes individuelt fra førerrommet. Dermed kan en styre «snøstrålen» i en hvilken som helst ønsket retning innenfor en sektor på 180°. Snøutkastet kan også innstilles slik at de to snøryddingsaggregatdelene kaster til hver sin side.

Skovlhjulene er en lettkonstruksjon av pressede stålplater. Skovlene er slik formet at snøen akselereres jevnt og kastes ut på en effektiv måte. Skovlhjulet er fritt lagret på skovlhjulakselen i bronseforinger. Overføring av drivkraften skjer gjennom avskjæringsbolter. Disse tjener til beskyttelse mot skader på skovlhjul og drivanordning ved forekommende fremmedlegemer i sporet.

For å skjære ut og løse opp snøen og dermed redusere fremdriftsmotstanden, er det anordnet seks skjærepellere (4 store og 2 små, fig 4). To av de store propellerne er montert på svingbare armer som er leddet i overkant på snøføringene. Når disse er stilt i sin høyeste stilling, kan snøhøyder på opptil 3,5 meter ryddes. De to andre store propellerne er med mellomstykke påskrudd med bringernavnet for skovlhjulene. De to små propellerne er plassert nederst mot midten for å redusere

den inaktive flate. Alle propellerne er beskyttet med avskjæringsbolter, og de fire nederste propellerne er dessuten elektrisk overvåket fra førerrommet, da de ikke kan sees derfra.

Snøryddingshalvdelenene er festet på rulleføringen på den tidligere nevnte vippe, og de kan forskyves sideveis ved hjelp av hydrauliske sylindre (betjent fra førerrom). De to halvdelenene kan kjøres ut trinnløst, slik at det kan velges hvilken som helst ryddebredde mellom 3,15 og 4,15 m. Med utslåtte sidevinger og helt utkjørte halvdeler blir den maksimale ryddebredde 4,7 m.

For drift av skovlhjul og propellere på snøryddingsaggregatet er det som tidligere nevnt montert 2 luftkjølte 12-sylindrede dieselmotorer (Deutz F 12 L 413) i motorrommet. Motorene kobles til girksene over hydraulisk betjente platekoblinger (clutch). Girksene har 3 trinn og revers og betjenes med girhåndtak i førerrommet. En koblingssperre sørger for at begge girksener alltid kobles i samme trinn.

Fra girksene overføres dreiemomentet over kardangaksler til forbindelsestannhjulskassen. Her kombineres ytelsen fra begge motorer. Dermed kan enten – om en motor faller ut – begge skovlhjul drives med halv ytelse, eller – ved behov – ytelsen fra begge motorer brukes på et skovlhjul. Normalt fordeles ytelsen noen-

lunde likt på de to skovlhjul. Fra forbindelsestannhjulskassen fører kraftige kardangaksler til skovlhjulsvekslene, hvorfra drift til skovler og skjærepellere fordeles.

Som det vel fremgår er denne roterende snøplog utstyrt med eget fremdriftsmaskineri (selvdreven) og er derfor ikke avhengig av ekstra trekkaggregat under snøryddingen. Betjening av såvel fremdrift som snøryddingsutstyr kan foretas fra samme førerrom. Dermed vil kommunikasjonen mellom «plogfører» og fører av trekkaggregat være meget god.

En annen fordel med denne plog er at en kan dreie overdelen 180°. Dermed er en ikke avhengig av å kjøre fram til nærmeste svingskive. Videre kan den overføres forholdsvis raskt fra et sted til et annet (maks. hastighet 80 km/h).

Ved overlevering av snøplogen i januar var det som kjent store snøproblemer. Den ble derfor omgående satt inn i hard drift. Ut fra de erfaringer som ble gjort under disse forhold, er det fremkommet ønsker om en del mindre endringer. Dette ble diskutert med en representant fra leverandøren i et møte i Bergen. I den utstrekning det lar seg gjøre, vil ønskene bli tatt hensyn til ved bygging av de to snøplogene som er i bestilling. De samme endringer vil også bli utført på den leverte plog.

# Nye elektriske lokomotiver til NSB – loktype EI 16

Av sjefingeniør H. Benneche.

Som alt rullende jernbanemateriell har også elektriske lokomotiver en begrenset levetid. Fra gammelt er denne betegnet som «den teknisk-økonomiske levealder» og har vært satt til 35 år. Med den rivende tekniske utvikling som har funnet sted i de senere år på området elektrisk traksjon, er det helt på det rene at 35 år i dag er en for lang levetid for et elektrisk lokomotiv. Lenge før lokomotivet har nådd denne alder vil det være håpløst foreldet både med hensyn til bruksværdi (trekkraft og ytelse i forhold til vekt) og betjeningsmessig. Når det gjelder komfort vil det ikke svare til dagens krav, og vedlikeholdsomkostningene pr. gjennomløpt kilometer vil være for høye.

På den annen side er det ikke mulig rent budsjettmessig å fornye materiellet i den takt som den tekniske utvikling kunne gjøre ønskelig. Derfor er 35 år som teknisk-økonomisk levealder fremdeles gjeldende som rettesnor for utrangering og fornyelse av parken av elektriske lokomotiver. Hertil kommer eventuell nødvendig økning av transportkapasiteten som følge av trafikkøkning, utover den som automatisk gir seg ved at et gammelt lokomotiv erstattes med et nytt og tidsmessig.

Med en totalpark på ca. 140 elektriske toglokomotiver vil den gjen-

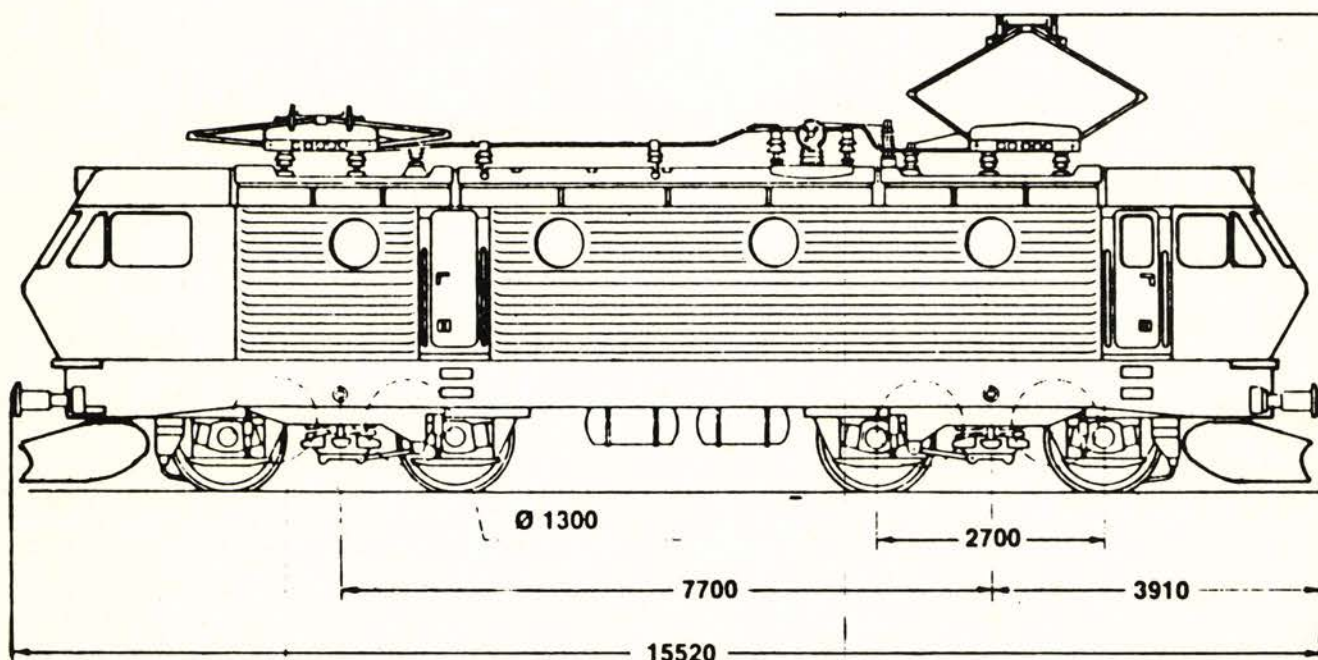
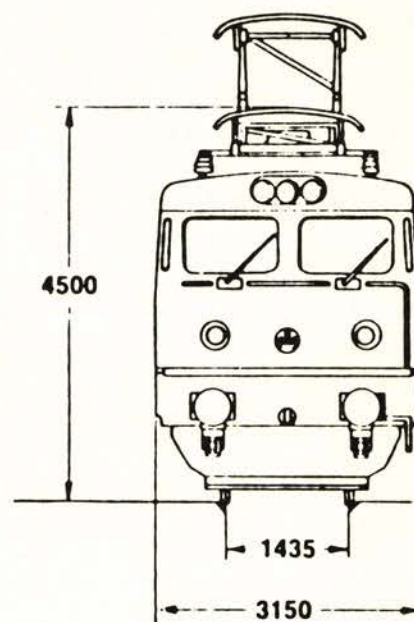
Loktype	Byggeår	Hjulanordn.	Timeytelse Hk	Ytelse pr. vektenhet Hk/tonn
EI 1	1923–30	B'B'	940	Ca. 15,2
EI 8	1940–49	1'Do1'	2828	Ca. 34,1
EI 11	1951–64	Bo'Bo'	2280	Ca. 37,8
EI 13	1957–66	Bo'Bo'	3600	Ca. 50
EI 14	1968–73	Co'Co'	6900	Ca. 66
EI 16	1977–	Bo'Bo'	6000	Ca. 75

nomsnittlige årlige fornyelse ligge i en størrelsesorden på ca. 4 lokomotiver pr. år. Av praktiske og økonomiske grunner anskaffes gjerne lokomotivene i serier, slik at de virkelige årlige nyleveranser kan variere sterkt.

Da langtidsplaner og langtidsbudsjetter som jernbanen stiller opp bl.a. reflekterer disse forhold, vil anskaffelsesprosedyren bli en kontinuerlig prosess.

Som nevnt har det på området elektrisk traksjon skjedd en rivende utvikling som kan illustreres ved sammenlikningstall hentet fra norske lokomotiver. Se tabellen.

Av mange grunner er det lite ønskelig å skifte over til nye lokomotivtyper i for raskt tempo. Vedlikeholds- og reparasjonsrutinene i verksted, lagerholdet av reservedeler, kjøreteknikk og opplæringsprosedyren gjør



det ønskelig med en viss størrelsesorden i antall lokomotiver av en type. Det er derfor ofte en meget vanskelig avveining og få klarlagt og fastsatt det mest hensiktsmessige tidspunktet for å gå over til en ny lokomotivtype med nytt og endret utstyr, fremfor å bestille flere enheter av typer som NSB allerede har.

På langtidsplanen for -70-årene var det opprinnelig forutsatt en vide-rebestilling av loktype El 14, som foreligger i et antall av 31 og som har vist seg både driftssikker og velegnet til driftens krav.

Loktype El 14 ble planlagt i midten av 60-årene som et konvensjonelt vekselstrømslokomotiv. De driftstekniske krav som ble stillet til typen krevde den gang et lokomotiv med 6 drivakslar og en adhesjonsvekt på over 100 tonn.

Da den senere utvikling på området likestrømsmotorer med tyristorregulering syntes å indikere at kravene kunne tilfredsstilles med et lokomotiv på bare 80 tonns adhesjonsvekt og 4 aksler (20 t akseltrykk), ble saken tatt opp til ny vurdering. Etter inngående undersøkelser og drøftelser ble konklusjonen denne:

Med sine 105 tonns adhesjons-

vekt og 6 banemotorer blir loktype El 14 som fremtidsløst for tungt og kostbart i relasjon til nytteverdien.

En ny loktype, El 16, basert på utstrakt bruk av halvlederteknikk og elektronikk, og 80 t adhesjonsvekt, vil kunne gjøre samme jobb som El 14. Disse lokomotiver vil bli vesentlig billigere i anskaffelse, og vedlikeholdsomkostningene vil ligge betydelig lavere enn for El 14.

Videre vil vi ved å veksle den nye lokomotivtype for 140 km/h (mot 120 km/h for El 14) ha mulighet for å betjene raskere tog.

Endelig vil vi stå friere med hensyn til utforming av front og kjøleluftinntak m.v. for å søke og bedre forholdene på loket under vinterdrift på høyfjellet.

Begrenset anbudsinnbydelse med «teknisk ramme» for den nye loktype ble sendt ut til NEBB og ASEA i mai 1975.

September samme år forelå tilbudene. Begge tilbud var teknisk akseptable.

Den prismessige og industripolitiske side ved denne sak ble gjenstand for en inngående behandling fra de norske myndigheters side og antas å være vel kjent fra aviser etc. Det en-

delige resultat ble bestilling av 1.7.76 med tilhørende tekniske betingelser til ASEA på 6 lokomotiver type El 16.

Lokomotivene skal i hovedtrekkene bygges som Rc 4 lokomotiver men med en rekke endringer som er nærmere spesifisert i de tekniske betingelser.

Det kan nevnes at lokomotivene får en annen frontutforming som man håper vil gi bedre forhold under vinterdrift på høyfjellet samt større ytelser (ca. 6000 Hk).

En rekke detaljer er for tiden under konstruksjon og bearbeidelse, men typemessig vil loket se ut som vist på skissen nedenfor.

Leveringstiden for de bestilte 6 lokomotiver blir:

Første lok	(16.2201)	–	1.9.77
Andre lok	(16.2202)	–	15.10.77
Tredje lok	(16.2203)	–	1.12.77
Fjerde lok	(16.2204)	–	14.1.78
Femte lok	(16.2205)	–	23.2.78
Sjette lok	(16.2206)	–	7.4.78

Vi vil senere komme tilbake med en teknisk beskrivelse av lokomotivtypen.

## Lieråsen tunnel – sikringsarbeider

Av overingeniør Håkon Hartmark

### Sammendrag.

Lieråsen tunnel har vært sterkt utsatt for frostforvitring med derav følgende nedfall av stein fra tunneltaket. Frostskadene skyldes lave temperaturer på grunn av inntrengende kald luftstrøm fra nedstrøms side, stor vannlekkasje og oppsprukket fjell.

Den under anleggsdriften utførte sprøytebetong har på det parti som har vært utsatt for frost ikke hatt noen sikringsmessig effekt. Dette gjelder spesielt uarmert sprøytebetong, men tildels også partier med armert

sprøytebetong. Tunnelpartier som er utstøpt med betongelementer eller kontaktstøpt har ikke vært utsatt for nedfall, men vannlekkasjene og isdannelsen har også her vært meget sjenerende.

På alle utsatte partier er nå tunneltaket sikret ved systematisk bolting og opphengt steinsprangsikringsnett. Sikkerheten mot nedfall kan med denne foranstaltning betraktes som tilfredsstillende.

Det gjenstår å løse problemene som oppstår ved inntrengning av is i tunne-

len. Disse problemer omfatter istappdannelser i hengen, som spesielt er skadelig for kontaktledningen, iskjøving på tunnelveggene, som inn snevrer det frie profil, og dannelsen av issvuller i skinnegangen.

Isproblemene representerer et kontinuerlig vedlikeholdsarbeid om vinteren i form av ishugging. På lengre sikt kan frosten også virke skadelig på den etablerte steinskredsikring. Forsøkene på å finne fram til en metode for å hindre isdannelse fortsetter derfor.



Dobbeltsporanlegget Asker – Brake-  
røya ble åpnet for drift 1. juni 1973.  
Lieråsen tunnel, som er Nord-Europas  
lengste trafikkunnel, kunne dermed  
tas i bruk.

Etter et halvt års drift oppstod en  
episode som vakte bekymring både  
innenfor og utenfor jernbanen. Ett  
steinsprang fra tunneltaket ble oppda-  
get 11.12.73. En grundig inspeksjon  
som straks ble gjennomført avdekket  
vesentlige skader i tunneltaket forårs-  
aket av frostsprengning.

#### *Sikringsarbeider utført under an- leggsdriften.*

De geologiske forhold i Lieråsen tun-  
nel er beskrevet i Tekniske Meddelel-  
ser fra NSB [1–6].

Den vesentlige del av tunnelen be-  
står av Drammensgranitt, gjennom-  
satt av en mengde diabasganger. Nær  
kontaktflatene fra diabasen er granit-  
ten sterkt oppsprukket og sprekkene  
fylt med svelleleire.

Under anleggsdriften hadde man  
store problemer med nedfall på grunn  
av ekspansjon av svelleleiren. Vanntil-  
saget var også meget stort, med en  
samlet vannmengde i hele tunnelen  
svarende til halve vannforbruket for en  
by av Drammens størrelse. Der hvor  
vann eller svelleleire ikke skapte pro-  
blemer hadde man bergslag eller så-  
kalt sprakefjell som representerer en  
stor fare for dem som arbeider i tunne-  
len.

Som en midlertidig sikring av tunne-  
lens tak og vegger ble benyttet  
betongpåsprøyting. De svakeste parti-  
er av tunnelen ble senere sikret per-  
manent enten ved in situ utstøpning  
eller prefabrikerte betonglameller  
etter NSB's spesielle metode [7], til-  
lempet for den dobbeltsporede Lierå-  
sen tunnel. De noe bedre partier ble  
sikret med armert sprøytebetong,  
mens de deler av tunnelen som ikke  
har vist seg særlig problematiske un-  
der inndriften ikke ble forsterket utover  
den opprinnelige driftforsterkning av  
uarmert sprøytebetong.

De tre prinsipielle metoder som er  
benyttet for sikring av dårlig fjell i tun-  
nelen er således:

1. Betongutstøpning ved kontaktstøp  
in situ eller hvelvlameller.
2. Armert sprøytebetong i 10 – 12 cm  
tykkelse. Armeringsduk med 7 mm  
tråddykkelse og 15 cm maskevidde  
boltet fast til fjell.
3. Uarmert sprøytebetong 3 – 5 cm  
tykkelse.

De tre metodene er benyttet på hver  
sin tredjedel av tunnelen.

På den ytre del av tunnelen ved vest-  
re portal, som denne artikkelen vesent-  
lig skal omtale, er det betongutstøp-  
ning de første 350 m innover i tunne-  
len. På de neste 750 m er det bare uar-  
mert sprøytebetong. Videre innover er  
det avvekslende partier med for-  
skjellige former for sikring.

#### *Klimatiske forhold*

Normalt regner man ikke med at fro-  
sten går lenger enn ca. 500 m inn i  
jernbanetunneler i relativt milde strøk i  
Norge.

Gjennomslaget var høsten 1971.  
Den etterfølgende vinter ble gjennom-  
trekk hindret ved provisoriske porter.  
Den første vinter med full åpning tvers  
gjennom tunnelen var vinteren  
1972–73. Dette var imidlertid en av de  
mildeste vintre vi har hatt i dette år-  
hundre og noen indikasjon på frost i  
tunnelen fikk man derfor heller ikke  
denne vinter. Steinsprangene oppsto  
ved den første strenge frostperiode  
tunnelpartiet ble utsatt for i desember  
1973.

Det første nedfall av sprøytebetong  
oppstod etter en akkumulert frost-  
mengde av vel 2000 h°C, med  
minimumstemperatur ned til  $-16^{\circ}\text{C}$ ,  
målt på Asker 9. desember. Det var da  
frost i taket inntil 1500 m fra Lier portal.

Ved lave temperaturer oppstår det  
en kraftig trekk i tunnelen. Luftstrøm-  
men går fra Lier til Asker og medfører  
en nedfrysning langt inn i tunnelen på  
Liersiden uten at det oppstår frost i  
tunnelen på Askersiden. Årsaken til  
denne luftstrøm er følgende, se fig. 1.

Inne i tunnelen har fjellet en konstant  
temperatur på  $6-7^{\circ}\text{C}$ . Lufttempera-  
turen vil derfor være betydelig over 0.  
Da varm luft har mindre tetthet enn  
kald luft vil den varme luften stige mot  
Asker. Det dannes derved undertrykk  
inne i tunnelen, som fører til at den  
kalde luften trekker inn fra Liersiden.

Når man ikke i samme grad har opp-  
levet liknende ved andre norske jern-  
banetunneler, skyldes dette at vi ikke  
har hatt så stor høydeforskjell mellom  
de to innslag, nemlig 90 m.

Luftstrømmen øker med kulden og  
hastigheten er tilnærmet beregnet til  
[8,9].

$$v = 0,3 \sqrt{\Delta T} \text{ m/s}$$

hvor  $\Delta T$  er differansen mellom tem-  
peraturen ute og temperaturen inne  
i midtre del av tunnelen.

Denne formel er verifisert ved må-  
linger i tunnelen ved forskjellige tem-  
peraturforhold. Den stemmer godt ved  
lave temperaturer. Ved temperaturer  
nær 0 virker lokale trykkforskjeller og  
vindretninger forstyrrende inn på re-  
sultatet.



*Håkon Hartmark er bygningsin-  
geniør fra NTH i 1947. Etter endt  
utdannelse ble han ansatt ved  
jernbaneanleggene, hvor han ve-  
sentlig var beskjeftiget med tun-  
nelbygging. I 1951 begynte han  
ved Geoteknisk kontor i Hoved-  
administrasjonen og har vært le-  
der for dette kontor siden 1967.*

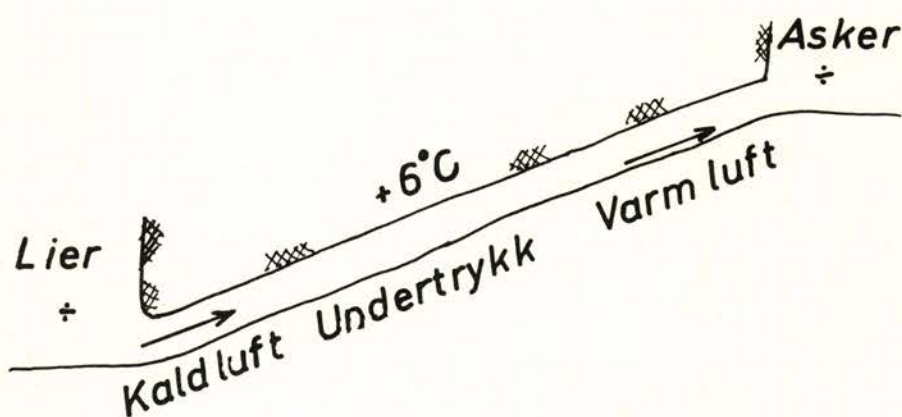
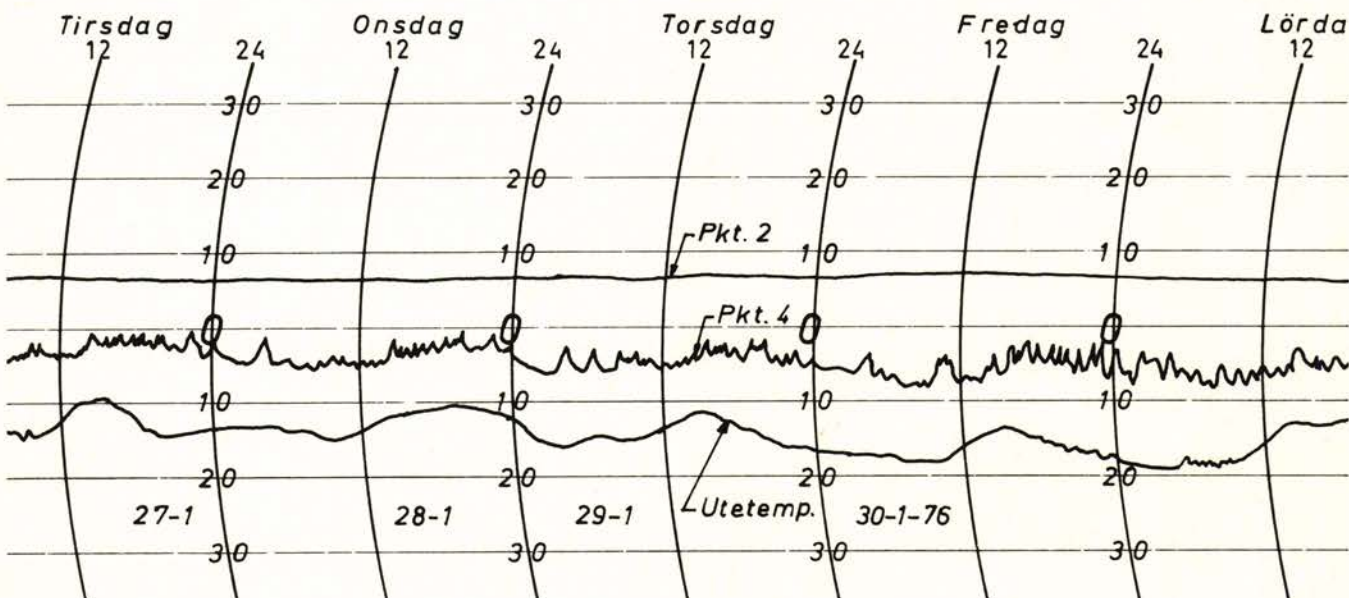


Fig. 1. Luftstrøm som følge av termisk oppdrift.

Om sommeren vil luftstrømmen gå den motsatte veg, men i denne forbindelse er dette uten betydning.

Togtrafikken virker forstyrrende på det omtalte forhold. Når et tog passerer gjennom tunnelen oppstår et stort lufttrykk, og luften settes i bevegelse i togets kjøreretning. Denne luftstrømmen kan bli betydelig større enn den som frembringes av de statiske klimaforhold. Det vil bli en forsterket luftstrøm i ugunstig retning når tog kjører fra vest mot øst og en luftstrøm i motsatt og gunstig retning når tog kjører fra øst mot vest.

Fig. 2. Eksempel på temperaturmålinger med termograf. Pkt. 2: Midt i tunnelen. Pkt. 4: 600 m fra vestre portal.



Det er i de siste tre år utført temperaturmålinger i tunnelen om vinteren. Målingene er utført ved termografer som registrerer temperaturen kontinuerlig. Som eksempel er gjengitt målinger for en viss periode for et punkt midt i tunnelen, et punkt 600 m fra portal vest samt utetemperatur ved Tolverud holdeplass utenfor vestre innslag (fig. 2).

For relativt korte frostperioder holder tunnelveggene seg ufrosset ned til en utetemperatur på  $\div 8 - \div 10^{\circ}\text{C}$  i en avstand av 600 m fra portal vest, men forholdene blir ugunstigere ved lange perioder med lave temperaturer.

Virkingen fra togtrafikken kan tydelig registreres på termografkurvene. Fig. 3 viser et forstørret utsnitt av temperaturkurver for en bestemt natt og ved 600 m avstand fra portal vest. Det er særlig de lange godstog som in-

fluerer på luftstrømmen og temperaturregimet. Temperaturen kan variere med  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  for tog i den ene eller annen retning.

#### Steinsprang. Årsak og virkning.

På den vestre del av tunnelen er det et sprekkesystem med nesten vertikalt sprekkeplan i ca.  $45^{\circ}$  vinkel med tunnelaksen og et nesten horisontalt sprekkesystem. Sprekkeplanene fører vann som i sommerhalvåret dreneres gjennom sår og riss i sprøytebetongen i tak og vegger eller gjennom kunstig anordnede dreneringsløp innstøpt i sprøytebetongen. Når frosten trenger inn i tunnelen fryser de naturlige og kunstige dreneringskanaler til. Sprøytebetonglaget blir på det nærmeste vannrett, men står under stort vanntrykk. Det bygger seg opp islag bak sprøytebetongen som vist på fig. 4. Sprøytebetonglaget kan da brytes ut og man får nedfall av sprøytebetongflak. Disse flakene er sprø og tynne og medfører neppe noen egentlig fare for togtrafikken.

Hvis frosten får anledning til å fortsette videre innover i fjellet, oppstår imidlertid det samme fenomenet på fjellsleppene.

Tykke islag bygger seg opp. Det oppstår skjærspenninger i sonene A og B og ved en viss spenningstilstand vil hele fjellblokken mellom A og B brytes ut og falle ned. I begge tilfeller av steinsprang, og likeså da det første sprøytebetongflak løsnet, skjedde det-

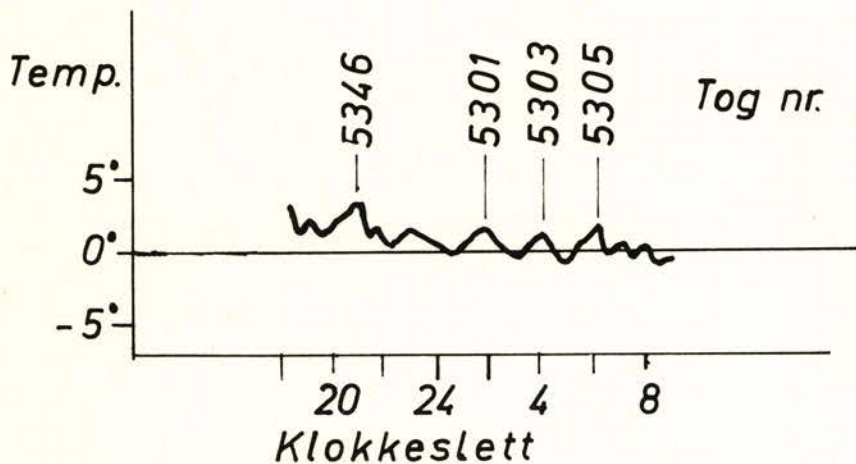


Fig. 3. Temperaturvariasjoner som følge av togtrafikken.

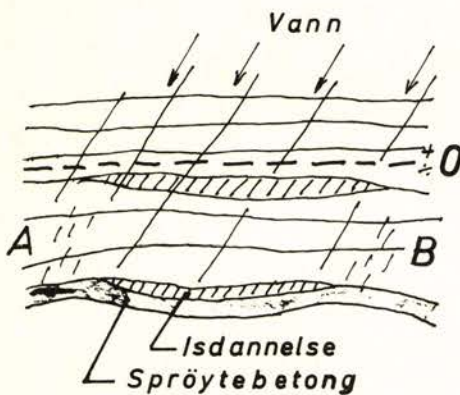


Fig. 4. Isdannelse bak sprøytebetong og på sleppene.

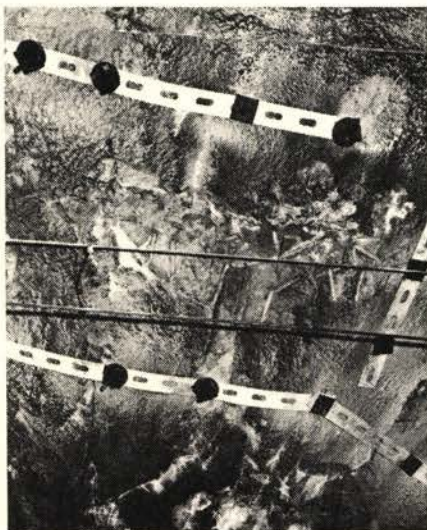


Fig. 5. Fjellforsterkning med bolter og bånd.

te 1 à 2 døgn etter at temperaturen hadde svinget fra  $\pm$  til  $+$  grader. Den ugunstigste situasjon oppstår etter at isens strekkfasthet opphører ved begynnende optining.

Frostsprenning er et velkjent geologisk fenomen og er en av de viktigste nedbrytende prosesser i naturen. Våre jernbanelinjer i brattlendte fjellstrøk er sterkt utsatt for steinsprang fra frostsprengningen. Det er enorme trykk som kan oppstå. Fenomenet er nær beslektet med telehivingsprosessen, hvor vi vet at det kan oppstå teletrykk av størrelsesorden over  $1000 \text{ kN/m}^2$ .

#### Sikringsarbeider.

Etter at nedfallet oppsto ble det etablert sikkerhetsforanstaltninger i tunnelen i form av vakthold og saktekjøring.

Arbeidslag ble oppsatt og rensk igangsatt. Systematisk rensk ble foretatt og de særlig utsatte partier ble boltet med ekspansjonsbolter og forsterket med Farex-bånd (fig. 5).

Etter at denne første sikring var ferdig i midten av januar måned 1974, ble det igangsatt systematisk bolting med Perfobolter med  $\text{Ø } 20 \text{ mm}$  kamstål av lengde  $2,4 \text{ m}$ . Det ytterste sterkt oppsprukne parti ved pel 3380–3387 ble boltet i et rutemønster på  $1,0 \times 1,0 \text{ m}$ . Lenger inn i tunnelen er avstanden øket til  $1,3 \times 1,3 \text{ m}$ . Det samlede antall bolter er ca. 4000.

Med den systematiske bolting som var utført kunne man føle seg trygg for at det ikke skulle forekomme større nedfall ihvertfall i de nærmeste år. Man måtte imidlertid vente mindre avskallinger av sprøytebetong og stein

mellom boltene, og det ble derfor beordret ekstra visitasjon og kontroll av tunneltaket i mildværsperioder etter frost.

Imidlertid ble det drøftet nærmere hvordan tunneltaket skulle sikres mer permanent. Den mest nærliggende tanke var å foreta en konvensjonell utstøpning av hele den delen av tunnelen som kunne forventes å ville fryse. Dette måtte foretas enten ved støping i forskaling eller med prefabrikerte lameller. Dette alternativ hadde følgende betenkelige sider:

1. Profilet var for lite og det måtte utføres en god del strossing. Dette ville være vanskelig og ikke helt uten risiko i den sterkt trafikerte tunnel.
2. Arbeidet ville ta lang tid og omkostningene ville bli meget høye, da arbeidet bare kunne utføres under fullt strømavslag i tunnelen og således bare i korte perioder om natten.
3. De allerede utstøpte partier viste store vannlekkasjer og derav følgende frostproblemer med istappdannelse og kjøving. Dette viste at frostproblemene ikke lot seg løse ved utstøpning alene.

En membranisolering ville ikke løse dette problem, da membranen ville bli ødelagt av teletrykk. Det måtte i tilfelle foretas full isolasjon mot frost, hvilket igjen ville forskyve varmebalansen og skape nye frostproblemer lenger inn i tunnelen. (Herom senere).

En annen konvensjonell metode ville være å hindre vannlekkasje ved injeksjon. Da en sementinjeksjon bare ville tette sprekker ned til en bredde av  $0,2 \text{ mm}$ , og vi var klar over at en stor del av vannføringen måtte komme fra mindre sprekker enn dette, var det nødvendig å finne fram til en metode til injisering av finere sprekker. Injeksjonsmidlet AM9 har viskositet som vann og trenger inn på de fineste sprekker. Ved tilsetning av en herdesveske vil det dannes en gel som hindrer vanninggjennomstrømning. Forsøk med AM9 ble foretatt på et  $20 \text{ m}$  langt parti, vel egnet for forsøket uten forutgående sementinjeksjon. Forsøket ble utført i 1975. Dessverre ble ingen tettende virkning oppnådd. Andre injeksjonsmidler er hittil ikke forsøkt.

#### Tunnelport og luftgardin.

En effektiv foranstaltning for å oppnå en bedre varmebalanse i tunnelen og

hindre frosten i å trenge inn vil være å stoppe luftstrømmen. Dette kan gjøres på 2 måter:

1. Ved en forskyvbar port som sperrer tunnelprofilen og som bare er åpen for togpassering.
2. Ved hjelp av en luftgardin som ved å etablere et trykkfall på et bestemt punkt i tunnelen bremser eller stopper den oppadstigende luftstrøm.

Tunnelporter har vært i bruk i flere år på høyfjellsbaner i Alpene. Rhätische Bahn i Sveits har slike porter i Albulatunnelen og Rugnox-tunnelen [10].

I Frankrike har man porter i tunnelen Puymorens i Pyreneene [11]. Portene åpner og lukker automatisk for togpassering, og vil med en rimelig togtetthet sperre tunnelen den vesentlige del av døgnet. Tunnelene på Rhätische Bahn har imidlertid enkeltsporede og smalsporede baner og det måtte nødvendigvis bli vesentlig større dimensjoner på en port i Lieråsen tunnel.

Det ble i 1974 besluttet å bygge en lett skyveport med 2 portblad og installere denne 50 m innenfor tunnelportalen i Asker.

Luftstrømmen vil kunne stoppes uansett hvor i tunnelen porten plasseres. Når øvre portal ble valgt var dette fordi porten da ville bli stående innenfor innkjørhovedsignalet for stasjonen, lett tilgjengelig for stasjonspersonalet ved eventuelle feil på styringsmekanismen. Det ville vært noe fordelaktigere å plasere porten i vestre ende. Imidlertid ble det bestemt å bygge en luftgardin i denne ende av tunnelen og utføre forsøk med begge typer sperreanordning, samkjørt eller hver for seg.

Det knyttet seg mange usikre momenter til disse anordninger, og det viste seg etterhvert å oppstå endel uventede problemer.

Det var stillet det krav til porten at den skulle bygges så lett at personalet på et lok eller en motorvogn ved eventuell påkjørsel ikke skulle skades. Det ble derfor valgt å bygge porten i en lett rammekonstruksjon av aluminium med portblad av polyuretan. Polyuretan viste seg ikke egnet til formålet og måtte utskiftes med en tynn, korrugert aluminiumsplate. Fig. 6 viser porten i lukket tilstand.

Porten manøvreres automatisk slik: Ved passering av tog i retning mot Drammen åpnes porten samtidig med

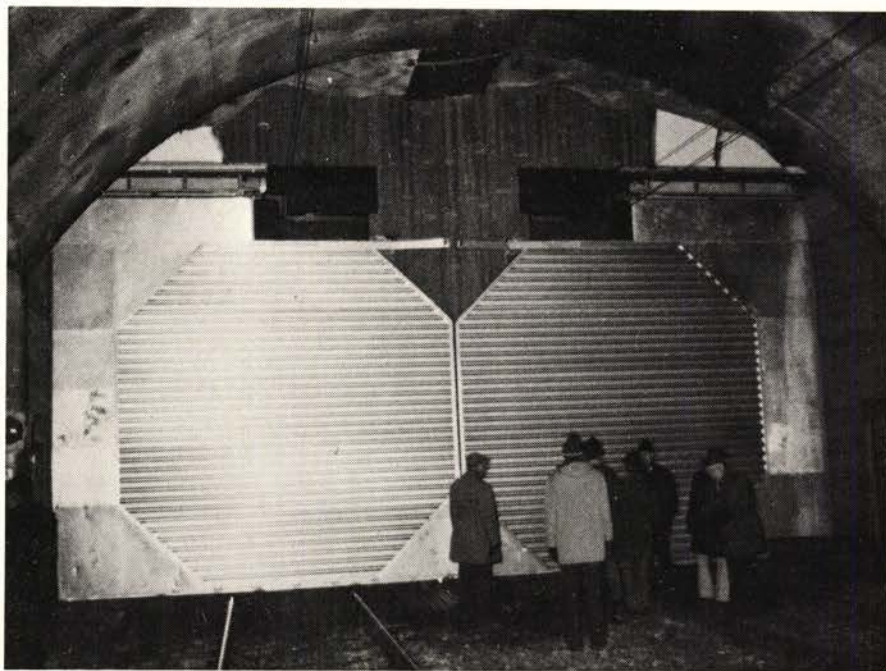


Fig. 6. Port med automatisk manøvrering.

at togveien legges klar for utkjøring fra Asker stasjon. Lukking av porten og åpning for tog i motsatt retning var forutsatt å skulle skje med tog inne i tunnelen så nær porten som mulig. Det viste seg imidlertid at lufttrykket som oppsto med kjørende tog i tunnelen ble så stort at de lette portblad ble utsatt for store deformasjoner og sporet av i sine føringer.

Det er nå foretatt en ombygging av den automatiske manøvrering slik at porten alltid vil være åpen med kjørende tog i tunnelen. Den totale lukningstid vil derved bli sterkt redusert, men tunnelen vil dog være lukket ca. 7 timer om natten, på den tid av døgnet vi vanligvis har de laveste temperaturer.

Da det er den akkumulerte frostmengde som bestemmer frostens inn-trengning i fjellet, skulle dette bidrag til varmebalansen ha en vesentlig gunstig virkning, spesielt hvis man tar sikte på en effektiv samkjøring av port og luftgardin.

Porten kan imidlertid også manøvreres fra sikringsanleggets stillerapparat på stasjonen. Den har i vinter vært prøvekjørt på denne måte i perioder med lave temperaturer. Det er konstatert at den virker stabiliserende på

temperaturen og at det lufttrykk som oppstår på grunn av temperaturredifferansen ikke medfører problemer med manøvrering av porten. Dette trykk er ifølge [9, 12]:

$$\Delta p = \frac{\rho}{T_0} (T - T_0) g \cdot H \approx 4,3 \cdot \Delta T$$

hvor  $T_0$  og  $T$  er de midlere lufttemperaturer henholdsvis ute og inne. Med en utetemperatur på  $\div 25^\circ\text{C}$  vil trykket på porten bli

$$\Delta p = 4,3 \cdot 30 = 129 \text{ N/m}^2$$

Porten er dimensjonert for  $500 \text{ N/m}^2$ .

Luftgardin med innblåsing av en kald luftstrøm hadde tidligere vært benyttet her i landet ved en av veitunnelene på Haukeliveien [13]. Erfaringene herfra syntes å være såvidt lovende at det ble besluttet å installere et liknende anlegg i vestre ende av Lieråsen tunnel. Prinsippet ved luftgardin er at det ved hjelp av vifter blåses en sterk luftstrøm i ca  $45^\circ$  vinkel mot innstrømmende luft. Formålet med luftgardinen er å forårsake et så høyt trykkfall som mulig med minst mulig forbruk av effekt. Dette trykkfallet virker til å redusere drivtrykket.

Trykkfallet over en luftgardin, når luftstrømmen i tunnelen = 0 kan settes

$$\Delta p = c \cdot \rho \cdot v^2 \frac{F}{A} \quad [9]$$

hvor  $\rho$  = luftens tetthet,  $v$  = middelverdien av strålehasighet i utløpet av dy-

sen,  $F$  = det totale dyseareal og  $A$  = tverrsnittet av tunnelen. Factoren  $c$  er en empirisk verdi som er avhengig av geometriske forhold, plassering av luftinntak m.m.

Drivtrykket som skyldes termisk oppdrift

$$(\Delta p)t = \frac{S}{T_0} g \cdot H \Delta T$$

Trykkfallet over porten vil balansere drivtrykket når

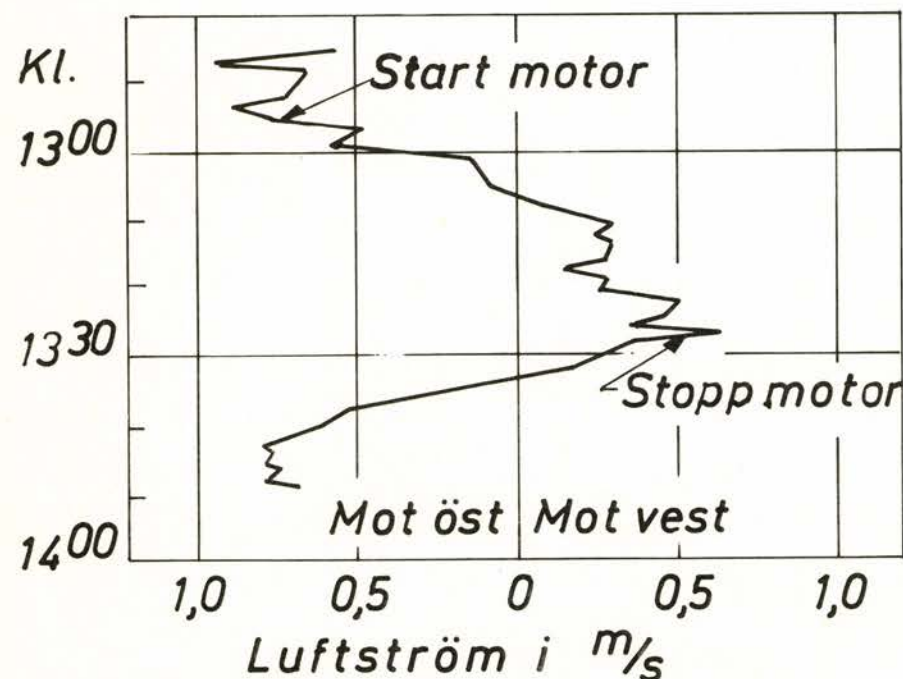
$$\Delta p = (\Delta p)t$$

Forsøk utført vinteren 1974 med en flymotor på 48 kW påmontert en godsvogn viste at det lot seg gjøre å snu luftstrømmen og få den til å blåse i motsatt retning (fig. 7).

Det ble høsten 1974 installert en luftport bestående av 12 stk. Bacho aksialvifter FPK-50. Det har vist seg at denne luftgardin ikke kan balansere drivtrykket for en større temperatordifferens enn 3°C, hvilket er på det nærmeste verdiløst.

Beregninger utført ved Institutt for aero- og gassdynamikk ved NTH har imidlertid påvist at man kan oppnå en vesentlig bedre effekt ved anvendelsen av andre viftetyper og en gunstige-

Fig. 7. Måling av luftstrømmen ved forsøk med flymotor i tunnelen.



re geometri omkring viftene, og det foreligger forslag på ombygning av luftgarden etter disse anvisninger [9].

De installasjoner som er under utprøving i Lieråsen tunnel må betraktes som pionerarbeid, idet man praktisk talt ikke har erfaringer å bygge på verken fra vårt land eller andre land, i hvert fall ikke for tunneler med det tverrsnitt og den lengde som det her er tale om. Installasjonene har vært kostbare, men forsøkene må betraktes som et forsknings- og utviklingsarbeid av betydning ikke bare for løsningen av det spesielle problem i Lieråsen tunnel, men generelt for frostproblemer i trafikk tunneler. Man kunne tenkt seg å utføre forsøk i modell før det ble bygget anlegg i full målestokk. Modellforsøk er imidlertid også både kostbare og tidkrevende og vil under ingen omstendigheter gi like verdifulle opplysninger som forsøk i full målestokk.

Det har vært reist spørsmål om det ikke burde vært anvendt en varmluftgardin. Til dette er det bare å si at energiforbruket ville bli så stort at det ville sprengre enhver økonomisk fornuftig ramme. En av årsakene til at varmluftgardin måtte frarådes var det forhold at innblåsing av varm luft i nedre ende av tunnelen ville øke luftstrømmen, og en god del av effekten ville gå

tapt ved at mere kald luft ble trukket inn i tunnelen.

Det finnes i tunnelen rikelige mengder varmeenergi fra de mange kilometer av tunnelen hvor vegger og tak har en temperatur på 6–7 varmegrader og hvor vann av samme temperatur strømmer inn i tunnelen. Det er målt en total vannmengde i tunnelens dreinsledning på 4 mill. lpr. døgn [6]. Bare avgitt varmeenergi fra avkjøling av dette varmevolum ned til 0°C representerer en effekt på ca. 1000 kW. Videre avgis varmeenergi ved frysning av vannet på sleppene og i istapper i vegg og tak. Hvis vi regner med at gjennomsnittlig 500 l vann pr 1m tunnel fryser til is på en tunnellengde av 2000 m, utgjør denne frigjorte varmeenergi ca. 100 000 kWh. Hertil kommer direkte varmeovergang fra fjelloverflaten.

Det finnes således varmeenergi nok, problemet er imidlertid å få utnyttet denne energi ved å forskyve varmebalansen mot nedre ende av tunnelen.

#### Andre metoder for å hindre frost.

Det har vært diskutert en rekke andre metoder for å hindre at frosten trenger inn i fjellet. En velkjent metode i dag er anvendelsen av varmekabler. NSB har i en av sine tunneler, Orkla-tunnelen på Dovrebanen, benyttet varmekabler i forbindelse med membranisolert, armeret sprøytebetong.

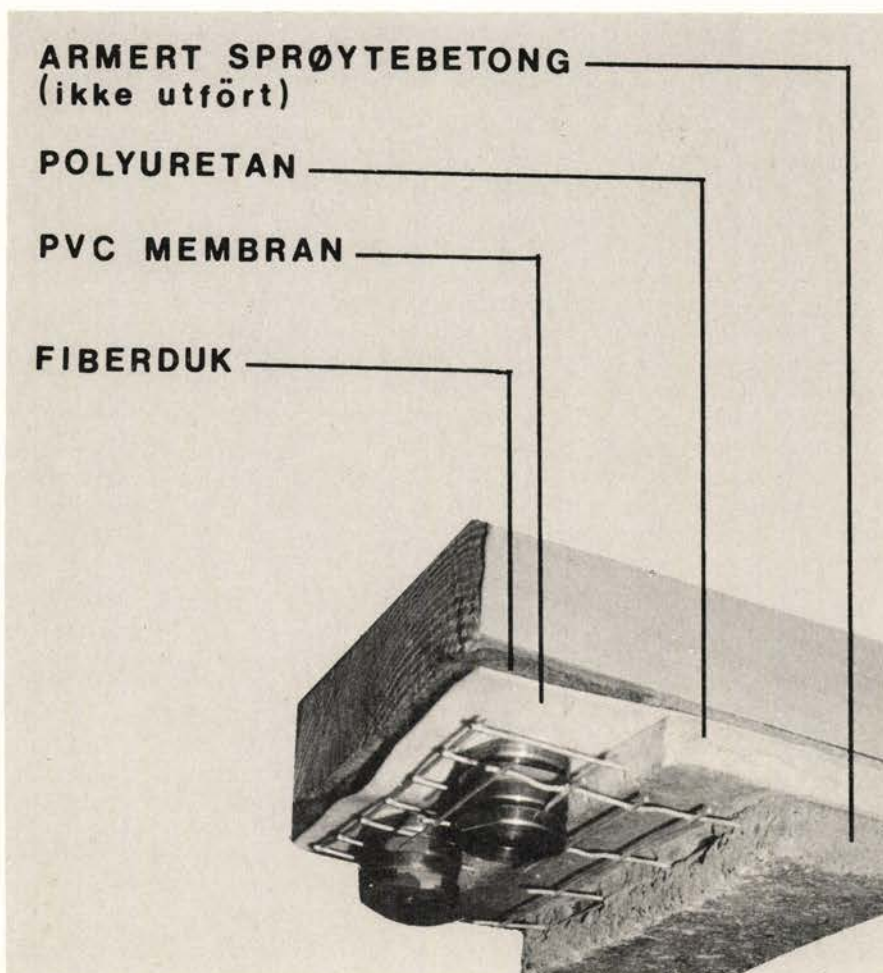
Varmekabler med senteravstand 25 cm er innstøpt i betongen på en tunnellengde av 60 m. Energiforsyningen reguleres ved termostat i tunnelveggen. Installert effekt er 60 kW, d.v.s. 1 kW pr. m tunnel. Dette representerer nødvendig strømforbruk ved maksimal frost. Selv om Lieråsen tunnel har et noe mildere klima og vi regner med at det medgår 500 W/m (det halve av Orkla-tunnelen) avtagende til null 2500 m inne i tunnelen, representerer dette et effektbehov på 600 kW, og et strømforbruk på over 500 000 kWh/år. Problemet er imidlertid ikke løst med det. Selv om takdrypp kan tolereres om sommeren, kan man ikke tillate dette om vinteren, da det vil danne seg isvuller i skinnegangen. I tillegg til oppvarmingssystemet måtte det derfor bygges en takrennekonstruksjon som ledet vannet til grøftene.

Energibehovet kan reduseres ved isolering. Da er man imidlertid inne på

en annen løsning, nemlig å kle inn tak og vegger med isolasjonsmateriale tilstrekkelig dimensjonert til å hindre at 0-isotermen kommer innenfor isoleeringen.

Det finnes mange tenkelige muligheter, og en av dem er prøvet siste vinter. Det dreier seg om et østerriksk patent som består av en plastmembran av 1,5 mm tykkelse, som er lagt mot fjellet med et mellomlag av fiberduk for beskyttelse mot gjennomlocking fra fremstikkende fjell. Membranen sveises i skjøtene og festes til fjellet med bolter. Utenpå denne, feste i samme bolter legges en galvanisert tråduk som påsprøytes polyuretan – en skumplastisolasjon med meget lavt varmeledningstall. Prinsippet er vist i snitt på fig. 8. Plastmembranen skal

Fig. 8. Modell av membranisolasjon med påsprøytet polyuretan og armert sprøytebetong.



hindre vannlekkasje og sørge for at vannet dreneres ut gjennom fjellets sprekkesystem til tunnelgrøften, som vi kan regne med aldri fryser.

Polyuretanisolasjonen, som har varierende tykkelse fra 2 til 5 cm, skal hindre at vannet fryser. Den etablerte prøvestrekning er på ca 7 m lengde. Temperaturregimet bak isolasjonen er kontrollert ved elektriske termistorer vinteren 1975–76 og viser tilfredsstillende resultat (fig. 9). Det skal dog bemerkes at vinterens kuldemengde ikke kommer opp i mer enn middels. Da temperaturen like innenfor membranen har vært nede i 1,5°C, må man regne med større isolasjonstykkelse, anslagsvis 5–10 cm.

Det er følgende betenkeligheter ved denne løsning:

1. Meget høye omkostninger.
2. Hvis metoden skal ansees sikker, må det i tillegg til isoleringen foretas en mekanisk sikring ved armert

sprøytebetong eller man må på annen måte hindre nedfall som kan oppstå av andre grunner enn frostsprengning.

3. Isloasjonen forandrer varmembalansen, og det er fare for at frosten der ved vil gå enda lenger inn i tunnelen.

Det kan tenkes en enklere form for isolasjon, idet man kan isolere taket og sørge for at vannet avledes til veggene, hvor det sporadisk legges varmekabler etter et system som er benyttet i tunneler og fjellskjæringer i Hamar distrikt. Man tar ikke sikte på en fullstendig oppvarming av tunnelveggen, men sørger bare for at vannet på visse punkter kan dreneres ut [13].

Systemet har den fordel at man i mindre grad forstyrrer varmembalansen, og omkostningene blir vesentlig mindre enn ved full oppvarming ved varmekabler. Problemet er hvordan man skal etablere et vanntett og isolert tak. Det finnes isolasjonsmaterialer som burde egne seg, men forsøk må utføres for å vinne praktisk erfaring for de spesielle forhold i Lieråsen tunnel.

#### Sikring med steinskredsikringsnett

Problemene med en effektiv løsning av temperaturregimet i tunnelen har tvunget fram en separat løsning på ingenørgeologisk grunnlag for å hindre ulykker ved nedfall.

Det er tidligere redegjort for den systematiske bolting som ble utført vinteren 1974. Denne bolting har vist seg å løse en vesentlig del av problemet med sikring mot nedfall, idet den har hindret større blokker i å løsne og falle ned i skinnegangen. Tynne flak av sprøytebetong og mindre stein har imidlertid kunnet løsne mellom boltepunktene. Selv om disse mindre nedfall ikke direkte har representert noen fare for trafikken, kunne man ikke slå seg til ro med forholdet, idet slike nedfall blant annet representerte fare for baneavdelingens og elektroavdelingens personale i tunnelen.

Sikring av hengen i berghaller og tunneler har i mange år vært utført ved en kombinasjon av bolting og bruk av galvanisert ståltrådnnett. Metoden har vært lite anvendt ved NSB, bortsett fra i visse tilfeller under anleggsdriften.

En ny type sikringsnett, egentlig beregnet på sikring av fjellskjæringer og bratte fjellskrånninger, er nylig kommet på markedet. Det består av 2,7 mm tykk

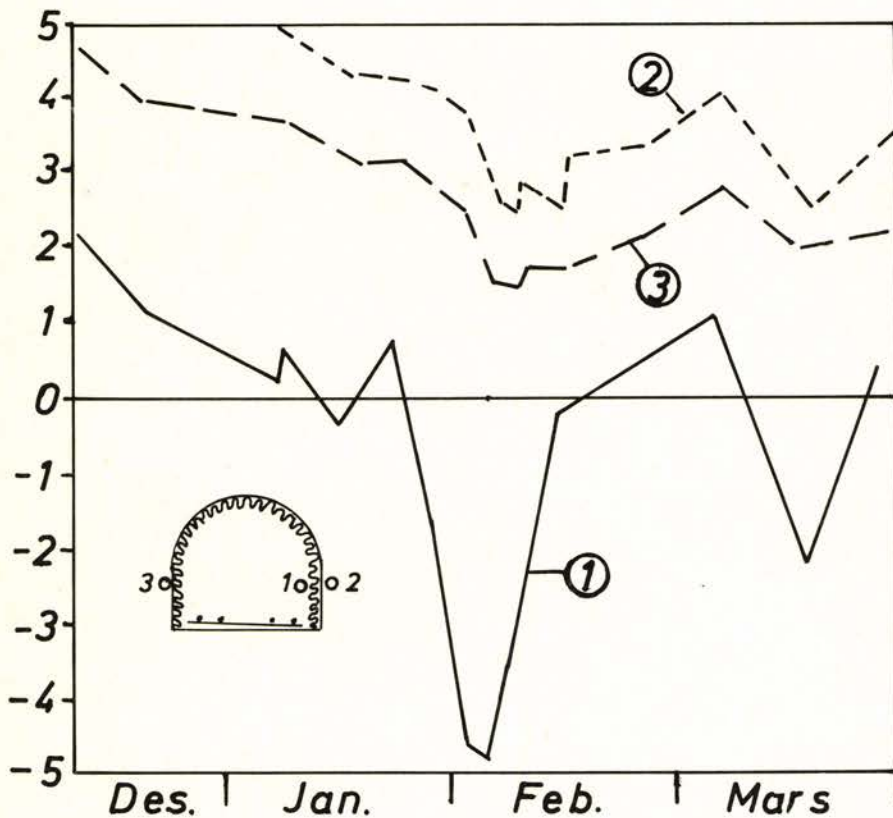


Fig. 9. Temperaturen ved isolert tunnel. 1): Tunnelluftens temperatur. 2) og 3): Temperaturen bak polyuretanisolasjoner av henholdsvis ca. 50 og ca. 20 mm tykkelse.

galvanisert ståltråd, korrosjonsbeskyttet med et plastbelegg (PVC) av 0,5 mm tykkelse. Nettet har maskevidde 80 x 100 mm og er fremstillet på en slik måte at det har meget stor strekkstyrke. Nettet (Gabion Macaferri steinsprangsikringsnett) leveres i forskjellige bredder og i ruller på 25 m lengde. Flere nett kan sys sammen ved hjelp av spesialtråd og således danne et sammenhengende nettingflak av den utstrekning man måtte ønske.

Denne form for sikringsnett ble valgt for å hindre nedfall i Lieråsen tunnel, idet nettet er hengt opp i de samme bolter som tidligere var slått inn for primær sikring av tunneltaket (fig. 10). De innslåtte perfobolter var stuket og det var lenge et problem hvorledes man skulle plasere og feste stoppskive for opphengning av nettet. Løsningen fremgår av fig. 11.

Erfaringene fra vinteren 1975-76 har vist at nettet har vært påkrevet og ef-

fektivt. Det har i flere tilfeller vært nedfall av stein i nettet. Når oppsetningen av sikringsnett er fullført, kan Lieråsen tunnel betraktes som like sikker mot steinsprang som hvilken som helst annen tunnel ved NSB. Isproblemerkene er imidlertid dermed ikke løst.

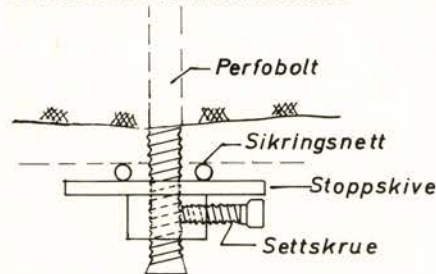


Fig. 11. Detalj av festet for sikringsnett.

#### Litteratur:

- [1] Huseby, Fredrik: Lieråsen tunnel, strukturgeologiske og ingeniørgeologiske undersøkelser, NSB-Tekniske meddelelser nr. 3, 1966.
- [2] Huseby, Fredrik: Lieråsen tunnel, Del II: Geofysiske og videre geologiske undersøkelser. NSB-Tekniske meddelelser nr. 3, 1968.
- [3] Huseby, Fredrik: Lieråsen tunnel, Del III: Hydrogeologiske undersøkelser. NSB-Tekniske meddelelser nr. 4, 1968.
- [4] Huseby, Fredrik: Strukturgeologiske undersøkelser i Lieråsen tunnel. Norsk Geologisk Tidsskrift, bind 47, 1967.
- [5] Huseby, Fredrik: Lieråsen jernbanetunnel. Geologiske og geofysiske undersøkelser. Bygg nr. 8-9, 1968.
- [6] Huseby, Fredrik: Drammensgranittens hydrogeologi. Norsk Geologisk Forenings medlemsblad nr. 7, 1975.
- [7] Mathisen, J.: Tunnelutmuring med ferdigstøpte lameller av armeret betong. NSB-Tekniske meddelelser nr. 1, 1953.
- [8] Gotaas, Y.: Luftstrømmer gjennom Liertunnelen, (Intern rapport 14.12.73).
- [9] Haaland, Skjalg: Luftgardin i Lier-tunnelen, (Intern rapport, desember 1975).
- [10] Sætre, Knut: Rapport fra stipendiereise i Østerrike og Sveits 1975, (Intern)
- [11] UIC Bericht 7/K/5b - 1975.
- [12] Haaland, Skjalg: Virkningen av en luftport plasert i en jernbanetunnel, (Intern rapport juni 1975).
- [13] Hartmark, H.: Hvorledes kan vi hindre isdannelse i tunneler? NSB-Banenytt nr. 1, 1975.

Fig. 10. Opphengning av sikringsnett.



# Statiske omformere for sikringsanlegg

Av overingeniør L. Severin Pran

Jernbanens sikringsanlegg krever, til sporfeltene, en vekselstrøm av unormal frekvens. Man har her i landet valgt 95 Hz. (d.v.s. 95 perioder pr. sekund).

Denne strøm er hittil blitt levert av roterende omformere. Virkemåten er følgende, se fig. 1:

Strøm fra stasjonens vanlige lysnett, 220 V, 50 Hz, går over en omkobler (1) til en likeretter (2). Den går videre som likestrøm (=) til en vanlig likestrømsmotor (3).

Motoren driver en generator (4) som leverer vekselstrøm, 95 Hz, til stillverket.

Blir strømmen borte, legger omkobleren (1) seg om, så strømmen nå kommer fra kjøreledningen (15.000 V, 16 2/3 Hz) over en transformator (5). For øvrig er virkemåten som ovenfor beskrevet.

Omkobleren går tilbake til lysnettet når dette igjen blir spenningsførende.

I årenes løp var man kommet fram til meget driftssikre konstruksjoner, som krevde relativt lite tilsyn og vedlikehold. Men bevegelige deler i omkobleren og det at omformeren var roterende, gjorde at man aldri kunne komme forbi et visst forebyggende vedlikehold.

Man begynte derfor å overveie om man ikke burde gå over til statiske

omformere, d.v.s. omformere uten bevegelige deler.

Man ventet derved å oppnå følgende fordeler:

- 1 Billigere innkjøp
- 2 Enklere montasje
- 3 Sikrere drift
- 4 Mindre vedlikehold

De første forsøk tok til i første halvdel av 1960-årene, men utfallet var ikke vellykket.

I 1972 besluttet man å gå løs på problemet for alvor. Man skaffet seg oversikt over hvilke tekniske krav jernbanen måtte stille og innhentet offentlig anbud.

Bestilling på 5 stk. prøveeksemplarer ble derpå plassert hos A/S Elektrisk Bureau i samarbeid med A/S Norgas.

Omformerne arbeider etter følgende prinsipp, se fig. 2:

De to nett, lysnettet og kjøreledningen (sistnevnte over en transformator (1)), arbeider på hver sin likeretter (2 og 3).

På sekundærsiden, likestrømssiden, er de sammenkoplede (pkt. A).

De to nett samarbeider altså om å levere strøm til vekselretteren (4). Hvordan de fordeler belastningen seg i mellom, er overlatt til tilfeldighetene. Men hver av likeretterne er sterk nok til å ta hele lasten alene om den andre skulle falle ut.

Likestrømmen føres videre til vekselretteren (4). Denne inneholder ingen bevegelige deler, men likevel snur den strømretningen 190 ganger i sekundet før den sender strømmen videre til stillverket (190:2 = 95Hz).

Utstyret er underbrakt i 2 skap. Skapenes grunnflate er 600 x 430 mm, og høyden er 1320 mm.

De to første omformere ble tatt i bruk i begynnelsen av 1974, og en «barnesykdom» meldte seg pr. omgående.

Hvis begge nett arbeidet sammen og det ene så falt ut, oppstod det en kortvarig, kraftig spenningsreduksjon på vekselretterens sekundærside.

Dette ledet til såkalte driftsfeil i sikringsanlegget, signaler som måtte være stillet i «klart» gikk i «stopp» i utide. (Det motsatte kan ikke innrette!).

Problemet ble angrepet av leverandøren som fant årsaken og fjernet den.

I september-oktober 1974 ble 4 av omformerne satt i drift på Vinstra, Marnardal, Helleland og Kjelsås stasjoner.

Et par «barnesykdommer» til meldte seg, men disse var av så ringe omfang at en ikke skal gå inn på dem her.

Den siste gang det inntraff feil på noen av disse 4 omformere var i august 1975 (Vinstra stasjon). Men det bør også nevnes at 2 av dem overhodet ikke har hatt avbrudd.

Den 5. omformer ble alvorlig skadd under jernbanetransport og kunne derfor ikke tas i bruk (på Holstad stasjon) før i oktober 1975. Denne omformer sviktet en gang i første kvartal 1976.

I løpet av 1. halvår 1976 ble 4 av omformerne overflyttet til Bergensbanen. (Gulsvik – Torpo – Ustaoset – Haugastøl stasjoner.)

Den 5. står for tiden på Ål stasjon, men holdes foreløpig forsiktigvis i reserve.

Da alt tydet på at de forventninger man hadde til utstyret er eller blir innfridd, ble det i 1976 bestilt 36 stk. omformere til, beregnet på Bergensbanens anlegg.

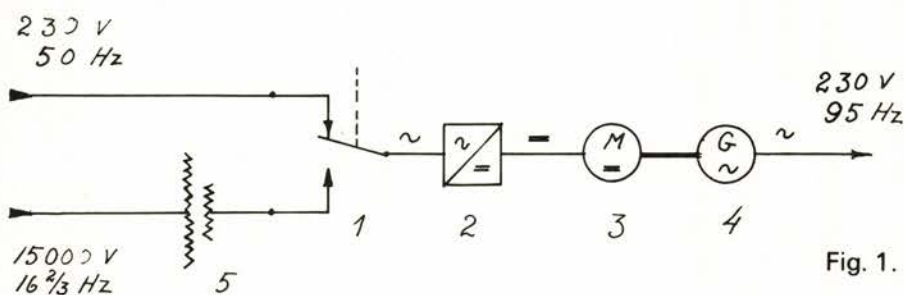


Fig. 1.

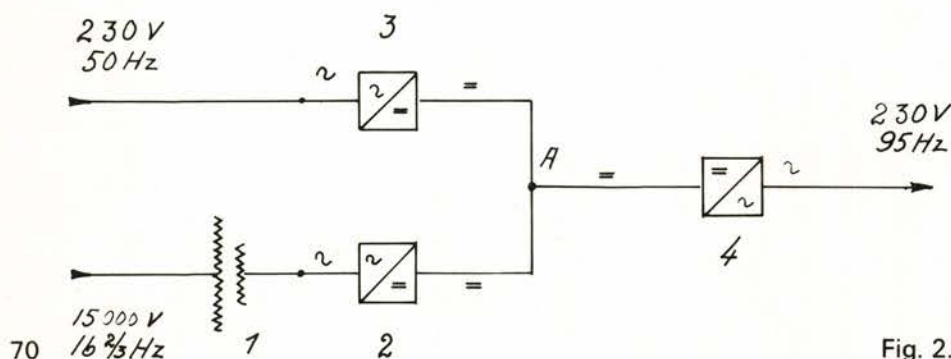


Fig. 2.



# Nytt fra ORE, UIC m.v.

*UIC's arbeidsmetoder består i alt vesentlig i å innhente informasjon fra medlemsforvaltningene i et bestemt spørsmål, som deretter drøftes i UIC's kommisjoner, underkommisjoner, arbeids- og studiegrupper. Etter behov forankres de nødvendige anbefalinger eller beslutninger i de såkalte UIC blad (Fiches, Merkblætter)*

*ORE er UIC's forskningsorgan og har til oppgave å avklare tekniske spørsmål som UIC mener må videreutvikles før en løsning kan drøftes innen UIC.*

*For å avklare disse mange tekniske spørsmål søker ORE hjelp fra høyskoler, industrien og forvaltningene. Utredningene, forsøksresultatene m.v. presenteres i de såkalte ORE-rapporter, og UIC avgjør i hvilken utstrekning rapportene skal følges opp med UIC blad av bindende eller anbefalende karakter.*

*Mange endringer i NSB's tekniske apparat er en følge av internasjonale anbefalinger eller beslutninger. Bakgrunnen for de mest omfattende tiltak vil fortsatt bli omhandlet i egne artikler i NSB-Teknikk.*

*Fra og med dette nummer vil dessuten NSB-Teknikk inneholde «NYTT FRA ORE, UIC m.v.», som vil gi korte glimt av senere tids utviklingstendenser, anbefalinger og beslutninger innen UIC og dets samarbeidsorganisasjoner.*

*Artikkelen vil bli redigert av Prosjektkontoret, B.avd. (Bpk), Driftsteknisk Kontor, D.avd. (Dtk), Utviklingskontoret, E.avd. (Eu) og Organisasjonskontoret, M.avd. (Morg).*

● UIC har utarbeidet nye forskrifter for førerrom på lokomotiver. Det gjøres ingen forskjell på elektriske lok og diesel-lok, støynivåets øvre grense ved hastigheter under 140 km/h reduseres fra 85 til 80 dB (A).

● Det arbeides med forslag til nye kriterier for fastsettelse av revisjonsintervallet for godsvogner. Det tas sikte på at den enkelte jernbaneforvaltnings kunnskap om vognenes årlige km-løp, vognkonstruksjon, bruksområde m.v. skal muliggjøre at forvaltningen selv fastlegger revisjonsfristen for grupper av likeverdige vogner innen sin vognpark.

For tiden utarbeider UIC nødvendige retningslinjer for forvaltningene.

Det påtenkte UIC-opplegg ventes å gi relativt store besparelser i vedlikeholdsbehovet for godsvogner. SJ anslår eksempelvis besparelsene til 25%.

● UIC-arbeidsgruppen «Fremtidig lasteprofil» undersøker mulighetene for justering og utvidelser av profilet på stamlinjene ved de europeiske jernbaner, bl.a. med sikte på å utvide transporttilbudet i internasjonal trafikk.

● UIC og ORE undersøker for tiden ulemper og fordeler ved en økning av akseltrykket på godsvogner til 22 t. Selv om NSB neppe kan nyttegjøre seg dette på mange år, er det andre forvaltninger som er meget interessert.

● Ønsket om et annet toalettssystem enn det åpne som nå er i bruk, har ført til at ORE undersøker ulike konstruksjoner med hensyn til vedlikehold, driftsspørsmål og omkostninger, for deretter å komme med et forslag til valg av et nytt system.

● Det er vedtatt at alle personvogner som benyttes i internasjonal trafikk på det europeiske jernbanelanettet (RIC-vogner) skal være utstyrt med høyttaleranlegg bestående av forsterker, mikrofon og høyttalere, for kommunikasjon fra en hvilken som helst av vognene og lokførerplass til resten av toget.

● ORE-komité A 122, som arbeider med bruk av tyristorer i jernbaneteknologi, har funnet behov for å utgi en publikasjon over de mest vanlige tekniske uttrykk og deres definisjon på engelsk, fransk og tysk.

ORE-komité A 122 har videre undersøkt hvilke forstyrrelser bruk av tyristorstyrt trekkraftmaterieell kan gi i signalinstallasjoner. Undersøkelsen er utført på det tsjekkoslaviske jernbanelanettet (25 kV/50 Hz) med et tyristorstyrt lokomotiv, et elektrisk togsett og et enfase skiftelokomotiv.

Målinger utført på 25, 75 og 275 Hz sporkretser viste ikke verdier på forstyrrelsene som overskred tillatte grenser. For 400 Hz sporkretser ble det imidlertid målt uakseptable store forstyrrelser.

● I ORE-komité A 118 arbeides det med problemer angående bruk av elektroniske komponenter i signalteknikk. En av problemstillingene er hvordan en kan garantere sikkerheten ved bruk av prosessdatamaskiner. Disse kan brukes til f.eks. å styre stillverket, direktstyre veksler og signaler eller direktstyre lokomotiver.

● ORE-komité D 117, som behandler «Tilpassing av den klassiske overbygning til den fremtidige trafikk», har i en rapport nr. 8 behandlet problemene angående innflytelsen av forskjellige tiltak på sidemotstanden av det ubelastede sporet.

## Nye tankcontainere for transport av melk

Fellesmeieriets nye anlegg på Bredtvedt vil om kort tid bli tatt i bruk. Anlegget er blitt slik plassert at det ikke uten meget store omkostninger er mulig å føre in sidespor til bedriften. Fellesmeieriet måtte derfor finne en alternativ transportform for å få den nødvendige melkemengde til anlegget.

I samarbeid med Østlandets Melkesentral og NSB ble det utformet en bil/bane/biltransport. NSB vil i stor grad stå som hovedtransportør med sine containervogner sammen med NSB's bildrift, som i enkelte distrikter transporterer tankcontainere fra meierier uten sidespor til nærmeste containerterminal hvor omlasting til jernbanevogn finner sted.

På vårparten i år ble det fra A/L Landteknikk levert en prøvecontainer, som av NSB ble testet rent styrkemessig ved Teknisk Laboratorium på verkstedet Grorud, samt driftsteknisk i prøvetransporter. Tankcontainerens dimensjoner er som følger:

- lengde: 20 fot
- bredde: 8 fot
- høyde: 4 fot
- tankvolum: 9500 liter
- taravekt: 2240 kg
- maksimal bruttovekt: 12.000 kg

Tankcontaineren er i sin helhet bygget i rustfritt stål. De består av 2 separate innertanker, hver på 4750 liter, med ytre mantelplater i ende-



bunner som primært danner bærende konstruksjonsselementer, sekundært et beskyttelsesskall for isolasjonen som er polyuretanskum.

Innertankene har separate mannhull og tømmeusser, som går fra bunnen av hver innertank gjennom isolasjonen og ut til den ene siden. På toppen av tanken er det plassert vaskedyser som betjener begge innertanker. Vasking, dvs. «steaming» av tankene er p.g.a. hygieniske forhold nødvendig etter hver tømning. Det er dessuten plassert luftestusser på toppen av containeren, en pr. innertank. Fylling av tankene kan gjøres enten gjennom

mannhullene eller gjennom tømmeussene.

Tankcontaineren er konstruert med både topp- og bunnbeslag og er dimensjonert for å tåle de retardasjonskrefter som oppstår innenfor en grense på 2 g.

Tankcontainerens størrelse og maks. bruttovekt ble valgt på de kriterier at den måtte kunne kjøres på standard bil-

materiell på vei og samtidig kunne transporteres i tom tilstand stablet 2 i høyden på en konvensjonell jernbanevogn. Med sin høyde på 4 fot vil det således være mulig å transportere 4 ledige tankcontainere på en 2-akslet K-vogn. Dette har sine åpenbare fordeler ved transport av tomme containere.

Høg.

## Ny jernbanestrekning i Vest-Tyskland.

Planlegging og forberedende arbeider er nå igang på høyhastighetsstrekningen Mannheim-Stuttgart. Denne strekning inngår som en viktig del av en plan for et moderne og effektivt jernbanenett i Vest-Tyskland.

Linjen dimensjoneres for en hastighet på 250 km/h, men i første driftsfase vil maksimalhastigheten bli satt til 200 km/h. Strekingen vil også få trafikk av langsomme persontog og av godstog med stort akseltrykk og hastighet 120 km/h. Dette har nødvendiggjort visse kompromisser i dimensjoneringen.

Overbygningen skal utføres på konvensjonell måte med betongsviller og ballast. For om mulig å redusere vedlikeholdskostnadene vil det imidlertid bli vurdert nærmere om man skal velge ballastfri overbygning på broer og i tunneler.

Store kurveradier (min. 7.000 m) og kravet om minimale inngrep i det omgivende miljø har ført til at hele 25% av linjen er lagt i tunnel og 8% på broer. De bygningstekniske arbeider vil derfor bli av stort omfang. Planleggingen og utførelsen av de nødvendige betongkonstruksjoner vil bli rasjonalisert mest mulig ved standardisering og prefabrikasjon. «Skreddersydd» konstruksjoner vil bare unntaksvis bli utført.

Arbeidene vil totalt komme på ca. 2.500 mill. DM etter prisnivå 1975 og ventes etter planen fullført i 1985. Reisetiden mellom Mannheim og Stuttgart vil da kunne reduseres til omtrent halvparten av det den er idag, f.eks. fra 80 til 39 min. for TEE-tog.

(Railway Gazette International, 132 (1976): 8, s. 289-92)

KMa

## Førsteklassevogner til Iran:

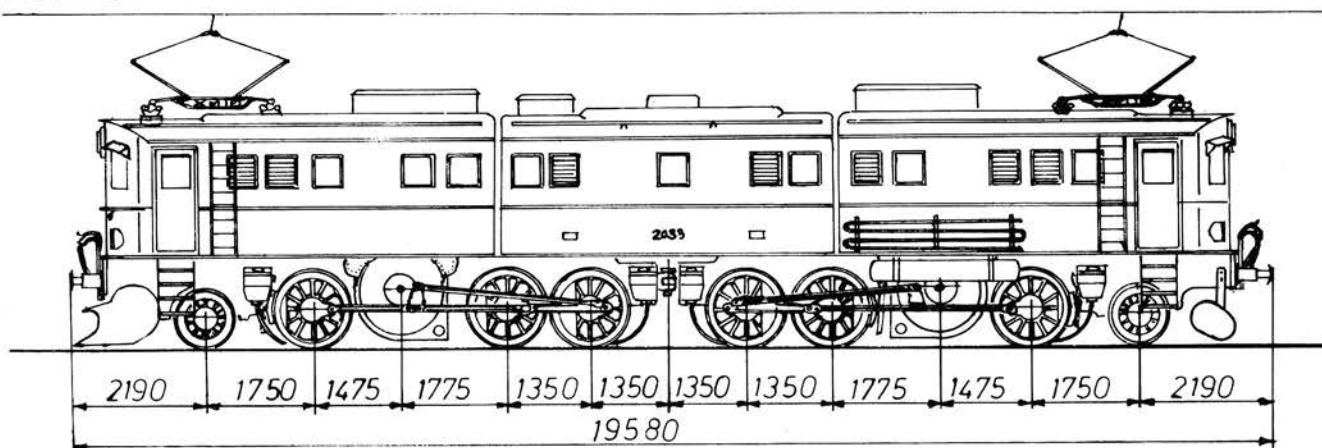
Det østerrikske firmaet Simmering-Graz-Pauker leverer i samarbeid med Linke-Hofman-Busch 50 luksuriøse førsteklassevogner til de iranske statsbaner. På basis av UIC-spesifikasjonen for vogner av type X har disse vogner åtte fereseters kupéer for kombinert dag- og nattbruk. I dagstillingen er det et bredt nedslagsbord mellom de to setene på hver langside og bak bordet et mindre klesskap. Over setene er det på hver side i kupéen montert en overkøye som om dagen klappes opp mot veggen. Setene omgjøres om natten til underkøyer.

Vognene er utrustet med Minden-Deutz-boggier og Knorr-skivebremser. Ved lav yttertemperatur kan vognen varmes opp med dampvarme fra lokets varmekjele.

### Tekniske data:

Lengde over buffer 26,4 m  
Bredde, utvendig 2,83 m  
Høyde over skinnestopp 4,05 m  
Vekt 50 t.  
Dagstilling, antall sitteplasser 32  
Nattstilling, antall senger 32  
Maks. hastighet 120 km/h.  
(Railway gazette international, 132 (1976): 8, s. 309-10)

## El. 4



### LOKOMOTIV TYPE EL. 4

Antall bygget: 5 (3-delt)

Hjulanordning: 1'C + C 1

Nummer og byggeår: 2033, 2034, 2044, 2045, 2046 (1925–1929)

Fabrikant: Norsk Elektrisk & Brown Boveri, Hamar Jernstøberi Mek. Verksted, Thunes Mek. Verksted

Største hastighet: 60 km/t.

Strømsystem: En-fas, 15 kV, 16 $\frac{2}{3}$  Hz.

Motorer, effekt: 4 x 700 hk (ca. 2060 kW).

Drivhjul diameter: 1250 mm.

Totalvekt: 134,5 tonn.

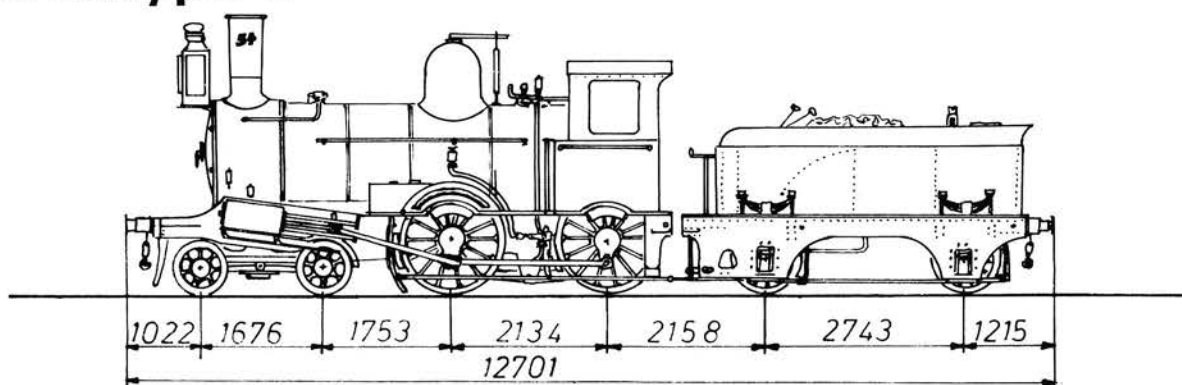
Adhesjonsvekt: 103,95 tonn.

Lok.typen bygget for Ofotbanen.

Nr. 2034 og 2044 ødelagt under krigen, 1940–45.

Siste utrangert: 17.7 1963 (2033 og 2045).

## Hovedtype 9



### LOKOMOTIV TYPE 9

Antall levert til Norge: 26.

Nummer: 29–31, 41–48, 53–61, 63, 115–117, 128, 129.

Hjulanordning: 2'B.

Byggeår: 1879–82.

Fabrikant: Nydquist & Holm AB, Beyer & Peacock Co.

Største hastighet: 60 km/t.

Maskin, boring/slag: 2-syl. tvilling, våtdamp, Ø 381 x 508 mm.

Kjeletrykk: 10 kp/cm<sup>2</sup>.

Drivhjul diameter: 1435 mm.

Totalvekt: 48,2 tonn.

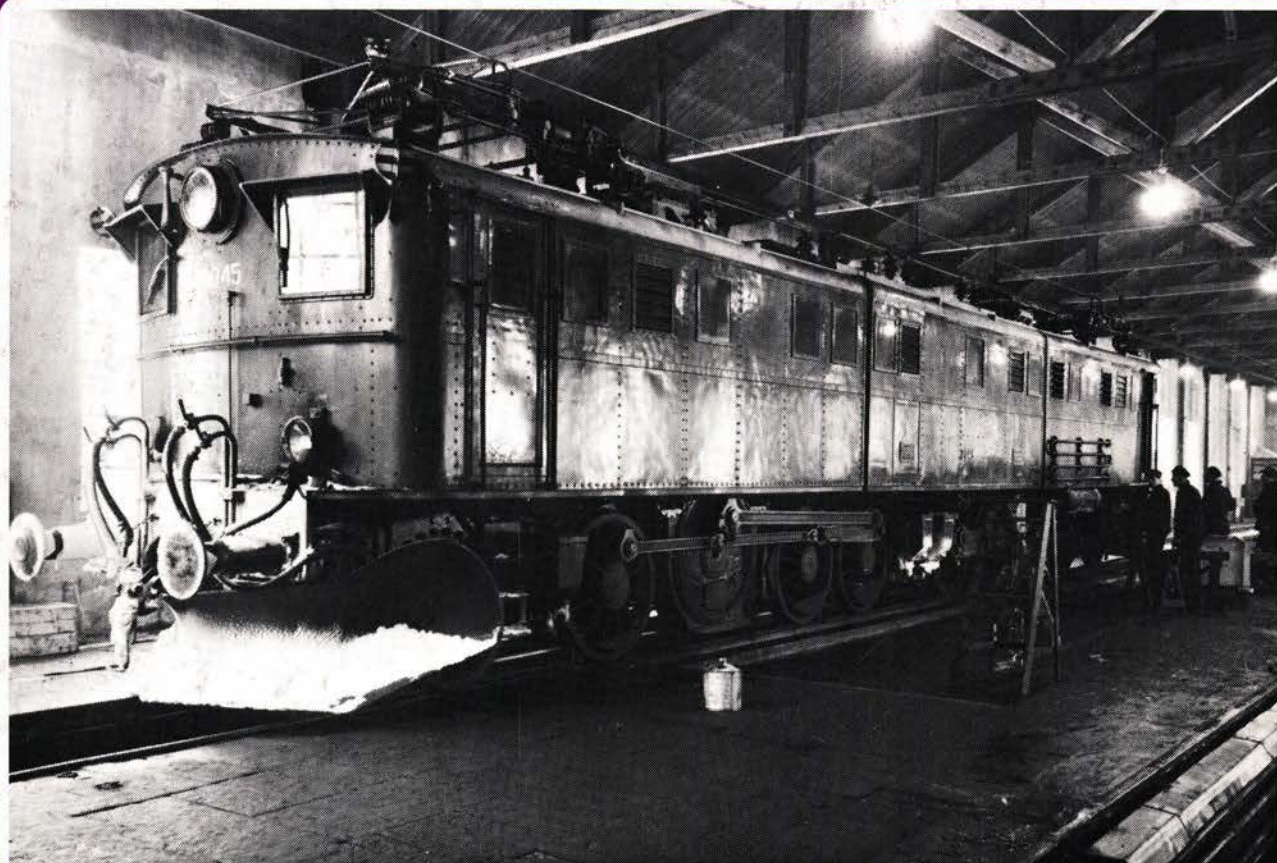
Adhesjonsvekt: 19,7 tonn.

Største syl.trekkraft: 3850 kp.

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

Siste utrangert: 19.9. 1953 (115 og 116).

El. 4



Hovedtype 9

