

NSB. teknikk

3
1980

Teknisk informasjon fra Norges Statsbaner



Bevegelige bruer



Bru over Nidelva ved Brattøra.

Nidelv bru er den nyeste bevegelige bru ved NSB. Den er en dobbeltsporet klaffebri, bygget i årene 1970–72 til erstatning for en svingbru fra 1928.

Brua måtte bygges om fordi seilløpet som følge av havneutbyggingen i Trondheim måtte forskyves 50 m østover, og fordi det gamle seilløp med 15 m fri bredde ble ansett som for trangt.

Seilløpet i den nye brua har en fri bredde på 24 m, men på grunn av den skjeve kryssingsvinkel mellom brukse og seilløp, blir klaffespennets spennvidde 32 m.

I likhet med NSB's andre klaffebri, Skansen bru (se NSB-teknikk nr. 2/1979), er klaffespennet utbalansert med en motvekt. Men ved Nidelv bru henger motvekten på undersiden av brukonstruksjonen og senkes ned i hovedpilaren når brua åpnes. Motvekten er altså ikke synlig utenfra.

Foruten klaffespennet har brua 6 faste spenn, og den totale brulengde er 190 m.

Parallelt med jernbanebrua er det senere bygget en gatebru som også har et klaffespenn. Både jernbanebruas og gatebruas klaffespenn manøvreres fra jernbanebruas manøvreringstårn.

På øverste bilde sees klaffespennet med manøvreringstårnet og to av de faste spenn.

På nederste bilde er klaffespennet åpnet. ■



Informasjonsblad
for Norges Statsbaner

Årgang 6, 1980
Nummer 3

Utgiver:
Norges Statsbaner
Hovedadministrasjonen
Storgt, 33
Oslo 1

Telefon: (02) 20 95 50.



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

Avdelingskontakter:
J. Svendsen, B.
Å. Dale, E.
A. Enerud, M.
A. Nordby, M/Tekn. lab.
T. Vasset, D/Pla.
S. E. Grønland, S.org.
K. Mathisen, Plak.

Distriktkontakt:
J. N. Ly, Oslo d.

Sats, repro og trykk:
Grøndahl & Søn Trykkeri

Opplag: 3000
Ettertrykk tillatt når kilde
oppgis

ISSN 0333-0214

Omslagsbildet:

For alle slags arbeider i og ved sporet må det alltid tas hensyn til at togtrafikken skal kunne gå mest mulig uhindret. To artikler i dette nummer beskriver nye metoder for bygging av underganger. Omslagsbildet viser hvordan skinnegangen er avstivet mens en prefabrikert undergang presses på plass under sporene.

Innhold

Ingulstad, T: Fullprofilboring av jernbanetunneler	s. 80
Brennøden, H.: Påkjenninger i grunnen ved toggang	s. 84
Andresen, J. K.: Dowty's stempelbremses. Hastighets- avhengige bremses til bruk på skiftestasjoner	s. 88
Ness, I.: Gjennompressing av undergang	s. 92
Ness, I.: Prefabrikert fotgjengerundergang trukket på plass	s. 93
Grøndahl, A.: Utskifting av overbygning i A/S Holmenkol- banens tunnel mellom Nationaltheatret og Majorstuen stasjoner	s. 94
Bøyum, P.: Nye ekspressstogvogner, NSB's vogn type 7	s. 95
Nytt fra ORE, UIC m.v. Ved T. Eriksen (M), J. Meulman (B) og I. Pedersen (E)	s. 98
Bruserien: Bru over Nidelva ved Brattøra. Ved P. Hektoen ..	s. 78
Lokserien: Type EI 16 og Type 30. Ved A	

Fullprofilboring av jernbanetunneler

Av avd.ing. Tom Ingulstad.

Artikkelen er i hovedsak et resymé av forfatterens hovedoppgave i jernbaneteknikk ved Institutt for veg- og jernbanebygging NTH høsten 1979. Oppgaven ble stillet av professor Odd Sennar som også formidlet kontakt med NSB i jernbanetekniske spørsmål.

Veiledere ved NTH har vært lab.ing. O. Torgeir Blindheim, Geologisk institutt og vit.ass. Erik Dahl Johansen, Institutt for anleggsdrift.

Metoden

Ved konvensjonell tunneldrift bores 2–10 ‰ av fjellet ut for å gi plass til sprengstoffet som gjør det egentlige arbeidet med løsbryting av fjellet. Fullprofilboring eliminerer bruken av sprengstoff, idet hele tverrsnittet tas ut i én operasjon. I harde bergarter foregår dette etter prinsippet «rote-rende knusende boring» ved at et svakt skålformet borhode er utstyrt med rulleborkroner eller rullemeisler. For norske forhold synes rullemeislerne å være de mest aktuelle. Det roterende borhodet presses mot fjellet, og reaksjonskreftene tas opp i tunnelveggen via maskinens fastspenningslabber. Disse kan sees under føreren i fig. 1.

Metoden ble opprinnelig utviklet for bløte bergarter, og allerede i forrige århundre bygget man en maskin ved tunnelanlegget under den Engelske kanal. Maskinen boret en strekning i kritt, men ga ikke de forventede resultater og ble kassert samtidig med skrinleggingen av prosjektet.

Det er først etter 1945 utviklingen har skutt fart. Bedret teknologi har redusert verktøykostnadene og muliggjort så høye inndrifter at selv meget harde bergarter idag kan fullprofilbores med gevinst.

Tverrsnittsforhold

For å kunne sammenligne fullprofilboring med konvensjonell drift må den nødvendige diameter ved boring av en enkeltsporet jernbanetunnel fastlegges.

Valg av diameter bestemmes av:

- krav til fri høyde
- rom for ballast, sviller og skinner
- borenøyaktighet
- rom for sikringstiltak

De to første av disse faktorene er gitt ut fra de banetekniske normaler. Med krav til fri høyde lik 5,65 m over skinneoverkant, 40 cm ballasttykkelse under svillene og pakkingsbredde 50 cm ut fra hver skinne, blir nødvendig indre diameter lik 6,64 m.

Dreneringen må på grunn av det sirkulære profilet legges rett under sporet og ikke som vanlig i en grøft ved tunnelveggen. Avhengig av de ventede vannmengder kan det legges et eller flere rør, som bør være fleksible for ikke å skades av påkjenningen ved togpassering.

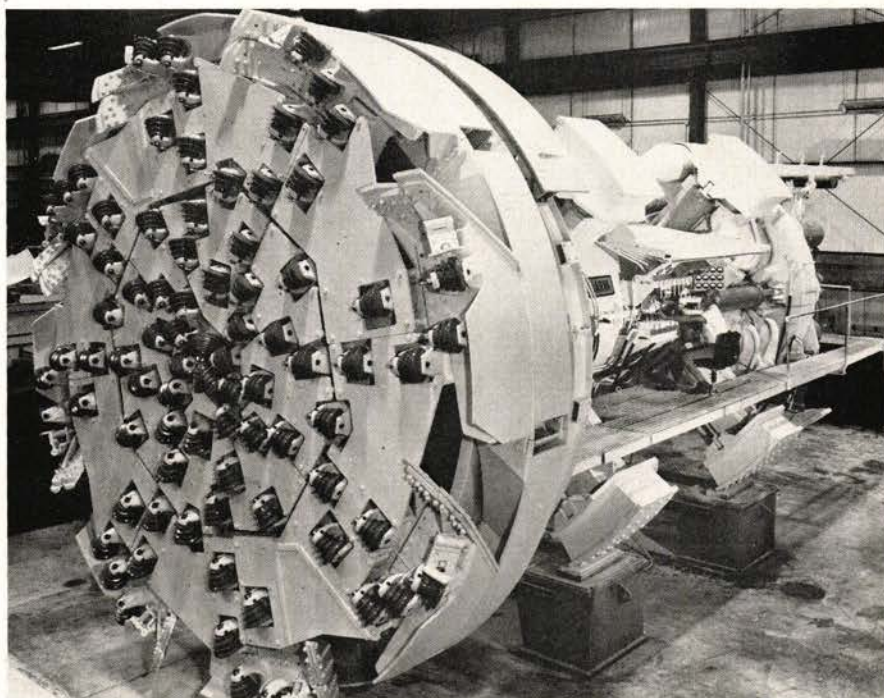
Frostisolasjon av dreneringen vil være vanskelig å få til på grunn av plassforholdene. Om det er fare for frost i ballasten, kan varmekabler bli nødvendig. Ballastprofilet blir ulikt det vanlige, men er neppe dårligere med hensyn til stabilitet og elastisitet. Sidestabiliteten ivaretas gjennom støtten fra tunnelveggen, og gjennomsnittlig ballasttykkelse blir større enn de foreskrevne 60 cm fra svilleoverkant.

Fig. 1. Fullprofilmaskin Jarva mk 22, utstyrt med trerings rullemeisler. Maskinen kan tilpasses tunneldiameterer i området 5,5 – 7,3 m. Bemerk mannen ved førerplassen.

Borenøyaktigheten er avhengig av operatørens evne til å korrigere avvik i tide. Retningsangivelsen skjer normalt ved hjelp av laser, slik at laserstrålen treffer en «blink» ved førerplassen. Dette gjør at retningsfeil kan oppdages umiddelbart, og maskinen rettes opp ved hjelp av fastspenningslabbene. Det har vist seg relativt enkelt å holde avviket innenfor 5 cm fra teoretisk tunnelakse ved boring med mindre maskiner i Oslo-området. Et tillegg på 10 cm i maskindiameteren bør derfor være tilstrekkelig ved boring av jernbanetunneler.

Art og omfang av sikringstiltak vil også influere på valg av maskindiameter. Ved konvensjonell tunneldrift kan tverrsnittet varieres over tunnel-lengden og tilpasses fjellforholdene. En tar gjerne utgangspunkt i minimumstverrsnittet, for så å utvide dette i områder hvor f.eks. full utstøpning er påkrevet. Et tilsvarende opplegg vil bli uforholdsmessig kostbart ved fullprofilboring. Det er nødvendig med detaljerte geologiske forundersøkelser, slik at sikringsarbeidene kan inngå i driftsopplegget og maskinen tilpasses dette ved montering av hjelpeutstyr og valg av en noe større diameter.

Om det regnes 25 cm rom for sikringstiltak i hengen, vil nødvendig



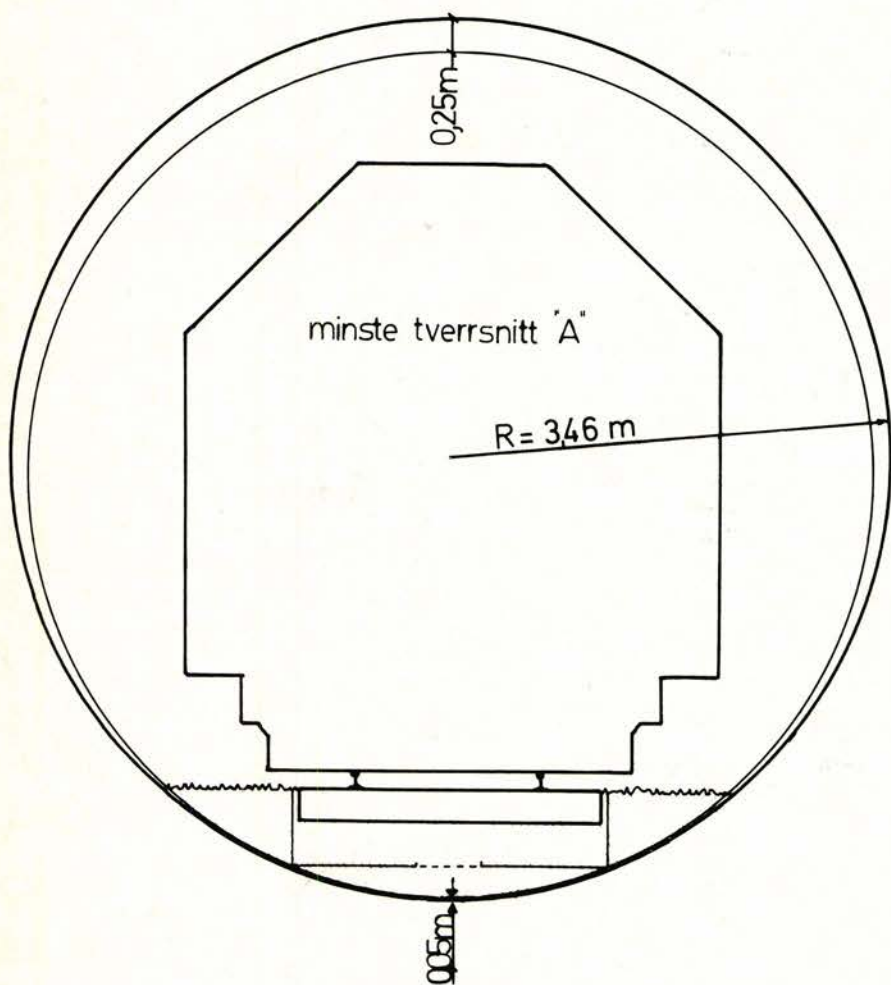


Fig. 2. Tunneltverrsnitt ved fullprofilboring.

diameter på borhodet bli 6,92 m som vist i fig. 2.

Aktuelle sikringstiltak

Stabilitetssikring

Sammenlignet med konvensjonell tunneldrift er fullprofilboring en særdeles skånsom metode for fjelluttak. Det sirkulære profilet gir normalt gode innspenningsforhold, og sikkerheten mot blokknedfall er vesentlig større enn i en sprengt tunnel. Den tunge og ofte risikofylte renskeoperasjonen faller bort.

I Norge er det boret tunneler med diametere opp til ca. 3,5 m, og i vanlig godt fjell har sikringsarbeidene stort sett begrenset seg til spredt bolting. Erfaringer fra større tverrsnitt i utlandet viser også at en kan regne med reduserte sikringsarbeider.

I en del tilfeller har imidlertid sprakefjell gitt problemer. Dette skyldes enten spenninger som følge av stor overdekning, eller ugunstig orienterte restspenninger etter tidligere bevegelser i fjellet.

Sprakingen kan komme umiddelbart, idet en ikke har sprengningsriss som kan bidra til å avspenne fjellet. Heller ikke er det mulig å tilpasse tverrsnittsformen til spenningsorienteringen. Sikringen kan skje ved at fastmonterte bormaskiner like bak borhodet brukes til en rask systematisk bolting. Eventuell senere påsprøyting av betong foregår da bak maskinen, slik at søl over denne unngås.

Drift gjennom soner med spesielt liten stabilitet byr ofte på store vansker. Innrasing over maskinen medfører gjerne minst 3–5 ukers forsin-

kelse og store tap. Om det ventes slike soner, må utformingen av maskinen vies spesiell omtanke. Profilet egner seg godt til bruk av stålbuer eller prefabrikerte betongelementer for sikring. Det må finnes kraner eller spesialbygde hydrauliske løfteanordninger, slik at elementene kan løftes på plass og monteres rett bak borhodet. Metoden sikrer samtidig feste for fastspenningslabbene.

Regner en å måtte sikre store deler av tunnelen kontinuerlig, kan det monteres et skjold over maskinen slik at sikringen foregår i bakkant av dette. Montering av elementene blir da enklere, og en kan oppnå høye inndrifter selv i dårlig fjell. Skjoldet må imidlertid være demonterbart for å muliggjøre sikring like bak borhodet i svært løse partier. For norske forhold, med overveiende godt fjell avbrutt av forholdsvis få og markerte soner med liten stabilitet, vil det bare i de færreste tilfeller være aktuelt med skjold.

Vann- og frostsikring

Erfaringer med vanntetting av fullprofilborede tunneler her i landet skriver seg hovedsakelig fra Oslo-området nye kloakktunnelnett. I disse tunnelene stilles relativt strenge krav til tetthet, idet de overveiende går under tettbebyggelse. Det har vist seg mulig å oppnå tilfredsstillende resultater med forinjeksjon, supplert med etterinjeksjon etter behov. Metoden betinger full stans i fremdriften i lengre perioder og blir dermed kostbar. Til fordel for fullprofilboring kan nevnes at lekkasjene gjerne trer tydelig fram mot den jevne veggen. Eventuelt etterarbeid blir dermed enklere å utføre.

I frostsonen vil antakelig bruk av doble isolerte platehvelv være mest aktuelt. Disse kan monteres raskt og er lite plasskrevende i forhold til tradisjonell kontaktstøp med membran.

Fullprofilboring av Ringeriksbanens tunneler

Prosjektet «Ringeriksbanen» er sist behandlet av Baneavdelingens prosjektkontor i 1976. Geoteknisk kontor utarbeidet i denne forbindelse en geologisk rapport. På dette grunnlaget er traséalternativet «Lommedalslinjen» valgt for å undersøke om full-

profilboring kan gi økonomisk og/eller tidsmessig gevinst i de fire lengste tunnelene. Det er Lilleaker tunnel med lengde 2800 m, Grav tunnel med lengde 3600 m, Steins- og Krok-skogen tunnel med lengde 3200 m og den 12 200 m lange Krok-skogen tunnel.

Inndrifter

Ved NTH er det utviklet en modell for beregning av inndrifter ved fullprofilboring. Fjelllets borbarhet uttrykkes ved fire parametere:

- borsynkindexen DRI (høy DRI = god borbarhet)
- borslitasjeindexen BWI (høy BWI = stor borslitasje)
- oppsprekingsgrad (4 klasser)
- vinkel mellom tunnelaksen og eventuelle svakhetsflater i fjellet

DRI og BWI må bestemmes i laboratorium. Dette er ikke gjort for den aktuelle trasé, men fra prøvetaking i nærheten finnes det resultater som for formålet kan regnes å være representative for de aktuelle bergarter.

Maskintype og -utrustning har stor innflytelse på inndriften. Tilgjengelig materkraft er på nyere maskiner så stor at det er lagrene i rullemeislene som i første rekke virker begrensende. Belastningen blir størst på periferimeislene og øker sterkt med økende omdreiningshastighet på borhodet. Innen visse grenser er inndriften direkte proporsjonal med omdreiningshastigheten, og det arbeides derfor intenst med å utvikle rullemeisler som tåler høyere belastninger.

I beregningen er valgt en maskin med diameter 6,92 m, enrings rullemeisler med diameter 40 cm, materkraft 200 kN/rullemeisel og omdreiningsstall 4,8 o/min. Pr. idag vil dette si en av de kraftigste maskiner på markedet. I tabell 1 er vist DRI, BWI, netto inndrift og bergartsfordeling i de fire tunnelene.

Netto inndrift defineres som inndrift i den tiden borhodet roterer. Det vil være en rekke forhold som forårsaker stans i boringen såsom takskifte, skifting av borverktøy, arbeids-sikring, vedlikehold osv. Erfaringsmessig utnyttes maskinen i 40–60 % av arbeidstiden over en periode.

Tabell 1: Bergartsfordeling og inndrifter

Bergart	DRI	BWI	netto inndrift	Lilleaker	Grav	Steins- og Krok-skogen	Krok-skogen
Leirskifer og kalkstein	75	6	2,6 m/h	2,8 km	—	—	—
Basalt	29	28	1,1 m/h	—	—	2,2 km	1,2 km
Rombeporfyr	43	18	1,6 m/h	—	—	—	0,3 km
Felsittporfyr	37	35	1,5 m/h	—	—	—	3,4 km
Kalkstein	68	9	2,3 m/h	—	3,6 km	0,9 km	—
Sandstein	57	22	1,9 m/h	—	—	—	7,3 km

Tabell 2: Byggetider i uker. Tidene gjelder tunnel klar for frostsikring og anlegg av jernbanespor med tilhørende installasjoner. Tid for innsjeksjonsarbeider er ikke medregnet.

	SPRENGT TUNNEL				BORET TUNNEL			
	Lilleaker	Grav	Steins- og Krok-skogen*	Krok-skogen*	Lilleaker	Grav	Steins- og Krok-skogen	Krok-skogen
Tilrigging	6	6	6	6	6	6	6	6
Påhugg	7	7	7	7	8	8	8	8
Montering av TBM	—	—	—	—	6	6	6	6
Driving/boring	81	104	90	179	30	42	66	191
Sikring	24	41	23	72	8	15	12	67
Utlasting av kjørebane	2	2	2	8	6	7	6	24
Sum tidforbruk	120	160	128	272	64	84	104	302

* Drevet fra to sider.

Tabell 3: Kostnadsfordeling ved fullprofilboring, kroner pr. tunnelmeter.

	Lilleaker	Grav	Steins- og Krok-skogen	Krok-skogen
Kostnader TBM	2120	2300	4070	3120
Kostnader bak TBM	1370	1450	1400	2535
Verktøykostnader	300	380	1040	1200
Sum	3790	4130	6510	6855

Tabell 4: Samlede kostnader, prisnivå 1/1-1980

	BORET	SPRENGT
LILLEAKER TUNNEL:		
lengde 2800 m		
Enhetskostnader, driving	3790 kr/tm	4590 kr/tm
Enhetskostnader, sikring	740 kr/tm	1760 kr/tm
Samlede enhetskostnader	4530 kr/tm	6350 kr/tm
Tunnelkostnad	12,7 mill. kr.	17,8 mill. kr.
GRAV TUNNEL:		
lengde 3600 m		
Enhetskostnader, driving	4130 kr/tm	4360 kr/tm
Enhetskostnader, sikring	900 kr/tm	2140 kr/tm
Samlede enhetskostnader	5030 kr/tm	6500 kr/tm
Tunnelkostnad	18,1 mill. kr.	23,4 mill. kr.
STEINSHØGDA TUNNEL:		
lengde 3200 m		
Enhetskostnader, driving	6510 kr/tm	4150 kr/tm
Enhetskostnader, sikring	560 kr/tm	1460 kr/tm
Samlede enhetskostnader	7070 kr/tm	5610 kr/tm
Tunnelkostnad	22,6 mill. kr.	18,0 mill. kr.
KROKSKOGEN TUNNEL:		
lengde 12200 m		
Enhetskostnader, driving	6855 kr/tm	4900 kr/tm
Enhetskostnader, sikring	1370 kr/tm	3000 kr/tm
Samlede enhetskostnader	8225 kr/tm	7900 kr/tm
Tunnelkostnad	100,3 mill. kr.	96,4 mill. kr.

Byggetidene er beregnet ved å forutsette 50 % maskinutnyttelse og vanlig 2-skifts drift med 10 skift pr. uke. For konvensjonell drift er de beregnet direkte etter kurver for normalinndrift med vanlig brukte utstyrskombinasjoner, utarbeidet ved Institutt for anleggsdrift ved NTH.

Tidsforbruket for sikring er anslått i forhold til drivemetode og ut fra tilgjengelige opplysninger om erfaringer ved anlegg i nærheten.

De tre korteste tunnelene er forutsatt drevet fra én side ved begge drivemetoder, slik at tidene for disse er direkte sammenlignbare. Krokskogen tunnel er så lang at den må drives fra begge sider ved konvensjonell drift, samtidig som den er for kort til at en kan sette inn to fullprofilmaskiner. Følgene av dette fremgår av tabell 2, som viser byggetidene.

Kostnader

Kostnadsoverslag for tunnelprosjekter er som regel beheftet med betydelig usikkerhet. Selv etter omfattende geologiske forundersøkelser viser det seg ofte at forholdene er vanskeligere enn antatt. Ved beregningen av de kostnader som presenteres her er derfor hovedvekten lagt på å få et riktig forhold mellom alternativene. Betydelige og svært usikre poster som forinjeksjon og eventuell frostsikring er ikke tatt med.

En kan grovt inndeles kostnadene ved fullprofilboring i tre poster. «Kostnader TBM» er i hovedsak avskrivning, renter og reparasjon av maskinen. (TBM er en vanlig brukt norsk/engelsk forkortelse for Tunnel-BoreMaskin). Denne koster ekskl. borverktøy ca. 25 mill. kr. (1979-pris). «Kostnader bak TBM» er utgifter til lasting, utkjøring, kjørebane, tipp, ventilasjon, el. opplegg og diverse.

«Verktøykostnader» inkluderer utskifting, overhaling og innkjøp av nye rullemesler. Fordelingen i de fire tunneler er vist i tabell 3.

For konvensjonell drift er kostnadene beregnet ved hjelp av normal-kostnadskurver utarbeidet ved Institutt for anleggsdrift ved NTH.

Erfaringsmessig utgjør sikringskostnadene ved fullprofilboring 1/3–2/3 av kostnadene ved konvensjonell drift i samme tverrsnitt og i vanlig fjell uten spesielt store problemer. I oppsprukket fjell kan de endog være så lave som 1/4–1/5. Er det grunn til å vente vanskelige forhold som vanninnbrudd, knusningssoner o.l., kan det ikke regnes med så store besparelser. I Krokskogen tunnel er derfor sikringskostnadene ved fullprofilboring satt relativt høyt. De samlede kostnader er vist i tabell 4.

Konklusjon

Overslaget viser at tunneler gjennom lett borbare bergarter (Lilleaker og Grav tunneler) kan fullprofilbore med gevinst. I tungborede bergarter, som basalten i Steinshøgda tunnel, kan selv ikke betydelig reduserte sikringskostnader kompensere den høye drivepris. I Krokskogen tunnel er bildet mere uklart, idet det i første rekke er forutsetningen om drift fra én side ved fullprofilboring som slår uheldig ut. En kombinasjon av konvensjonell drift fra den ene siden og fullprofilboring fra den andre vil antakelig være det gunstigste.

Resultatene tyder på at fullprofilboring er blitt et reelt alternativ. Utviklingen har gått raskt fremover og det er ingen grunn til å anta at den vil stoppe opp. Likevel vil nok en stor del av jernbanetunnelene her i landet bli drevet konvensjonelt også i fremtiden. Fullprofilboring binder stor kapital i anleggstiden og krever et omfattende hjelpeapparat for å fungere godt. Derfor regner en i dag at metoden ikke er egnet i tunneler som er vesentlig kortere enn ca. 2 km.

Geologiske undersøkelser med henblikk på fullprofilboring er omfattende og relativt kostbare. Mulighetene for besparelser burde imidlertid være så store at en ved større tunnelprosjekter må anse dette som en nødvendig utgift for å kunne foreta et vel begrunnet valg av driftsform. ■

Påkjenninger i grunnen ved toggang

av Harald Brennodden, SINTEF avd. Vegteknikk

Innledning

Denne artikkelen tar for seg måling av spenninger og deformasjoner i en jernbanekonstruksjon ved trafikkbelastning. Det er en del av et prosjekt som NSB finansierer ved SINTEF's avdeling for vegteknikk. Prosjektet starta i 1976 sammen med lignende prosjekt støttet av Vegdirektoratet og NTNf. «Dynamisk belastning av trafikkanlegg» er fellesnevneren for disse prosjektene. De undersøker hovedsakelig de dynamiske egenskapene til aktuelle materialer for veg- og jernbanebygging. Tidligere anvendte man statiske laster ved dimensjonering.

Jon Frøisland var saksbehandler for NSB det første året hvor innledende teoretiske betraktninger og laboratorieforsøk ble utført. Undertegnede overtok etter Frøisland som gikk over til NSB, Bergen Distrikt. Prosjektet skal avsluttes innen utgangen av 1981.

SINTEF-avdelinga er sterkt integrert i Institutt for veg- og jernbanebygging ved NTH. Således blir begge styrket faglig. Professor Nordal, professor Svennar og dosent Noss er nyttige rådgivere på NSB-prosjektet i tillegg til de SINTEF-ansatte.

Målsetting

I dag er dimensjonering av nyanlegg og forsterkning basert på erfaringsdata. Dette begrenses på grunn av bestemte forutsetninger og vil være usikker ved nye forhold. Det blir da til at en overdimensjonerer rikelig for å være på den sikre siden. Knapphet på egnede materialer sammen med begrensninger i økonomi tvinger en over til vurderingsmetoder som kan brukes ved flere forskjellige forhold og som inneholder en riktigere bedømmelse av materialene.

Ut fra analyse av et vanlig tverrprofil skal prosjektet prøve å etablere generelle sammenhenger mellom aksellast, hastighet, over-/underbygning og påkjenninger i grunnen. En håper å gi et bidrag til en mer økonomisk

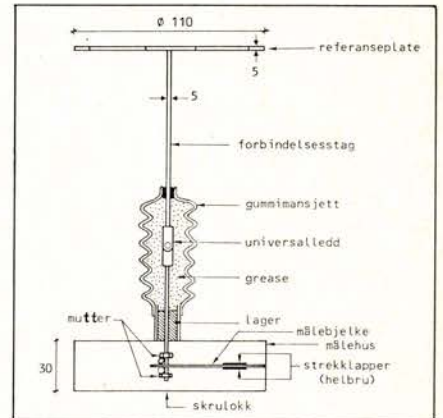


Fig. 3. NSB-tøyningsmåler.

utnyttelse av grus- og steinmaterialene i en jernbanekonstruksjon, spesielt ved vanskelige grunnforhold.

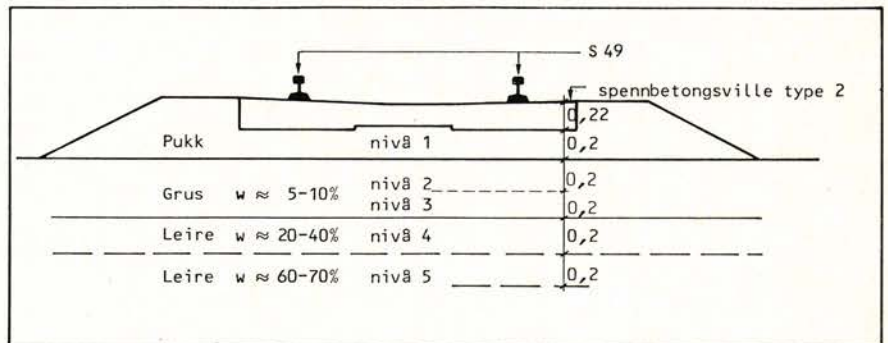
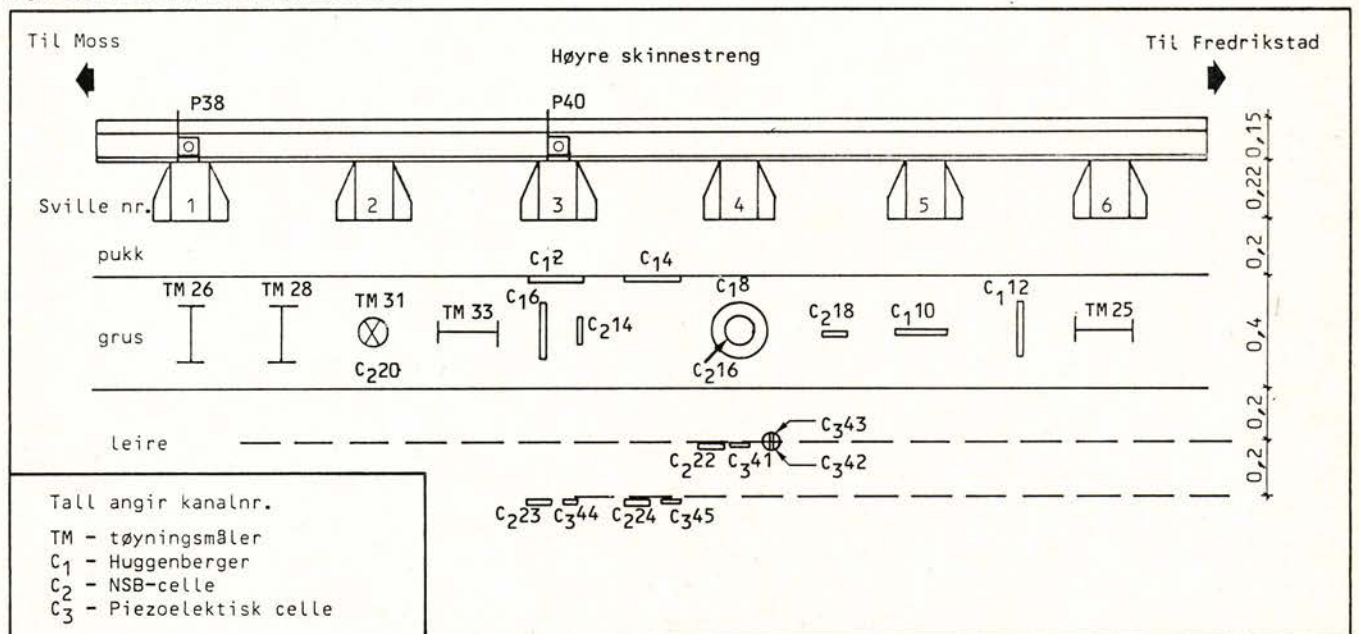


Fig. 1. Tverrprofil km 87,6 Onsøy

Fig. 2. Instrumentplassering høyre side.



Prosjektets 3 deler

Prosjektet består av:

- Laboratorieundersøkelser på leire, grus og pukk fra det utvalgte tverrprofil
- Måling av spenninger og deformasjoner i sporet ved trafikkbelastning
- Teoretiske analyser på EDB

Del a) går ut på å fastlegge styrkeparametre ved dynamiske belastningsforsøk i triaksialapparat. Interessante data er dynamisk deformasjonsmodul (resilient modul), tverrkontraksjon, mobiliseringsgrad og utvikling av plastisk deformasjon. Modul og tverrkontraksjon er nødvendige inngangsdata ved etterberegning av spenninger og deformasjoner som også blir målt i og under sporet (del b)).

Del c) baseres hovedsakelig på et EDB-program som indirekte foretar en tre-dimensjonal analyse av jernbansporet ved gitte forhold. Programmet er utviklet i Illinois spesielt for jernbane, og bygger på elementmetoden og elastisitetsteorien. Utgangsdata kontrolleres med feltmålingene.

Feltemålinger

I dette arbeidet har en vært helt avhengig av hjelp fra Geoteknisk kontor og Teknisk laboratorium ved NSB. Banedirektør Hartmark (leder av Geoteknisk kontor fram til årsskiftet 79/80) og avd.ing. Nilsen fra Geoteknisk kontor har vært sentrale personer ved oppleiting av målested og praktisk gjennomføring av feltemålingene. Laboratoriesjef Bøhn, avd.ing. Høgvard og laborant Crowo ved Teknisk laboratorium har lagt ned et stort arbeid ved utvikling av nye instrumenter og ved gjennomføring av målingene. Banemestrene i Stjørdal og Moss har også vært meget hjelpsomme.

Forsøkene startet i Stjørdal med spenningsregistrering og måling av svillebevegelse. Høy grunnvannstand gjorde instrumenteringsarbeidet vanskelig så forsøkene ble avsluttet våren 1978.

Etter testing av måleutstyr i et sidespor ved Teknisk laboratorium på

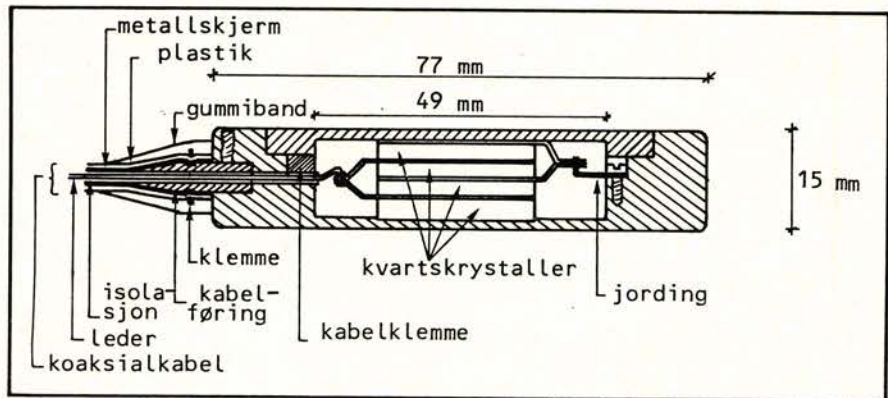


Fig. 6. Snitt piezoelektrisk jordtrykkcelle.

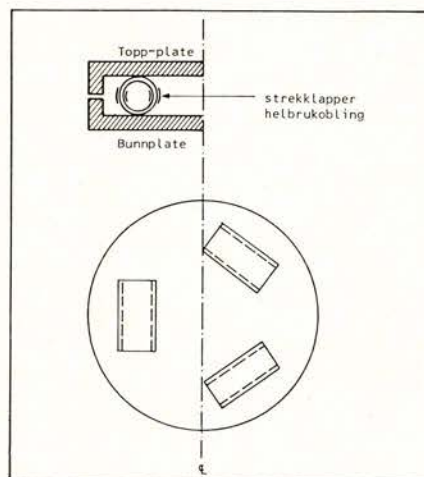


Fig. 4. Snitt av Huggenberger jordtrykkcelle.

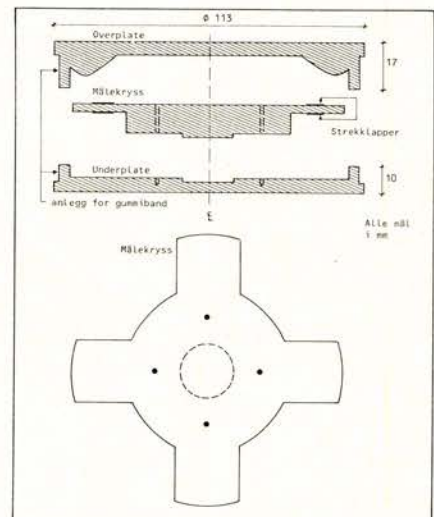


Fig. 5. Prinsipiell oppbygging av NSB-trykkcelle for grus.

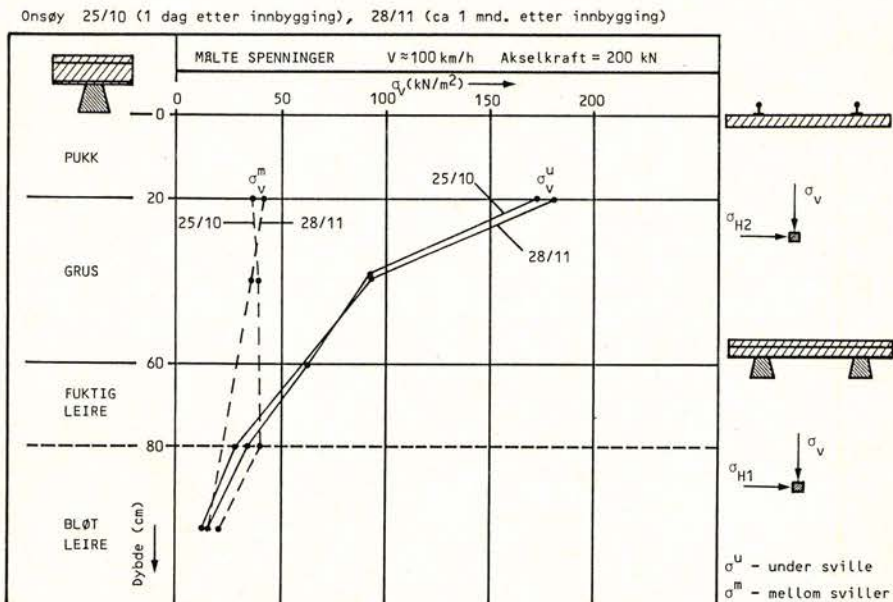


Fig. 7. Vertikalspenningens variasjon med dybden. Belastning E1 16.

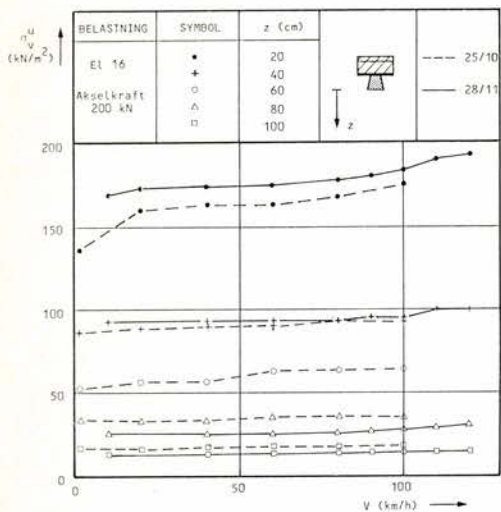


Fig. 8. Vertikalspenning i flere dybder ved forskjellig hastighet.

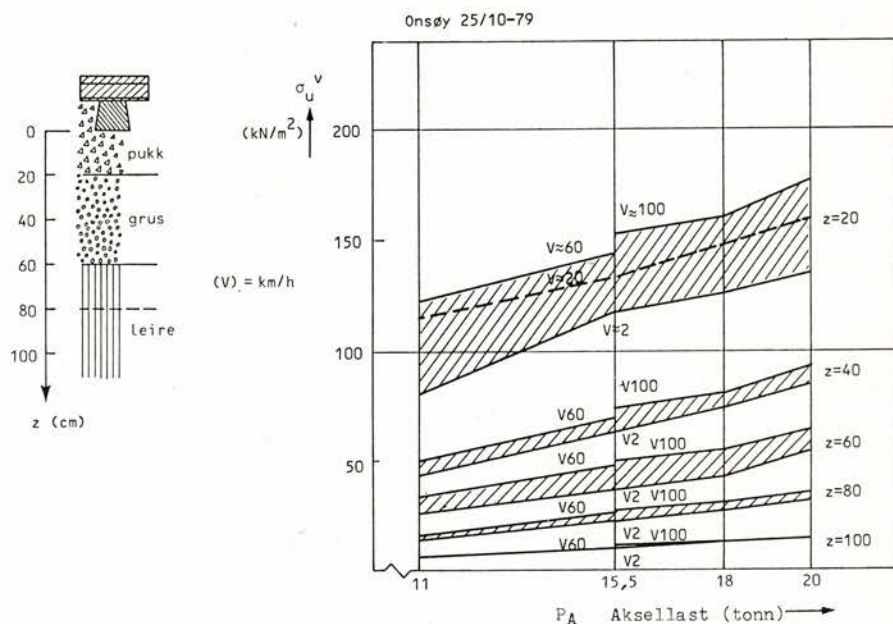


Fig. 9. Vertikalspenning ved forskjellig aksellast 1 dag etter innbygging

Grorud, ble feltmålingene flyttet til Onsøy ved Fredrikstad (km 87,6).

Sporet går her i lav skjæring på leirundergrunn og er rettlinjet og horisontalt. Fig. 1 viser et tverrprofil fra målestedet. Grus fungerer som filterlag mellom ballast og leire. Under et tørrskorpeaktig lag på ca. 20 cm, er leira bløt med uomrørt skjærstyrke omkring 10 kN/m².

Det ble instrumentert i 5 nivåer rett under sville/skinne på begge sider. Til å måle svillebevegelsene benyttet en potensiometre. Fig. 2 viser oppsettet under høyre skinnestreg. P angir potensiometer, TM står for tøyningmåler og C₁, C₂ og C₃ er spenningsmålere. I gruslaget og øvre del av leira registreres horisontale spenninger i lengde- og tverretning i tillegg til vertikalretningen. Bare gruslaget har tøyningmålere. Også de registrerer i to horisontale retninger i tillegg til den vertikale.

Tøyningmålerne er utviklet av Teknisk laboratorium. Relativ bevegelse mellom referanseplate og målehus registreres via strekkklapper på en fast innspent målebjelke (fig. 3).

Av spenningsgiverne er C₁ (fig. 4)

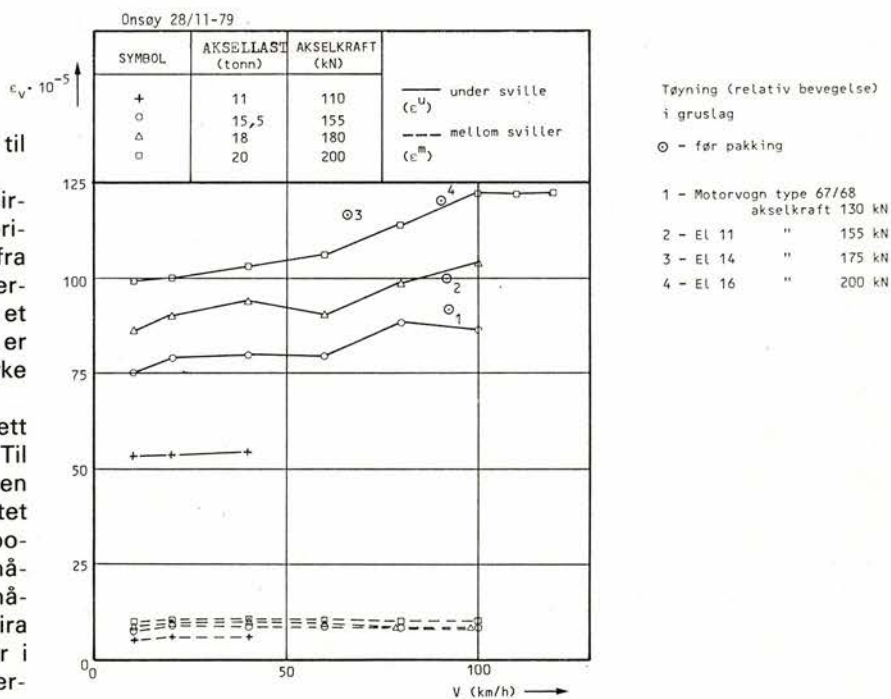


Fig. 10. Maksimal vertikaltøyning ca. 1 mnd. etter innbygging.

og C₂ (fig. 5) basert på strekkklapper. C₁ er benyttet tidligere ved Hartmarks målinger i Spydeberg. C₂ er nylig utviklet ved Teknisk laboratorium. Den tredje typen er utlånt fra Veglaboratoriets bærelagsseksjon i

Oslo (fig. 6). I denne piezoelektriske cella produserer kvartskrystallene ladning når de belastes. Ladningen omformes til et målbart spennings-signal av en ladningsforsterker.

Målearbeidet ble konsentrert tak-

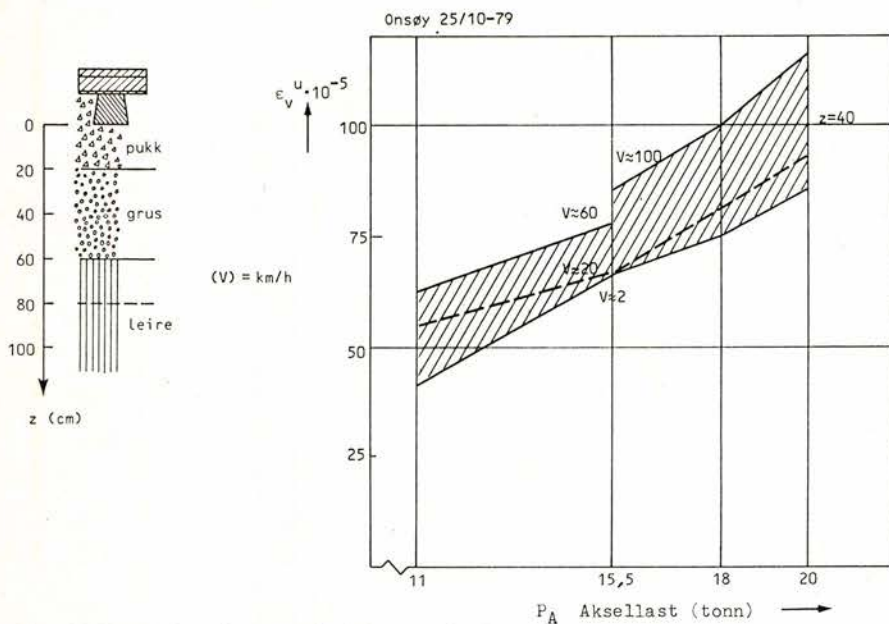


Fig. 11. Vertikaltøyning som funksjon av aksellast ved største og minste hastighet. 1 dag etter innbygging.

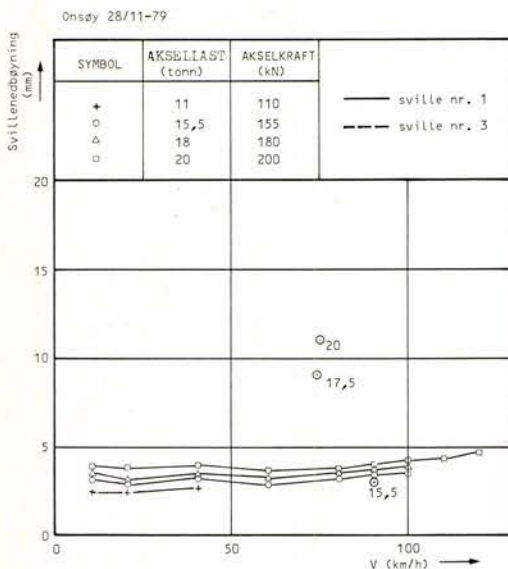


Fig. 12. Svillbevegelse før og etter pakking.

ket være Geoteknisk kontor som sørget for at tre lokomotiver og en skiftetraktor var tilgjengelige. Akselkreftene en kunne måle på var 200, 180, 155 og 110 kN fra h.h.v. El 16, El 13, El 11 og skiftetraktor 220. Maskinene

kjørte sammenkoplet under prøvene. Største hastighet var 120 km/h for El 16.

En framstilling av spenningene med dybden for en bestemt hastighet og akselkraft (fig. 7) viser liten end-

ring i spenningstilstanden fra første til andre måleserie.

Forsøkene viste videre at variasjon i hastighet har størst innvirkning på spenningene i de øvre lag (fig. 8). At denne tendensen er stort sett lik for de fire registrerte akselkreftene, kan ses i fig. 9, der bredden av de skraverete feltene for hver dybde er tilnærmet like stor for alle aksellastene. Nedre begrensning er minste hastighet, mens øvre grense svarer til den største registrerte hastighet. Det betyr at det bredeste feltet står for størst ømfintlighet for hastighetsvariasjoner. Figuren viser også hvordan variasjon i aksellast virker inn på spenningstilstanden. Det er god proporsjonalitet for hver dybde og hastighet.

Tøyningene, som defineres som forholdet mellom endring av en lengde og lengden sjøl, reagerte i hovedtrekk på samme måte som spenningene med hensyn på aksellast og hastighet. Dybdeavhengighet kommer ikke med fordi målingene er begrenset til ett nivå i gruslaget. Fig. 10 viser at tøyningene er noe mer ømfintlig for hastighet enn spenningene (fig. 8 og 9). Fig. 11 viser at tøyningene også er tilnærmet proporsjonalt avhengig av aksellasten.

Svillbevegelsen var svært ujevn før pakking en måned etter innbygging. Sporet ble også pakket en dag etter innbygging. Fig. 12 viser at maksimal svillenedbøyning var over 10 mm ved belastning fra El 16 før pakking. Etter pakking ble nedbøyningen redusert til 3–4 mm. De to svillene som det ble målt på, hadde tilnærmet lik bevegelse etter pakking.

Erfaringer

I inhomogene materialer som jord og steinmaterialer vil en få spredning ved spennings- og tøyningmåling, uansett målemetode. I tillegg vil det være differanse mellom like givere på grunn av variasjon i innbyggingsarbeidet. Ut fra de to første måleseriene høsten 1979 kan en derfor bare antyde verdier og sammenhenger. Sikkerhet i måldata øker med antall målinger. Høsten 1980 blir det nye målinger i Østfold. Det vil også bli utført målinger på dette stedet etter 1980 så lenge de nedgravde instrumentene fungerer tilfredsstillende. ■

Dowty's stempelbremsler

Hastighetsavhengige bremsler til bruk på skiftestasjoner

Av avdelingsingeniør J. K. Andresen

Innledning

NSB-teknikk nr. 1, 1978 inneholder bl.a. en artikkel om ASEA's hydrauliske rangerbremsler. Det finnes en annen bremse på markedet som har samme funksjon som ASEA-bremsen, utviklet av det britiske firma Dowty Hydraulic Units Ltd. Begge bremsler kan gi tilnærmet full hastighetskontroll av vogner på skiftestasjoner.

I det etterfølgende skal vi se nærmere på Dowty-bremsen.

Kort om skiftestasjoner

Bremsler brukes normalt ved skiftestasjoner med skifterygg. Skifteryggen er en liten bakketopp mellom ankomstspor og retningssporene. Ved at vognene skyves opp på skifteryggen, bringes de til et høyere nivå enn sporene de skal sendes til. Stillingsenergien som vognene på denne måten tilføres, omdannes til bevegelsesenergi når de puffes utfor «stupet».

Ryggenes høyde avhenger av vognenes rullemotstand, kurvemotstand, vekselmotstand, luftmotstand og avstanden fra ryggen til fritt middel i retningssporene. Hvis alle vogner hadde hatt samme rulleegenskaper, og det til enhver tid hersket de samme vind- og temperaturforhold i skifteområdet, ville bremsler være unødvendig. Ryggenes høyde og fal-

lene i de forskjellige spor kunne da nøyaktig tilpasses vognparken, slik at en perfekt skifting kunne oppnås. Virkeligheten er langt mer komplisert. Rullemotstanden varierer fra vogn til vogn, kurvemotstanden er bl.a. avhengig av vognens akselavstand, og luftmotstanden avhenger av vindhastighet/retning og av vognens størrelse og form. Videre varierer rullemotstanden med temperaturen.

Kravet til ryggenes høyde blir derfor at flest mulig vogner skal kunne nå fram til retningssporene. Grunnlaget for bestemmelsen av ryggenes høyde er derfor de tregtløpende vogners egenskaper. Dette betyr at ryggen blir unødig høy for mange vogner. Disse vil rulle inn i retningssporene med for stor hastighet, og det blir problemer med bremseskolegging og harde sammenstøt vognene imellom. I fordelingssonen blir det for kort avstand mellom vognene, slik at man får feilløp eller hjørnekollisjoner. Det er derfor nødvendig med bremsler for å kontrollere hastigheten til lettløpende vogner.

I fig. 1 er vist to vertikalprofil fra ryggen og ut til retningssporene. Den stiplede linjen viser den konvensjonelle løsningen. Nesten hele høydeforskjellen mellom rygg og retningsspor ligger i «stupet». Vognene oppnår derved relativt betydelige hastig-

heter før de kommer ut i den slakere delen av traséen. Representativt hastighetsforløp er vist ved stiplet linje i vei/hastighetsdiagrammet i fig. 1, og hastighetsforskjellene er relativt små fordi fallet er så mye større enn selv tregtløpende vogners totalmotstand. I den slakere delen gjør forskjellen i rullemotstanden seg mer gjeldende, og «lettløperen» haler innpå «tregtløperen». I dette området, vanligvis foran de siste vekslere før retningssporene, er det plassert bjelkebremsler, en bremse for hvert sporknippe. Her blir vognene bremset ved at bjelkene presses mot vognenes hjulrinner. Størst bremsing får vogner med stor hastighet og tyngde. Bremskraften beregnes for hver vogn gjennom hastighetsmåling og veiing, ved hjelp av datautstyr som igjen sender signaler til bremsenes styringsmekanisme. På denne måte reguleres vognenes hastighet én gang.

Vognene fortsetter inn i retningssporene hvor en ytterligere hastighetsreduksjon er nødvendig. Dette gjøres enten ved en mindre bjelkebrems i hvert spor eller manuelt ved hjelp av bremsesko. Alnabru er et eksempel på en slik skiftestasjon.

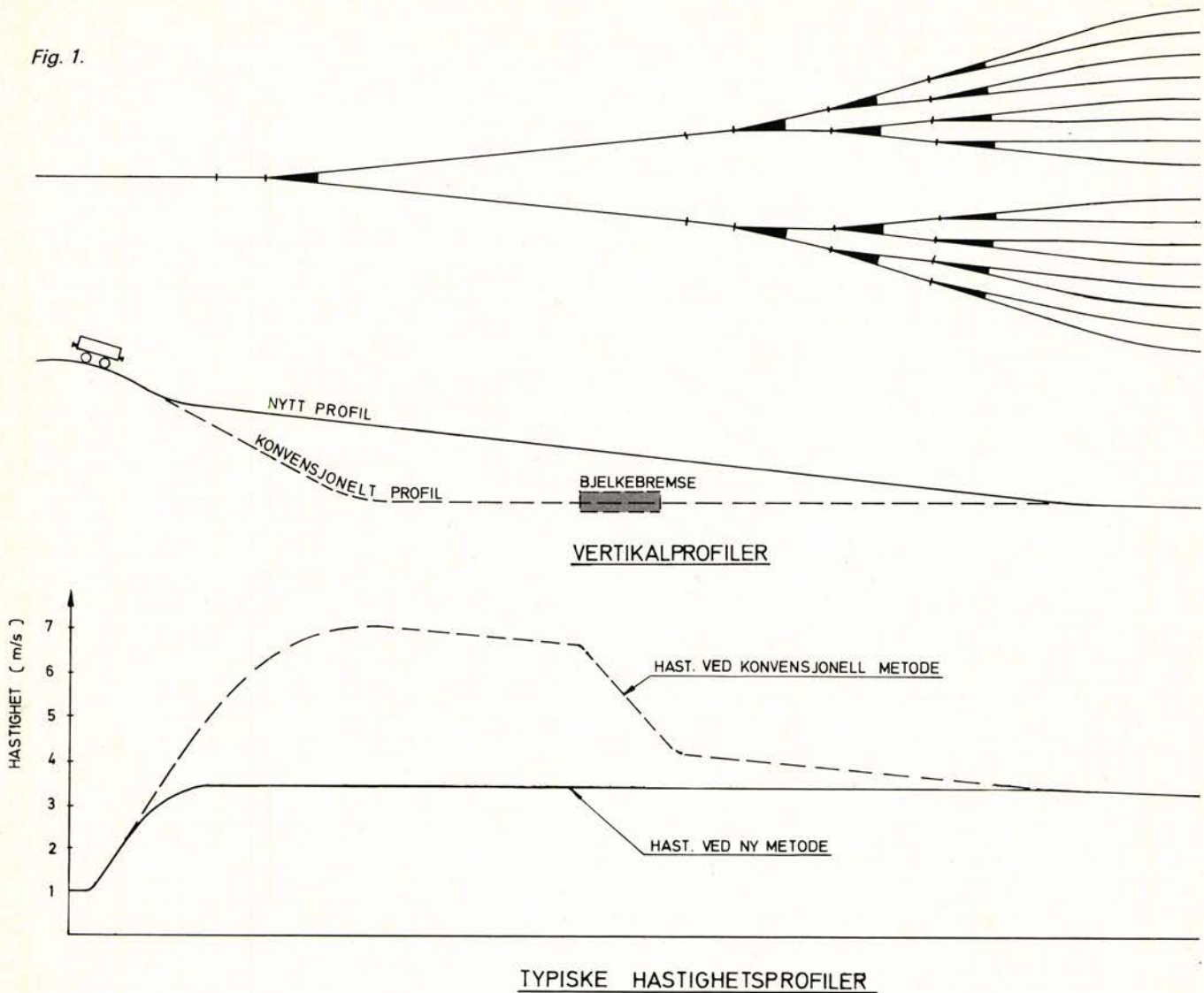
Den heltrukne linjen i fig. 1 viser profilet for en skiftestasjon med tilnærmet kontinuerlig hastighetsregulering. Nedenfor selve ryggen, som er betydelig lavere enn ryggen i konvensjonelle stasjoner, gjennomkjøres fordelingssonen i et relativt stort fall. Fallet i fordelingssonen tilsvarer totalmotstanden for den tregtløpende vogn som beholder den hastighet den fikk ved å rulle ned stupet. Selve ryggenes funksjon er å skille vognene, dvs. gi dem en avstand som muliggjør omlegging av sporvekslene mellom vognene, og å gi den dimensjonerende tregtløper riktig hastighet idet den går inn i fordelingssonen. I fordelingssonen sørger et stort antall hastighetsavhengige bremsler (Dowty eller ASEA) for at flertallet av vognene har tilnærmet samme hastighet, dvs. den hastighet tregtløperen får etter å ha rullet ned «stupet». (Se heltrukne linje i hastighetsdiagrammet i fig. 1). Typiske hastigheter i fordelingssonen er 3–4 m/s.

Ved en fullt utbygd skiftestasjon av denne typen er også retningssporene utstyrt med bremsler. Bremsene i



88 Fig. 6. Retningsspor utstyrt med bremsler for kontroll av konstant vognhastighet.

Fig. 1.



disse spor er innstilt på en lavere hastighet enn bremsene i fordelingssonen, gjerne 1,5 m/s. Nedbremsingen foregår i en retardasjonssone hvor tettheten av bremsere er stor. Fallet i retningssporene er gjerne større for denne typen skiftestasjoner enn i de konvensjonelle. Dette, sammen med en motstigning i enden av retningssporene, gir bedre samling av vognene.

Dowty stempelbremse

Bremsen ble utviklet i England i begynnelsen av 1960-årene. I British Rails Tinsley Marshalling Yard ble det installert hele 23300 enheter. Denne skiftestasjonen sorterer 4000 vogner pr. døgn. Utstyret som ble installert i Tinsley, var første generasjons bremsere/akselerasjonselementer som ble forsynt med hydraulisk kraft fra et felles hydraulikknett. Senere utvikling viste at sterkt reduserte investerings- og vedlikeholdskostnader var mulig gjennom å sløfve den separate kraftforsyning. Som resultat av dette ble den pneumatiske akselera-

tor/bremse utviklet sammen med en ny standard hydraulisk bremse.

Dowty-systemet er i utstrakt bruk i England og flere av de tidligere engelske kolonier. I de senere årene har det også fått fotfeste ved en rekke andre forvaltninger både i Europa og i Amerika.

Fig. 2 viser en gjennomskåret bremse. En enkeltbremse består av to hovedkomponenter: en støpejernspotte som festes med to bolter til innsiden av skinnen og en kapsel som plasseres løst i potten. Støpejernspotten inneholder utskiftbare bronselagere og en pakning som hindrer fremmedlegemer å trenge inn. Potten leveres tilpasset skinnetyper på den aktuelle skiftestasjon. Kapselen består av en lukket sylinder med et stempel forsynt med ventiler. Stempelstangen støter mot bunnen av støpejernspotten. Kapselen er fylt med olje og nitrogen. Nitrogengassen står under trykk og sørger for retur av sylindere etter sammentrykning av kapselen. Kapselen veier bare 4,3 kg og kan lett fjernes fra potten for ser-

vice og inspeksjon. Hvis det er ønskelig, kan potten leveres med en arm som hindrer at kapselen blir fjernet av uvedkommende eller at den blir kastet ut under snørydding med roterende børster.

Virkemåten beskrives i fig. 3 a, b og c.

Når et vognhjul passerer bremsen, presses sylindren ned av hjulflensen. Hastigheten som stemplet får er proporsjonal med vognens hastighet. Er hastigheten mindre enn en forhåndsbestemt kritisk hastighet, lar sylindren seg trykke ned uten motstand av betydning. Overstiges denne hastighet, — heretter kalt kontrollhastigheten — øker motstanden sterkt. Reaksjonskraften angriper hjulflensen foran hjulsentret, og det dannes derved et bremsende moment.

I fig. 3 a vises hvordan oljen strømmer når vognens hastighet er lavere enn kontrollhastigheten. Hastighetsventilplaten (3) holdes oppe av fjæren (5), og oljen strømmer lett gjennom de store åpningene i sylindrehodet.

Fig. 2.

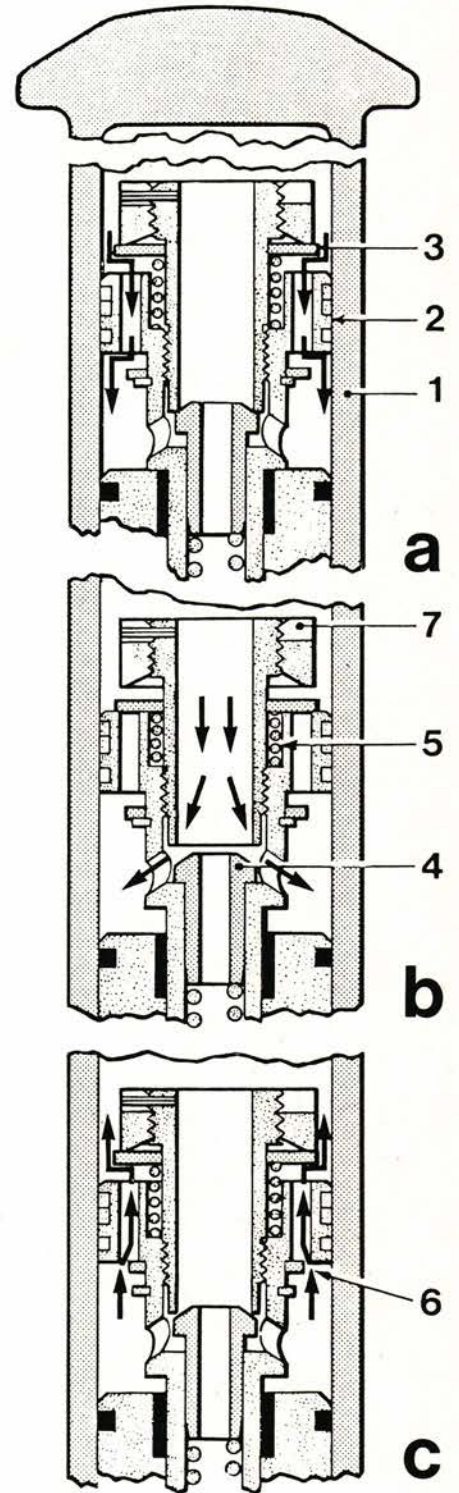
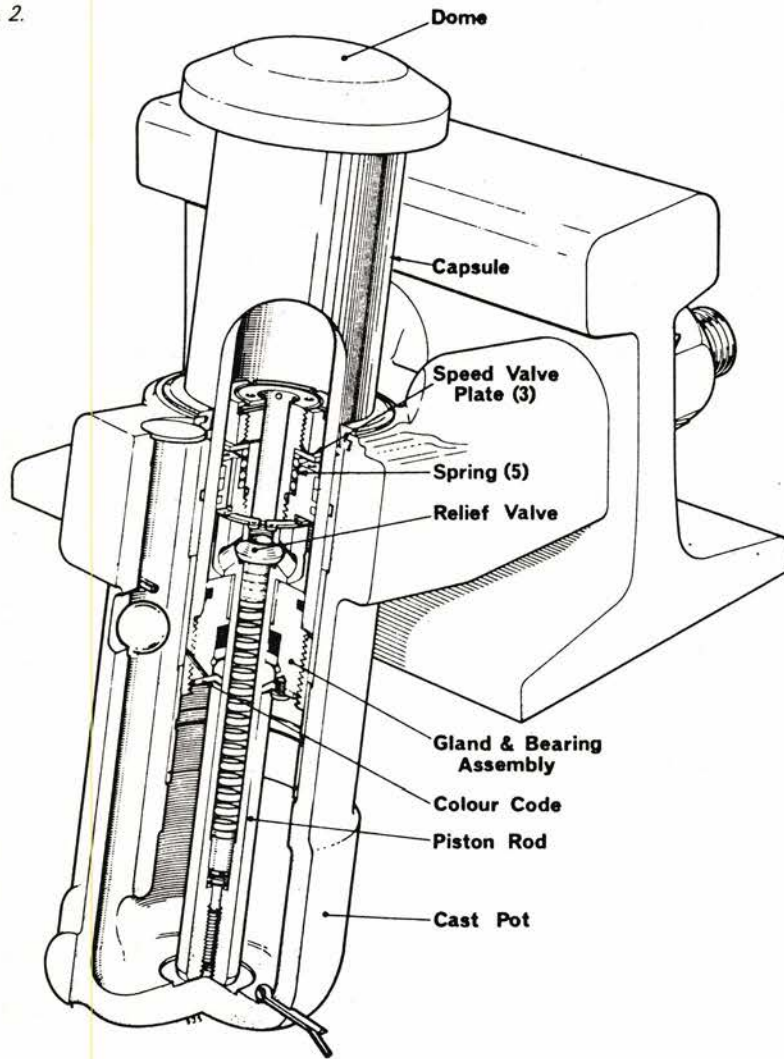


Fig. 3.

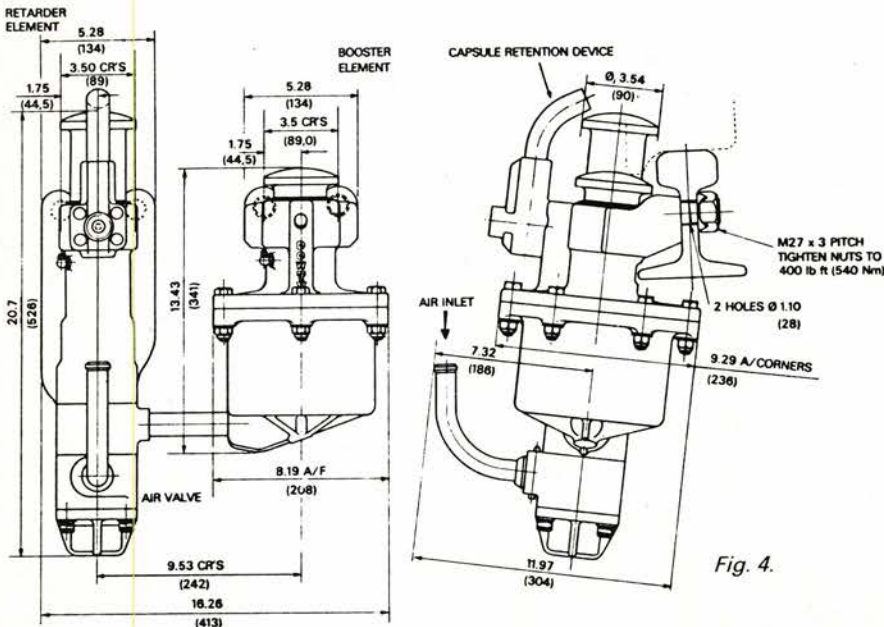


Fig. 4.

Motstanden er i denne situasjon så liten at sylindere lett lar seg presse ned av en fot.

I fig. 3 b vises hva som skjer når vognens hastighet er høyere enn kontrollhastigheten. På grunn av trykkfallet i oljen ved strømmingen forbi platen (3), blir presset mot fjæren (5) under platen større enn fjærtrykket, fjæren presses sammen og platen stenger hullene i stempelhodet. Trykket øker derved raskt i øvre del av sylindere, og dette bevirker at ventilen (4) i sentrum av sylindere åpner. Oljen presses nå gjennom et langt mindre tverrsnitt, og betydelig kraft trenges for å fullføre nedtrykkingen av sylindere. En del av vognens bevegelsesenergi omgjøres derved til varme i sylindere.

I fig. 3 c har hjulet nettopp passert, og retur av sylindere skjer ved ekspansjon av nitrogengassen i sylindere. Oljen strømmer samtidig over i øvre kammer gjennom åpningene i sylinderehodet. Returbevegelsen er rask nok til at sylinderehodet står i utgangsstilling innen neste hjul treffer bremsen, selv når avstanden mellom hjulene er kort (boggi).

Innstillingen av bremsens kritiske hastighet gjøres under produksjon ved innstilling av en justeringsring (7) for å få platen (3) til å bevege seg mot fjæren (5) ved en gitt væskestrøm. En fargekode forteller hvilken hastighet dette er, slik at feilplassering av kapsler unngås.

Hver Dowty brems er en egen enhet, ikke tilkoplede noen form for energikilde. Hver enkelt brems yter et forholdsvise lite bremsearbeid, derfor blir antallet brems i en fullt utbygd skiftestasjon temmelig stort. Avstanden mellom bremsene er liten, dette gjør at vognenes hastighet holdes jevn i et område hvor bremsenes kontrollhastighet er konstant. I stasjoner med bjelkebrems vil en bremsevikt i beste fall bety driftsforstyrrelser. Svikt i enkelte Dowty brems har lite å si for skiftingen, og bytte av kapsler skjer enkelt og raskt.

Et naturlig spørsmål for en eventuell bruker i et vinterland som vårt er hvordan bremsene virker i snø og is ved lave temperaturer. Selv om det er installert brems av denne typen i skiftestasjoner hvor store snøfall kan forekomme, mangler det ennå til-



Fig. 5 Retardasjonssone med stor tetthet av bremseelementer.

Spesifikasjoner

Ladetrykk for nitrogen:	6,9 bar
Kontrollhastighetsinnstilling:	0–5 m/s
Sylinderdiameter:	65 mm
Vekt av kapsel:	4,3 kg
Vekt av potte:	9,6 kg
Energiopptak pr. arbeidssyklus (for kapsel innstilt på 40 kN akselkraft):	1160 J ved 1,5 m/s 1375 J ved 3,0 m/s

strekkelig med erfaringer fra vinterdrift. Likevel er det klart at bremsene kan brukes problemfritt i lave vintertemperaturer, at selv tykk is rundt bremsene knuses ved hjulplassering (testet ved lab.forsøk) og at snø og is rundt bremsen vil smelte på grunn av varmeutviklingen når bremsen er i bruk. Snøryddingen kan derimot bli et problem, fordi vanlige ploger og freser kan treffe bremsene og skade dem. Roterende børster med nylonbust kan være en løsning, i så fall kan det bli nødvendig å montere den tidligere omtalte arm på støpejernspoten for å hindre at kapslene blir kastet ut av børstene.

Dowtys kombinerte akselerator/bremse

Ved bygging av helt nye skiftestasjo-

ner vil det være naturlig å bruke dimensjonerende tregløper som grunnlag for stasjonens profil, slik som omtalt tidligere i artikkelen, og deretter bestemme bremsenes antall. Ved eldre stasjoner hvor det overveies å bruke brems av omtalte type, er det kanskje strekninger hvor fallet er mindre enn ønskelig for å få fram vognene. En justering av fallene kan være kostbart.

En rimeligere løsning kan være installasjon av kombinerte akseleratorer/brems, se fig. 4. I denne enheten er bremsen nesten lik den tidligere beskrevne, mens akseleratoren er en pneumatisk sylindere med et stempel som driver vognhulet videre når hastigheten blir for lav. Drift av akseleratoren krever tilførsel av trykkluft (8 bar). ■

Gjennompressing av undergang

Av overing. Ivar Ness.

Like syd for Oppegård st. på Østfoldbanen ble det i sommer bygget en ny undergang. Undergangen inngår i en ny forbindelsesvei mellom E 6 og Rv 160 og vil avlaste den hardt trafikkerte Mosseveien.

Undergangen ble bygget ved siden av den dobbeltsporede banen og siden presset på plass til sin endelige posisjon ved hjelp av hydrauliske presser. Det er første gang at denne metode er blitt brukt til en undergang her i landet. Danske Statsbaner som har benyttet seg av denne metoden flere ganger, har stilt ekspertise og materiell til disposisjon. Selve gjennompressingsoperasjonen ble ledet av det danske entreprenørfirma A/S Grundforstærkning i samarbeid med det tyske firma EMKA. Undergangen som er en betongkonstruksjon, er bygget av A/S Veidekke som entreprenør. Den er utført som en lukket ramme med lysåpning 15,45 x 7,50 m. Bredde ca. 11 m og vekt ca. 1700 tonn.

Tradisjonell byggemåte ville sjenerer tett toggang

Innen man bestemte seg for å utføre undergangen med gjennompressingsmetoden, vurderte man de tradisjonelle byggemetoder: provisorisk omlegging av sporene i byggeperioden eller provisoriske stålspenner i traséen. En omlegging av sporene lot seg vanskelig gjennomføre. Banen ligger i 300 m kurve. Ved brustedet er det en høy fylling, og et stykke bortenfor ligger banen i fjellskjæring. Hvis provisoriske stålbjelker skulle legges inn i traséen for siden å muliggjøre utgraving av fyllingen, måtte dette skje etappevis. Denne fremgangsmåte var lite ønskelig, da den i høy grad ville innvirke negativt på den tette toggangen under en forholdsvis lang byggetid. Etter at man hadde tatt kontakt med Danske Statsbaner, som stilte seg positivt til utlån av ekspertise så vel som av utstyr, bestemte man seg for å benytte gjennompressingsmetoden.

Topografiske forutsetninger

For å kunne presse en relativt stor konstruksjon gjennom en fylling må visse betingelser være oppfylte: Topografien må være slik at det gis god plass til å bygge en rammekonstruksjon



Fig. 1. Sporavstivningssystemet som gjør det mulig å opprettholde toggangen under pressingen.

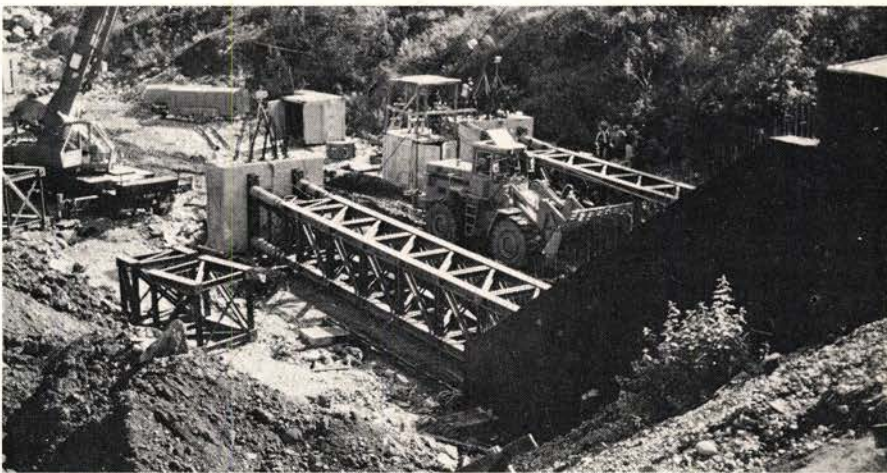


Fig. 2. Rammekonstruksjonen under pressingen. Lengst bak ses motholdsveggene med presser og den kubiske fagverkskonstruksjonen.

sjon nært inn til fyllingen. Grunnvannsstanden må ligge under underkant bunnplate, og massene under rammen må være faste.

Ved Fagerliundergangen måtte man foreta en utskifting av løse masser med grus. Grusen ble omhyggelig komprimert og avrettet nøyaktig. På grusen ble lagt stålblader med tykkelse 4 mm. Platene ble forankret i rammens såle. Ved gjennompressingen oppnådde man da et glidesjikt mellom stål og grus.

I tillegg til rammekonstruksjonen omfattet betongarbeidene også et

skjær i forkant av hver av rammeveggene. Disse skjærene som går i hele vegghøyden, er tilpasset fyllingsskråningen og har en helling på 45° regnet fra underkant av sålen. Etter avsluttet gjennompressing hugges skjærene av.

Motholdsvegg for pressing ble laget som to store betongknaster forankret med spennkabler i fjell.

Sportekniske tiltak

Før gjennompressingen kunne begynne, måtte jernbanesporene un-

Prefabrikeret fotgjenger-undergang trukket på plass

Av overing. Ivar Ness

På Østfoldbanen 400 m syd for Berg stasjon har man hatt en planovergang. Stedet ligger ved en skole, og det har både fra kommunalt hold og fra NSB's side lenge vært ønskelig å bygge en gangtunnel. Derved kunne man få nedlagt en farlig planovergang hvor ulykker har vært nære på å hende flere ganger.

6 timer til rådighet

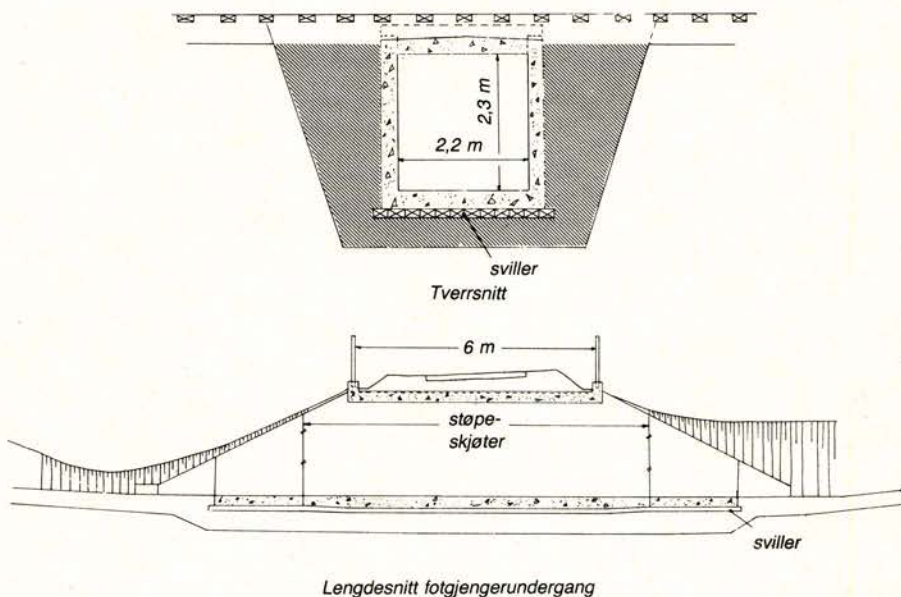
Hvis man fikk tilstrekkelig tid til disposisjon, var det et betydelig beløp som kunne spares ved bruk av «trekking». Tillatelse ble heldigvis gitt til å erstatte siste nattog med buss samt innstille et godstog, og man oppnådde herved en togfri periode mellom kl. 01.00 og kl. 07.00 en søndag morgen. Statsbanenes brukontor utarbeidet tegninger til en prefabrikeret personundergang som siden skulle trekkes på plass.

Undergangen ble utført som en lukket ramme med lysåpning 2,20 x 2,30 m og lengde 8,33. Vekt er ca. 50 tonn. Støpested var 12 m fra endelig plassering.

Grafitt som smøremiddel

Rammen ble bygget på et jevnt underlag med 2 stk. 4 mm stålplater i bunnen, hvorav de øverste ble forankret i rammens bunnplate. Mellom platene hadde man et tynt lag grafitt for å minske friksjonen ved trekkingen.

Like etter at siste tog hadde passert kl. 01.00, satte man i gang med utgravingen i jernbanefyllingen. Det ble brukt to gravemaskiner — en på hver side av sporet. Totalt skulle ca. 170 m³ fjernes. Massene besto ho-



vedsakelig av silt med noe leire. Gravingen gikk svært greit, og i løpet av 1½ time var massene vekk.

Flyttet på 10 min.

I bunnen av trauret la man ut en plastfolie og skumpolystyren i 50 mm tykkelse. På isolasjonen ble utlagt et 400 mm tykt lag pukk. Pukken ble så dekket med gamle tresviller, og på svilledekket spikret man fast 4 mm stålplater pålagt et lag grafitt. En styreskinne skulle sørge for å få rammen i riktig posisjon. Undergangen ble så trukket fra sin midlertidige posisjon på de grafittsmurte stålplatene. Trekkingen ble utført ved hjelp av en redningsbil, og hele flyttingen var gjort i løpet av ca. 10 min.

Mellom tunneltaket og skinnegangen, som «svevet» 40 cm over dette,

skoret man opp midlertidig med treklosser for å etablere opplegg mellom spor og undergang. Lastede vogner med finpukk (8–25 mm) kunne kjøre ut på tunneltaket og utføre tilbakefyllingen.

Rimelig utførelse

På grunn av knapp tid ble massene ikke komprimert. I løpet av den nærmeste uke måtte derfor alle tog passere med redusert fart, og skinnegangen ble justert etter hvert som massene satte seg. Etter en ukes trafikk var det kun minimale setninger.

Utførelsen må sies å være meget rimelig. Kostnadene for undergangen beløper seg til kr 160 000,-. I dette beløpet er ikke kostnadene for tilslutningsveg medtatt. ■

derstøttes og sideavstives tilstrekkelig. Denne avstivning var i prinsipp en skinnebru som var understøttet av traverser for hver 3. m og lå på tvers av sporene. Traversene var før pressing opphengt i langsgående bjelker med bæring til fjell. Når rammen ble presset gjennom fyllingen, gled bjelkene på taket av denne.

Regulerbar presskraft

Gjennompressingen av rammen skjedde med 8 stk. hydrauliske presser hver med maks. kapasitet 300 tonn. Ved å variere kraften i hver

presseenhet hadde man mulighet til å styre rammen sideveis. Pressene ble montert mellom rammens såle og motholdsveggen. Etter hvert som rammen beveget seg framover, førtes det inn mellomleggsstykker (en kubisk fagverkskonstruksjon av stål). Registrert maksimal presskraft var 1441 tonn.

Ved pressingen hadde man en gravemaskin inne i rammen samt to hjulastere for uttransport av massene. Gravemaskinen grov i front av skjær samtidig som rammen ble presset forover. Man ble også nødt til å

sprengte bort litt fjell under sålens ene side.

Pressingen gikk stort sett kontinuerlig. Forflyttingshastigheten var oppe i 4 cm/min. Etter snaue 3 døgn var undergangen forflyttet 27 m. Posisjonsavvikelsen var mindre enn 1 dm fra den teoretiske plassering.

Hele prosjektet ble ganske dyrt, noe i overkant av 6 mill. kr som tilsvarer en kvadratmeterpris på 32 000 kr. Utenlandske erfaringer tilsier at gjennompressingsalternativet kun vil være aktuelt under baner med to eller flere spor. ■

Utskifting av overbygning i A/S Holmenkolbanens tunnel mellom Nationaltheatret og Majorstuen stasjoner

Av overingeniør A. Grøndahl, A/S Oslo Sporveier

Holmenkolbanens tunnel er 1,9 km lang, og ble åpnet for trafikk i 1928. Den har en del vannlekkasjer som gjør at luften en stor del av året er mettet med fuktighet, noe som medfører betydelig korrosjon på utstyret i tunnelen.

Da sammenslåingen med A/S Oslo Sporveier skjedde i 1975, ble det laget en tilstandsrapport som konkluderte med at overbygningen inklusive ballasten måtte skiftes snarest. Den eksisterende ballasten var av dårlig kvalitet, delvis knust og kraftig forurenset av jernstøv, fra skinneslitasje, bremseklosser og flensslitasje. Jernstøvet sammen med steinstøv fra ballasten og fuktighet dannet et seigt elektrisk ledende belegg på banelegemet og tunnelveggen. De resulterende kryptstrømmene forårsaket opptøring og strukturforandring i skinner og befestigelse. Dette bevirket mange skinnebrudd og svært kort levetid for skinnene.

Skinnebefestigelsen var for en stor del Macbeth fjærspiker i dårlige tre-sviller, forsterket med Pandrol på de mest utsatte partier. I tillegg til dette var dreng-systemet delvis ødelagt, slik at vannet noen steder sto i ballasten.

Det elektriske anlegget var i svært dårlig forfatning, uten nødvendige stikkontakter for arbeider i tunnelen.

Før selve utskiftingsarbeidet kunne påbegynnes, måtte en del forberedende arbeider utføres:

Utlegging av sviller fra bil på Valkyrie Plass stasjon

1. Hovedrengjøring av tunnel ved høytrykkspyling.
2. Montering av antenne slik at radioene kan brukes i tunnelen når signalanlegget er ute av drift.
3. Utlegging av kabelkanaler.
4. Omlegging av kabler som lå i ballasten eller på annen måte hindret utskifting av overbygningen.

Ved T-banen har vi i dag som standard for nye banestrekninger 49 kg/m skinner og 230 kg betongsviller med Pandrol befestigelse, mens vi på de vestlige baner bruker 40 kg/m skinner og 160 kg betongsviller med Pandrol feste. På grunn av den grunne ballasten i tunnelen (ca. 50 cm fra overkant skinne til fast bunn) fant vi å måtte bruke 40 kg/m skinner også i tunnelen. Av samme grunn ble det valgt ballast med steinstørrelse 22–30 mm, mens standard for øvrig er 30–50 mm. Da mange operasjoner skulle utføres i tunnelen på en gang, fant vi det helt nødvendig å bruke vasket pukk til ballast for å begrense støvet. Feiring Bruk monterte vaskeanlegg, og for et tillegg av kr. 10,- pr. tonn leverte de ren pukk av utmerket kvalitet i de mengder og til de tider anlegget trengte den.

På grunn av tett trafikk på strekningen — 4 tog i hvert kvarter pluss ekstratog i rushtiden — ville det vært komplisert å utføre fornyelsesarbeidene under normal trafikk. Nattarbeid med ferdigstillelse for drift hver morgen ville føre til kostbare og langvarige arbeider. Det ble derfor valgt å

Oslo Sporveier A/S er Norges nest største transportbedrift. Banenettet er ca. 118 km langt, og består av 31 km bysporvei og 87 km forstads- og T-baner. I tillegg til nybygging av T-baner foregår et betydelig fornyelsesarbeid både på faste anlegg og rullende materiell.

Red.

stenge tunnelen for normal drift og bare opprettholde skytteltrafikk i rushtiden.

Flere alternative metoder og tidspunkt for utførelse ble vurdert, vi valgte å utføre arbeidet på 2 skift snarest mulig etter ferien. Ett spor ble tatt om gangen, mens trafikken gikk på det andre sporet 2 timer morgen og kveld. Resten av døgnet ble sporet brukt til materialtransport. Det ble lagt opp et program med start 6. august 1979, utskifting av oppgående spor på 4 uker, deretter nedgående spor på 4 uker, og så én uke til thermitsveising av skjoter og avsluttende arbeider.

Da tunnelen består av to enkeltsporede tunneler med bredde 4,25 m forbundet med smale nisjer, ble ombyggingarbeidet helt avhengig av at en

Majorstuen stasjon, mens tunnelarbeidene foregikk. Nedgående spor er fjernet og en nedkjøringsrampe for biler er bygget.



kunne finne et gunstig transportopp-
legg. Eneste møte- og snumulighet er
ved Holtegaten, hvor det er dobbelt-
sporet tunnel med bredde 8,70 m i ca.
50 m lengde (ca. 1100 m fra National-
teatret).

Arbeidet ble utført delvis med egne
folk og delvis av entreprenører. Ut-
kjøring av gammel ballast og utplane-
ring av ny underpukk til 7 cm under
sville ble utført av Ing. Selmer A/S.
Levering og utkjøring av vasket pukk
ble utført av Feiring Bruk A/S. Be-
tongsviller ble levert og utkjørt av B.
Brynildsen og Sønner A/S. Det elek-
triske anlegget ble skiftet ut av A/S
Watt. Øvrige arbeider ble utført med
egne maskiner. Entreprenørene
ble kontraktsmessig forpliktet til å
følge det oppsatte fremdriftspro-
gram, basert på min. 2 skift pr. dag.

For å kunne drive flest mulig ar-
beidsoperasjoner samtidig, ble hvert
spor tatt i 2 etapper — Nationaltheat-
ret — Holtegt. og Holtegt. — Major-
stuen. Først ble gamle skinner og svil-
ler lastet opp og kjørt ut med Robel-
traktor. Svillene ble tatt opp med
hjulgående traktor utstyrt med gaffel.
Gammel ballast ble så lastet opp med
gravemaskin og kjørt ut til mellom-

lagring på Majorstuen. P.g.a. trang
tunnel og liten høyde var valg av ma-
skin avgjørende for fremdriften. Den
hydrauliske «Gradall»-maskinen som
entreprenøren valgte, var en sterkt
medvirkende årsak til at programmet
kunne holdes. Ny pukk ble så kjørt ut
med bil og planert til 7 cm under
sville. I denne fasen snudde bilene
ved Holtegt. og rygget videre nedover
(opp til 1100 m). Sviller ble kjørt inn
med Robel-traktor og lastet om til bil
ved Nationalteatret og i Holtegt., ut-
leggingen kunne derved skje fra to
angrepspunkter, mens utkjøring av
ballast og innkjøring av ny pukk kunne
gå uhindret i øvre del av tunnelen. Så
snart bilen som la sviller fra National-
teatret var ferdig, ble skinnelaggin-
gen påbegynt derfra. Med to Robel-
traktorer som kjørte skinner fra Ma-
jorstuen og til sammen 10 mann ble
det lagt 180 m spor i skiftet. Pukk ble
etterfylt med diesel-lok og traller fra
Nationalteatret, hvor pukken ble tatt
ned gjennom en åpning i råbygget for
T-banetunnelen. Etter første gangs
pakking ble trafikken lagt om til det
nye sporet. Omlegging skjedde etter
nøyaktig fire uker som planlagt. Ther-
mitsveising av det første sporet fore-

gikk med opptil fire sveiselag, delvis
som nattarbeide.

For nedgående spor ble arbeidet
utført etter samme mønster og med
sammenkopling etter fire uker. I den
følgende uke ble sveising, sluttpak-
king etc. utført, slik at vanlig trafikk
ble igangsatt 8. oktober som planlagt.

Samtidig med utskifting av over-
bygningen ble drens-systemet rensket
opp og reparert, og det elektriske an-
legget skiftet ut. Like før trafikken
startet igjen, ble stasjonene rengjort
ved høytrykkspyling.

En stor innsatsvilje fra alle impli-
serte under ledelse av baneinspektør
Kielland gjorde det mulig å holde det
stramme programmet.

Trafikkavviklingen i rushtidene fo-
regikk med et 3-vogns tog av T-bane-
typen som gikk i skytteltrafikk mellom
Majorstuen og Nationalteatret på
det sporet som var intakt. Turnusti-
den var 10 minutter. Utenom rushti-
dene disponerte baneavdelingen
sporet, og trafikken ble avviklet med
de bestående sporvogns- og bussru-
ter som ble forsterket etter behov. De
totale utgifter for ombyggingen var
ca. 4 mill. kroner. ■

Nye ekspresstogvogner, NSB's vogn type 7

Av overingeniør Per Bøyum

Prosjektet med nye ekspresstog for
Dovrebanen er tidligere omtalt i
NSB-teknikk (1977, nr. 1). Prosjektet
er nå på vei til å bli realitet.

Som kjent skal det leveres 5 tog-
sett. Hvert togsett består av en AB-
vogn, en BF-vogn med kiosk samt 4
B-vogner. Vognene skal leveres fra
desember 1981 og to vognsett skal
settes i drift fra mai 1982.

Som grunnlag for serien ble det be-
sluttet at det skulle bygges en proto-
typvogn. Grunnen til dette var at den
valgte byggemetode er ny både for
Strømmens Værksted og for NSB.
Dette gjelder både den vognkasse-
tekniske byggemetode så vel som

innredningsdetaljer, og prototypen
skal også brukes til prøvekjøring for
testing av løpeegenskaper. Selve
vognkassen for prototypen er nå nær-
most ferdig ved Strømmens Værk-
sted. I denne artikkelen vil det bli gitt
et første innblikk i de konstruksjons-
prinsipper vognene bygges etter.

Byggematerialet er aluminium, og
utstrakt bruk av profiler er det mest
merkete ved byggemetoden. For
NSB og A/S Strømmens Værksted er
bruk av aluminium i vognbygging ikke
noe nytt. Ekspresstogsettene fra 1940
var i klinket utførelse i kombinasjon
plater—profiler, der plater utgjorde
75 % av vekten, og profiler 25 %.
Vektreduksjon i forhold til tilsvarende
stålvogn var ca. 25 %. For motor-
vognsett type 69 er forholdet mellom

plater og profiler 40 % til 60 %, og
vektreduksjon i forhold til stålvogn
ca. 40 %. For vogn type 7 utgjør plater
10 % av vekten og profiler 90 %.
Vektreduksjon i forhold til stålvogn er
ca. 30 %.

Grunnen til at vektreduksjonen i
forhold til stålvogn er lavere for type
7 enn for type 69, er selve fremstil-
lingsmetoden for profiler. Minste ma-
terialtykkelse for pressede profiler er
begrenset til ca. 3 mm, og dette fører
til at i forhold til en plate-profil-kon-
struksjon får en på enkelte områder
en for solid konstruksjon og derved
en vektøkning. Den valgte alumini-
umlegeringen har betegnelsen
AL Mg Si 0,7 og markedsføres av Alu-
suisse under betegnelsen Anticoro-

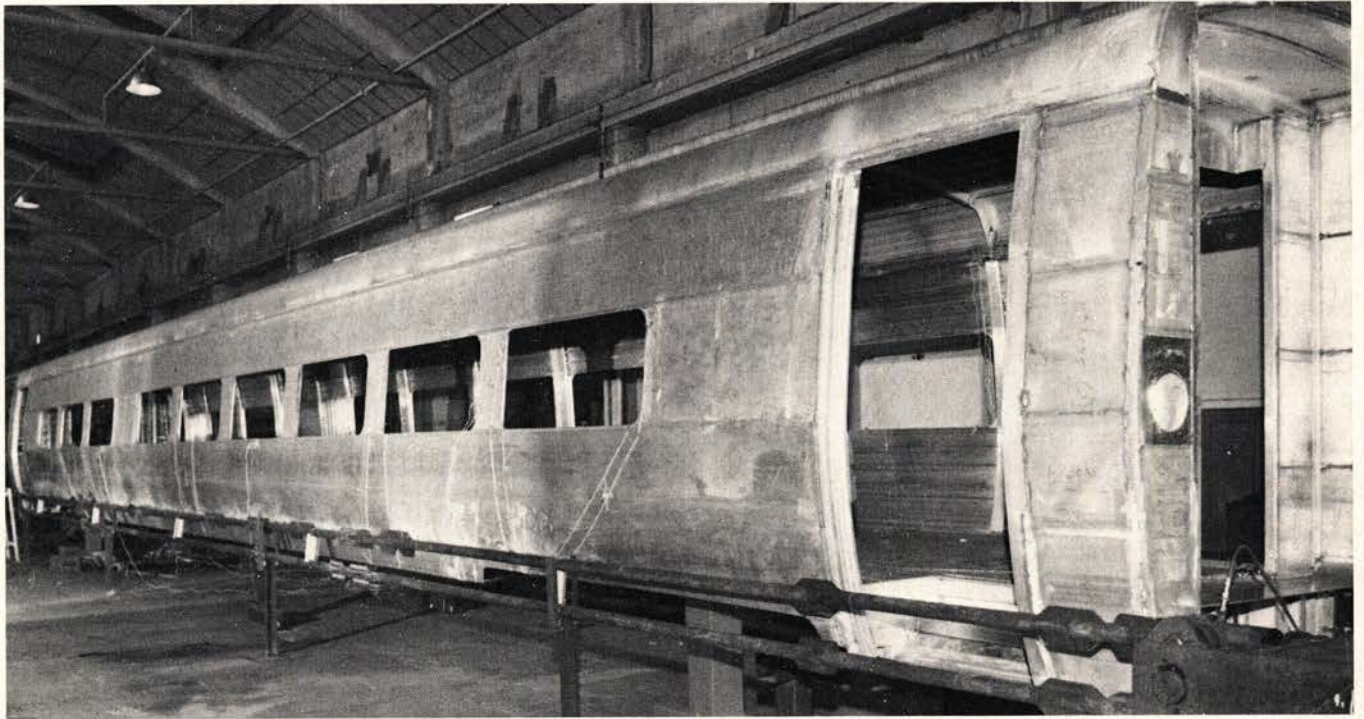


Fig. 1. Bildet viser prototypen under prøvetrykkbelastning med maks. 200 t. i bufferplanet. Mest iøynefallende ved vognkassen er de lave vinduene og den buede vognsiden.

dal 062. Det er en annen legering enn den som ble brukt i type 69.

Legeringen inneholder Si og Mg som hovedkomponenter og mindre andeler av Fe, Cu, Mn, Cr, Zn og Ti, og kjennetegnes ved god press- og formbarhet, god korrosjonsmotstand samt meget god sveisbarhet. Bruddgrense i varmebehandlet tilstand (utherdet) er 260–310 N/mm², litt avhengig av profilform og materialtykkelse. Sveisesoner har lavere fasthet, og dette gir lave indre spenninger og små opprettingsproblemer ved sveising. Spes.vekt er 2,7 g/cm³ og elastisitetsmodul er ca. 70.000 N/mm².

Alusuisse er leverandør av materialene og er også ansvarlig for beregning og dimensjonering av vognkassens styrke i henhold til NSB's krav som samsvarer med UIC's krav. Prøvebelastningen av prototypen viste godt akseptable spenninger. Ved 200 tonn trykkbelastning over buffere var deformasjonen 11 mm, og maksimal nedbøyning ved foreskrevet jevnt fordelt last var 15,5 mm. Prøvebelastningen ga ingen varig deformasjon.

Vognkassens tverrsnitt som er vist på fig. 2 består av 22 profiler. Skjøtene mellom de enkelte profiler er antydte, og en får derved et begrep om største profilbredde, som er ca. 600 mm. Selve byggeteget gir stort sett bare langsgående sveiser, i alt ca. 720 m pr. vogn. Byggeteget egner seg godt for automatsveising. Strømmens Værksted har tatt konsekvensen av dette og har i bestilling en

spesiell sveiseautomat for lange profiler.

Selve byggingen av vognkassen blir som å sette sammen et puslespill, og det blir følgelig de enkelte profilers utforming, toleranse og overflatebeskaffenhet som gir resultatet.

Gulv, vegger og tak med tilhørende spantprofiler ferdigbygges separat, for så å bli satt sammen til en rammeløs vognkasse.

Det mest interessante ved byggeteget er de ulike profilformene. Profilene inngår i en form «totalkonstruksjon». De skal være bærende element, men skal samtidig være detaljer for innredningen og gi opphengingspunkter for diverse utstyr. Dette er fastlagt i vognens tverretning allerede ved profilkonstruksjonen. Konstruksjonsfasen blir ved denne byggeteget meget krevende, da en rekke detaljer blir fastlagt allerede ved materialproduksjonen.

Som fig. 2 viser, har både side- og takprofil langsgående ribber. Det dannes på denne måte meget stive flater som gir liten vibrasjonsmulighet og god lydempning. Aluminiumens lave E-modul er også en fordel (forholdsvist dødt materiale). Ved bygging i stål oppnås denne effekt ved å påføre 2–4 mm compound (seig asfaltlignende masse) på alle innvendige flater. Det vil ikke bli brukt compound på disse vognene.

Fig. 3 viser profilene ved nedre gurt med gulv og veggprofil. Profilene er avbildet med litt avstand, slik at stør-

relsen og sveisesonene fremgår. Gulvet består av gitter-elementer med tykkelse 60 mm. Elementene utgjør gulv i hele vognens lengde, med hovedverrbærere ved boggi liggende under gulvet. Elementene sammen-sveises på over- og underside. Veggtykkelsen er 3 og 3,5 mm.

Punkt (1) på fig. 3 viser hvordan det her er tilrettelagt en breddekorreksjon av vognkassen.

Punkt (2) viser en av 6 langsgående opphengingsriller i gulvets underside. Spesialbolter som festes i denne rillen skal bære utstyr som skal henge under vognkassen som tanker, batterikasse samt nødvendige rørføringer m.m.

Fig. 4 viser selve boltforbindelsen. Fig. 5 viser overgurt med takbue. De to profilene er igjen tegnet med avstand for å markere delingen. Takrennen er bygd inn i profilet på utsiden (pkt. 1). Profilets innside (pkt. 2) har spesiell utforming, men dette er ikke utnyttet ved disse vognene (standardprofil).

Fig. 5 (pkt. 3) vises i stor målestokk, og gir et bilde av detaljer ved profilene.

Vognenes innredning og utstyr for øvrig har også en utforming som er noe uvanlig og følgelig ny for NSB. Sammen med andre materialer er aluminiumsprofiler også et byggeelement i innredningen.

Beskrivelse vil komme senere i NSB-teknikk. ■

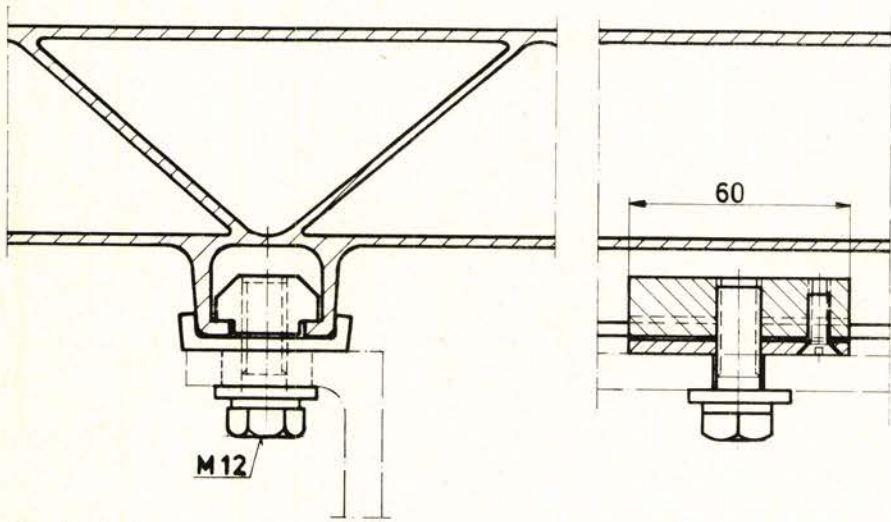


Fig. 4. Boltefeste for opphenging av utstyr under vognen.

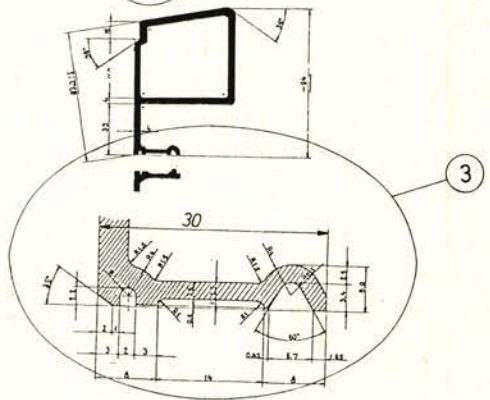
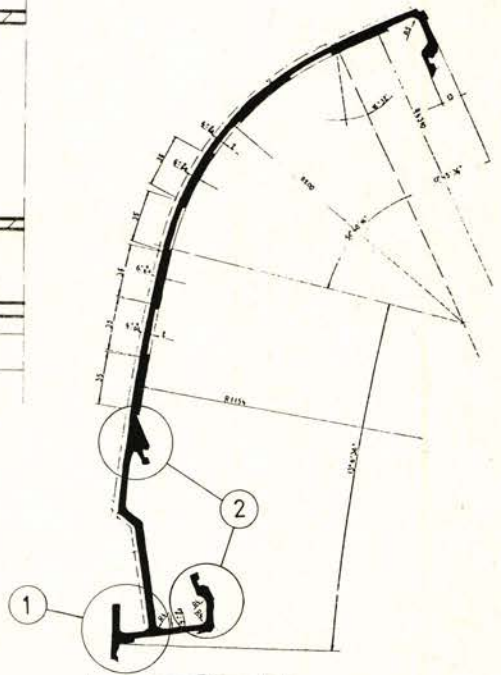


Fig.5. Profilene ved overgang vegg til tak.

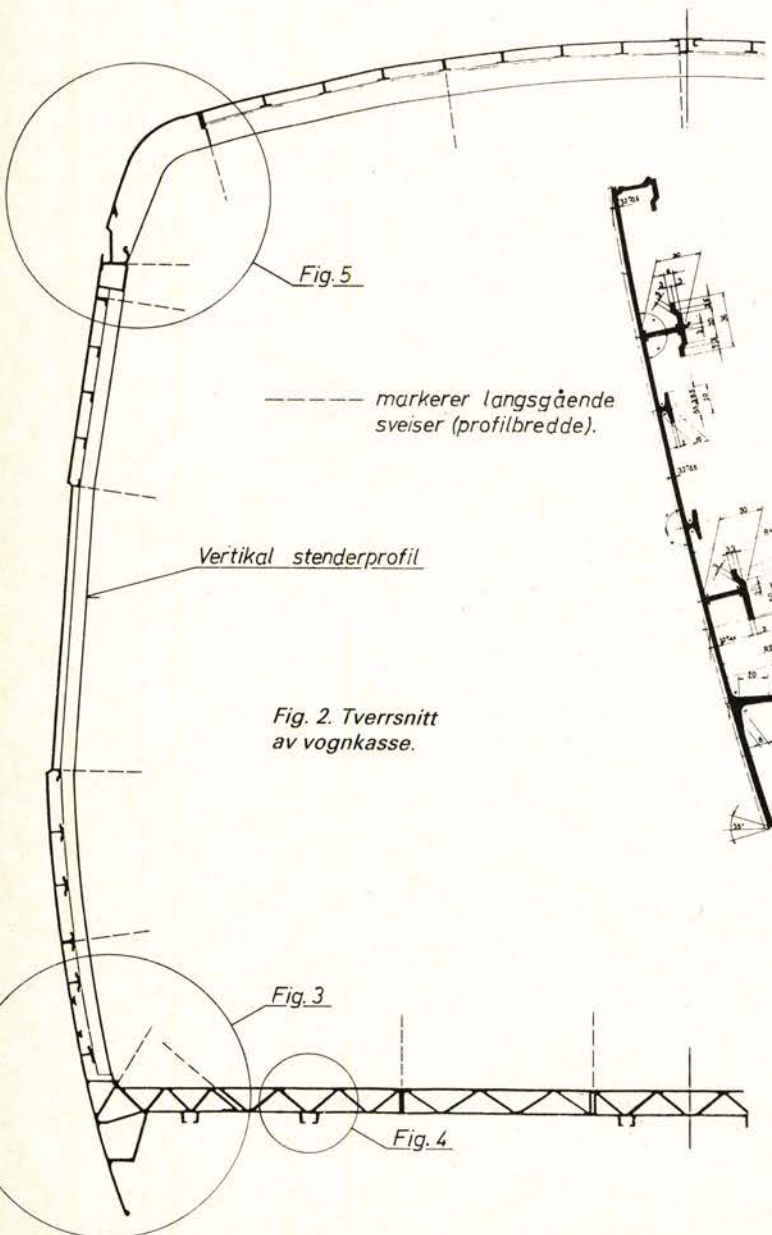


Fig. 2. Tverrsnitt av vognkasse.

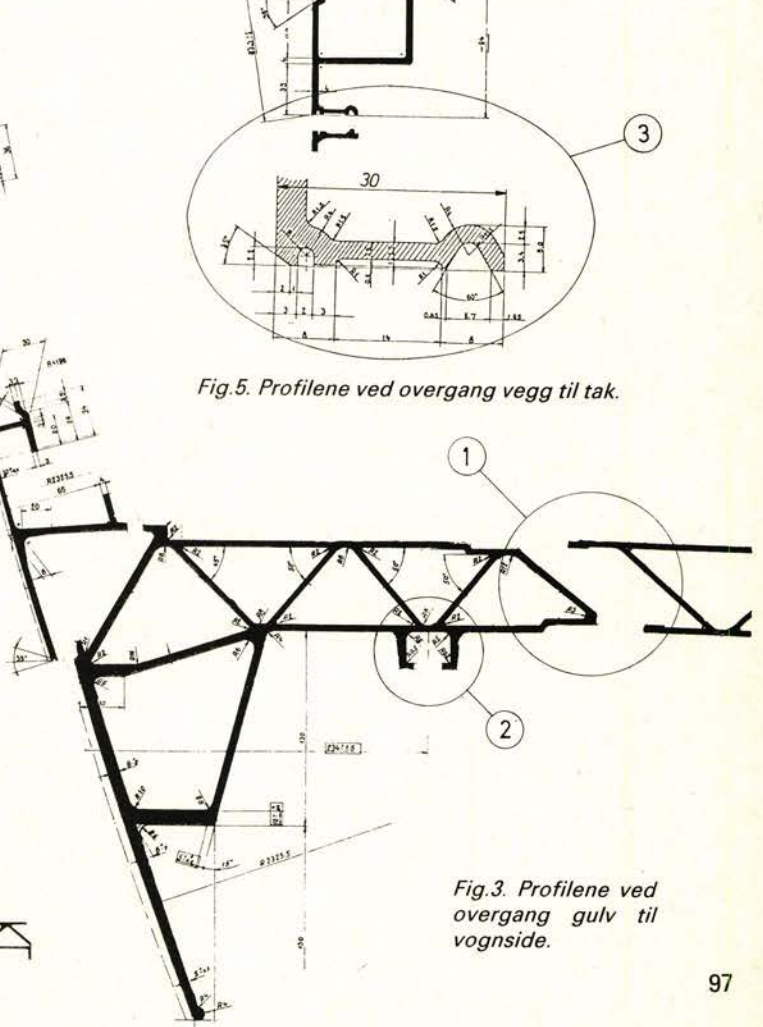


Fig.3. Profilene ved overgang gulv til vognside.

Nytt fra ORE, UIC m.v.

● Saken «Automatisk kopling» (AK) har ikke vært berørt i de siste nummer av NSB-Teknikk.

Utprøving av koplingssystemet har imidlertid pågått kontinuerlig i Øst-som i Vest-Europa. Den Øst-Europeiske Jernbaneunion (OSJD) hevder nå at alle tekniske spørsmål er løst med hensyn til eventuell innføring av AK, og at innføringstidspunktet kan fastlegges uavhengig av ytterligere tekniske overveielser.

Den Vest-Europeiske Jernbaneunion (UIC) har tidligere utsatt innføringen av dette prosjekt, bl.a. på grunn av det store investeringsbehov. UIC's betenkeligheter har bevirket at tidsavsnittet 1995 – 2000 utgjør tidligste innføringstermin.

En slik innføringsperiode kan OSJD slutte seg til så fremt myndighetene i de berørte land slutter en mellomstatlig avtale senest i 1982.

I år 1995 vil den vesentligste del av det rullende materiell i Europa være utstyrt med innbyggingsrom for AK, da dette har vært et internasjonalt konstruksjonskrav til nyleveranser siden 1965–70. Investeringsbehovet ved eventuell innføring i 1995 vil derfor i alt vesentlig avhenge av koplingsprisen.

En absolutt forutsetning for innføring av AK synes allikevel å være at koplingsprisen blir vesentlig lavere enn hittil antatt.

Unicupler-konsernet, som står bak utviklingen av UIC's AK, mener at en kostnadssenkning er mulig. ORE og Unicupler vil nå i fellesskap klarlegge den minimale pris/AK.

Resultatet av undersøkelsene ventes i slutten av 1981.

Samtidig vil innføringstidspunktet for AK på nytt bli drøftet innen UIC's ledelse, hvoretter UIC og de Vest-Europeiske myndigheter i 1982 må ta standpunkt til om AK kan innføres i 1995.

● UIC's Underkommissjon «Elektrisk trekraftmateriell» har et nært samarbeid med det verdensomspennende organ JEC som representerer elektroindustrien.

På Underkommissjonens arbeidsprogram står bl.a.:

– Forholdsregler mot radio- og TV-støy fra elektrisk banedrift.

Banestrømmens frekvenstoleranser og maksimal kontaktledningspenning.

- Omfanget av automatisk jording ved utkopling av høyspenningsutrustning på elektrisk trekraftmateriell.
- Brannbekjempelse i trekraftmateriell.
- Togradio og høyttalerforbindelse lokomotivfører/togfører.
- Symboler på koplingsskjemaer for elektronikk- og halvlederkomponenter m.v. bl.a. eventuelle tilleggssymboler i forhold til de JEC har foreslått.
- Beskyttelsestiltak for å hindre rullelagerskader ved strømgjennomgang.
- Enhetlig anordning av betjeningsorganer m.v. felles for diesel- og elektrisk trekraftmateriell.

De fleste spørsmål gjelder trekraftmateriell i samtrafikk over grensene. Selv om NSB ikke er bundet av sentraleuropeiske forhold på dette punkt, støtter NSB seg på UIC- og JEC-forskrifter ved bestilling av nytt trekraftmateriell.

● I september 1980 arrangerte ORE sitt første internasjonale kollokvium i Paris over emnet «Pålitelige elektroniske systemer». Dette kollokvium ble foreslått gjennomført av den tidligere ORE-komitè A118 «Bruk av elektronikk i jernbane-signalsystemer».

Av en rekke interessante foredrag på kollokviet nevnes bl.a.

- London Transports utvikling mot introduksjon av pålitelige elektroniske systemer.
- Elektronikk i jernbane-signalsystemer ved RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens).
- Informasjonsbehandling og jernbane-signalsystemer (funksjonell spesifisering av et system (del 1), sikkerhet, pålitelighet og dokumentasjonskrav (del 2). [SNCF]
- Metoder for analyse av sikkerhet og pålitelighet til elektroniske systemer. (ÖBB)
- Sammenlikning av tre elektroniske sikringsystemer. (SBB)
- Et eksperimentalt mikrodatamaskin-basert signalsystem, (BR)

Kollokviet ga en god statusoversikt over hva som foregår ved de største forvaltningene i Europa hva angår bruk av elektronikk (bl.a. mikrodatamaskiner) i signalsystemer. Det som her er av interesse, er hvordan konvensjonelle relésystemer kan erstattes ved hjelp av f.eks. mikrodatamaskiner. Hovedgrunnene til ønsket om å bruke mikrodatamaskinteknologi er bl.a. at mye kopling kan bli erstattet av multiplexet datatransmisjon, redusert plassbehov, mindre vedlikehold og mindre ressurser for planlegging og installasjon. Dette gir reduksjon i investeringsmidler og driftsutgifter.

Et hovedproblem ved bruk av elektronikk i signalsystemer er å konstruere disse slik at mulige feil i systemet gjør at systemet går inn i en tilstand som på forhånd er definert som «sikker». Dette er bare mulig dersom systemet inneholder mer informasjon enn nødvendig (dataredundans) i tid eller rom.

Tidsredundans oppnås f.eks. i systemer med en datamaskin hvor data blir behandlet i serie. Resultatet blir deretter sammenliknet i en komparator eller annen seleksjonskrets.

Romredundans oppnås i systemer som inkluderer flere datamaskiner for parallell databehandling. Resultatet blir også her sammenliknet i en komparator.

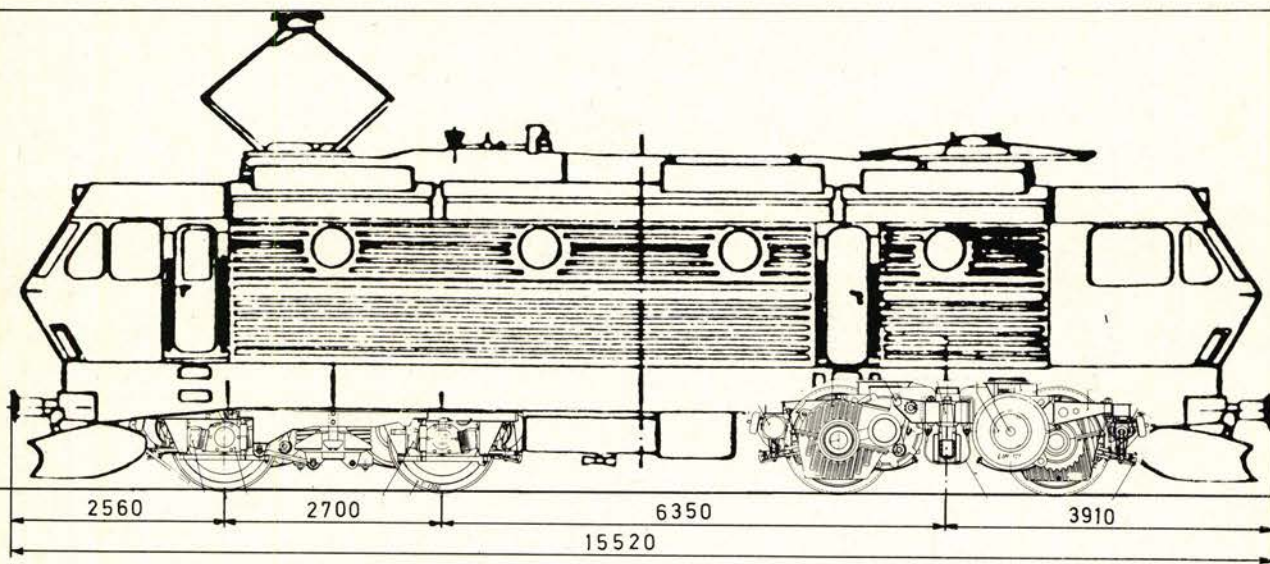
I begge disse tilfellene er databehandlingsfunksjonen separert fra sikkerhetsfunksjonen, idet bare komparatoren må konstrueres ut fra kravet om «sikker» funksjonering.

Bruk av elektronikk i signalsystemer er foreløpig på eksperiment- eller teststadiet ved de større jernbaneforvaltningene i Europa. Man må imidlertid anta at elektronikk i relativt nær fremtid vil gjøre inntog i slike systemer.

Ved NSB er det på Oslo S tatt i bruk datamaskiner i sikringsanlegg, og da i den delen som berører operatøren. Datamaskinen er her en transmissjonslinje mellom operatøren og det geografiske sikringsanlegget, hvor sikkerhetsfunksjonene utføres ved hjelp av konvensjonell teknikk. ■

IP - Meu - Eri

Lokomotiv type EL 16

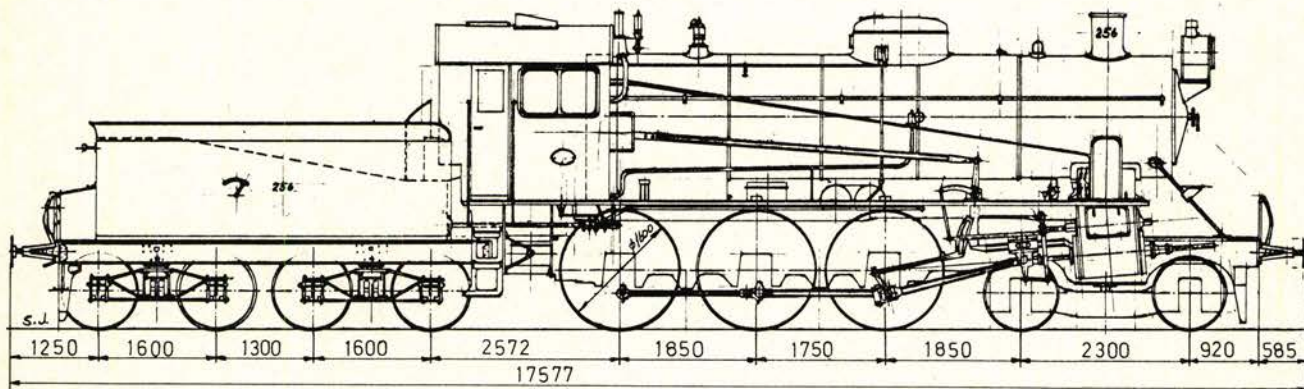


Antall bygget: 10
 Hjulordening: Bo'Bo'
 Lokomotiv nummer: 2201–2210
 Byggeår: 1977–1980
 Fabrikant: ASEA — Strømmens Værksted —
 Thunes Mek. Verksted.
 Største hastighet: 140 km/h
 Transformator: 6060 kVA kont. ytelse
 Motorer: 4 à 1110 kW, samlet 4440 kW
 Likerettet vekselstrøm, thyristor-
 styrt.

Utvekslingsforhold: 1: 3,35
 Drivhjul diameter: 1300 mm
 Materialvekt: Mekanisk del 37 tonn, elektrisk del
 43 tonn, samlet 80 tonn (= adhe-
 sjonsvekten)

El 16 er stasjonert i Oslo distrikt og benyttes vesentlig på Bergensbanen. Lok.typen anvendes i alle typer tog og er det sterkeste 4-akslede lokomotiv i Norge. El 16 har også den høyest tillatte maksimalhastighet av de elektriske lokomotivene.
 Foto: ASEA

Lokomotiv type 30



Antall bygget: 45, 18 stk. 30a, 27 stk. 30 b og c
 Hjulordening: 2'C
 Lokomotiv nummer: 256–258, 271–282, 316–318,
 346–368, 466–469
 Største hastighet: 90 km/h forover, 50 km/h bakover
 Drivhjul diameter: 1600 mm
 Kjeletrykk: 30 a 13 kp/cm², 30 b og c 16 kp/cm²
 Fabrikant/byggeår:
 30 a 256–258 1914 Thune's Mek. Verksted.
 30 a 271–282 1914 – 1915 Thune
 30 a 316–318 1919 Thune
 30 b 346–368 1920–1921 Norsk Maskin-Industri
 30 c 466–469 1939 Thune
 Maskin:
 30 a 4-syl. høytrykk, Ø 390 x 600 mm
 30 b og c 4-syl. compound Ø 390/585
 x 600 mm

Totalvekt: 30 a 71,3 tonn, 30 b 75,9 tonn
 (maskin og tender) 30 c 78,9 tonn
 Adhesjonsvekt: Hhv. 41,1, 42,9 og 43,9 tonn
 Beholdning: 30 a og b: 15 tonn vann og 4 tonn kull
 30 c: 18,9 tonn vann og 6 tonn kull
 Siste utrangert: 9.11, 1970. 30a 271 og 30 b 362
 Bevart: 30a 271, Norsk Jernbaneklubb i
 overenskomst med Jernbanemu-
 seet.

Type 30 var et hurtigtogslokomotiv som ble anvendt på alle hovedstrekninger av NSB. Den store serien 30 b 346–368 ble levert til Dovrebanen, og de siste lokomotivene av typen gikk der til elektrifiseringen i 1970.
 Foto: W. E. Dancker-Jensen

TYPE EL 16



TYPE 30

