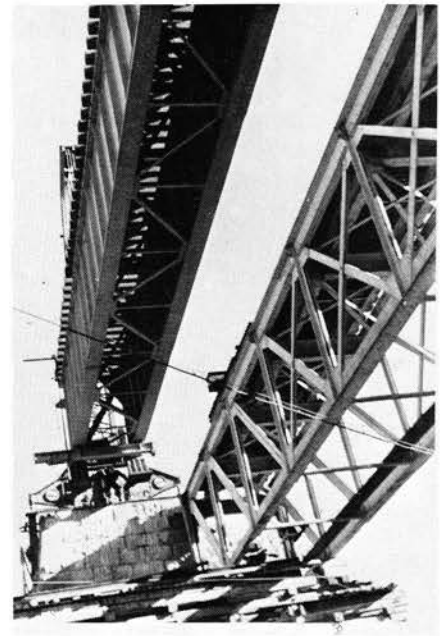
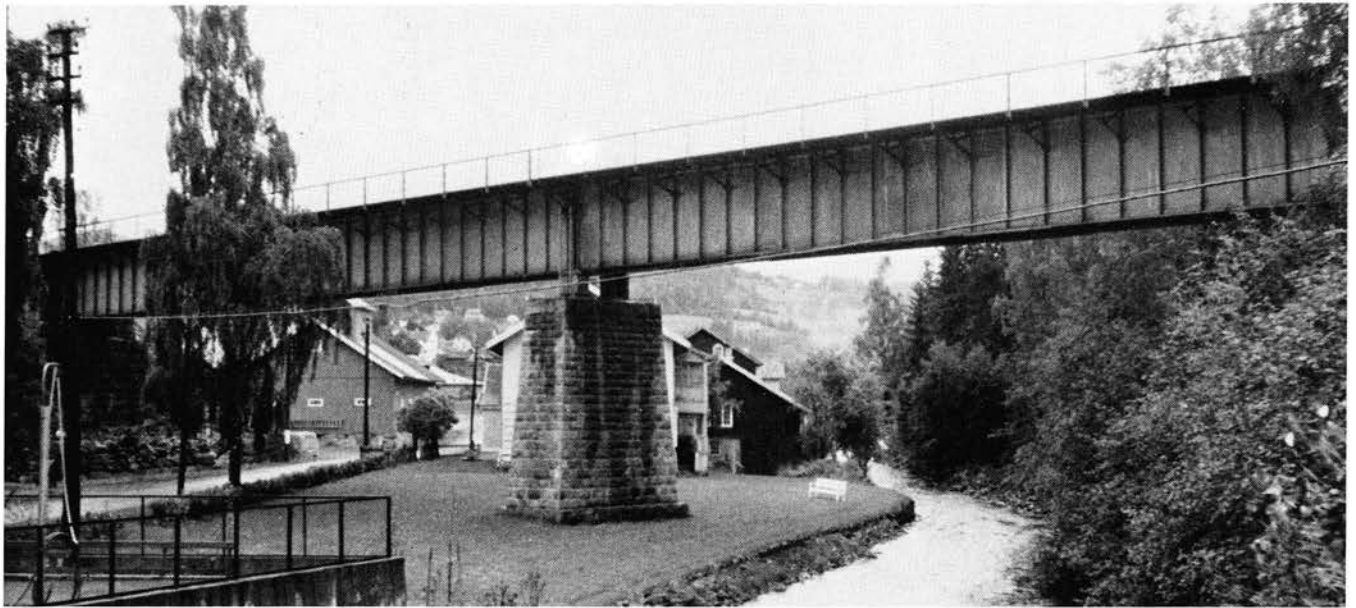


NSB- teknikk

2
1978

Teknisk informasjon fra Norges Statsbaner





Bru over Moelven

I forbindelse med Dovrebanens modernisering og elektrifisering i 1950-årene måtte et stort antall gamle bruer skiftes ut fordi de var for svake. Blant disse var også bru over Moelven, nær Moelv stasjon. Brua hadde to fagverkspenn med spennvidde 36 m, bygget i 1893–94. Midtpilaren og begge landkar kunne beholdes, mens de gamle fagverkspenn ble erstattet med nye plate-

bærerspenn dimensjonert for tyngre belastning. Utsiftingen av spennene ble foretatt med NSB's store utrykningskraner. Det nye spenn ble i en togpause kjørt ut på den gamle bru på traller og løftet fri av disse med kranene. Så ble det gamle spenn trukket ut til siden på et utskyvningsstillas, og det nye spenn senket ned på opplagene. I en senere togpause ble så det

gamle spenn løftet opp med kranene, satt på traller og kjørt bort.

Øverste bilde viser den nye bru etter at den er fullført. De to nederste bilder er fra utsiftingen. Det nye spenn henger i kranene, mens det gamle spenn trekkes ut til siden.

Informasjonsblad
for Norges Statsbaner

Årgang 4, 1978
Nummer 2

Utgiver:
Norges Statsbaner
Hovedadministrasjonen
Storgt. 33
Oslo 1

Telefon: (02) 20 95 50



Redaksjonsutvalg:

P. Bøyum
O. Evenmo
K. Igelkjøn
H. Karlsson
I. Rustad
S. Tennebø

Avdelingskontakter:

J. Svendsen, B.
H. Sekkesæter, E.
A. Enerud, M.
A. Nordby, M/lab.
T. Vasset, D/Pla.
S. E. Grønland, S.org.
K. Mathisen, Plak.
T. Hannisdahl, OSA.
Distriktskontakt:
J. N. Ly, Oslo d.

Sats, repro og trykk:
Grøndahl & Søn Trykkeri

Opplag: 3.000
Ettertrykk tillatt når kilde oppgis.

Forsidebilde:
Maling av jernbanebrua
i Drammen

Innhold

Telle, Ole: Ny revisjonsvogn for NSB's ledningstjeneste	s. 4
Storvik, Trygve: Norges Statsbaners arbeid med korrosjonsbeskyttelse	s. 7
Hagland, Ivar: Sporgeometri	s. 11

UDK 656.21.053.31.001.57(481)	
Moen, Rune: TOGSIM – simuleringsmodell for togfremføring. (TOGSIM – A Simulation Model for Single Track Railway Operation)	s. 14

TOGSIM is a tool used by NSB to compute the consequences of alternative ways of increasing the capacity of the railway lines.

TOGSIM provides a method for operating several train performance calculations at one time. The model calculates the delays of each train running according to fixed schedules. The main parameters are schedules, train sizes, power unit sizes, safety and signalling system, length and position passing and overtaking loops, and the power feed system.

The model includes a statistical part for the analysis of train delays. This program can also be used to analyse real operational results as well as simulation results.

Eckhoff, Nils: Ny type dører på personvogner	s. 21
Nytt fra ORE, UIC m.v.	s. 22

Bruserien. Ved P. Hektoen
UIC/ORE-spalten. Ved T. Eriksen (M), J. Meulman (B), A. Lines (D),
og I. Pedersen (E).
Lokserien. Ved A.-M. Waaler

Ny revisjonsvogn for NSB's ledningstjeneste

Av avdelingsingeniør Ole Telle



Nåværende standardmateriell for revisjon av kontaktledningen.

horisontal linje, i stigning selvsagt atskillig mindre.

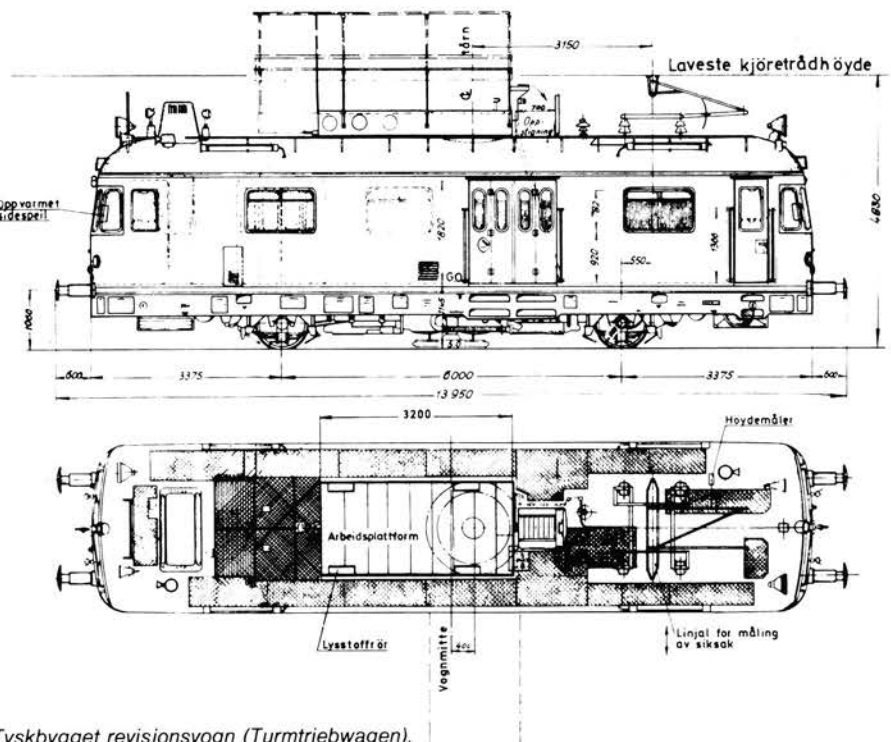
Med den togtetthet det etter hvert er blitt på de fleste baner, er tiden ledningstjenesten disponerer til utførelse av nødvendig arbeid stadig blitt kortere. Med det saktegående utstyr ledningstjenesten nå har, tar det for lang tid å komme fram og tilbake mellom kryssingsstasjon og arbeidssted.

For bl.a. å undersøke mulighetene til å skaffe ledningstjenesten mer hensiktsmessige revisjonsvogner, ble det i 1969 nedsatt en arbeidsgruppe. Etter omfattende undersøkelser ved andre europeiske jernbaneforvaltninger kom gruppen fram til at den beste og mest hensiktsmessige revisjonsvogn som da fantes, var en vogn som var utviklet ved et samarbeid mellom Deutsche Bundesbahn og det tyske firma Messerschmidt-Bölkow Blom. Denne vognen har egen motor og kan oppnå en hastighet på horisontal bane på ca. 90 km/h. Den er spesielt bygget for kontaktledningsarbeid. Vognen er i likhet med våre egne vogner utstyrt med hydraulisk hev- og senkbar arbeids-

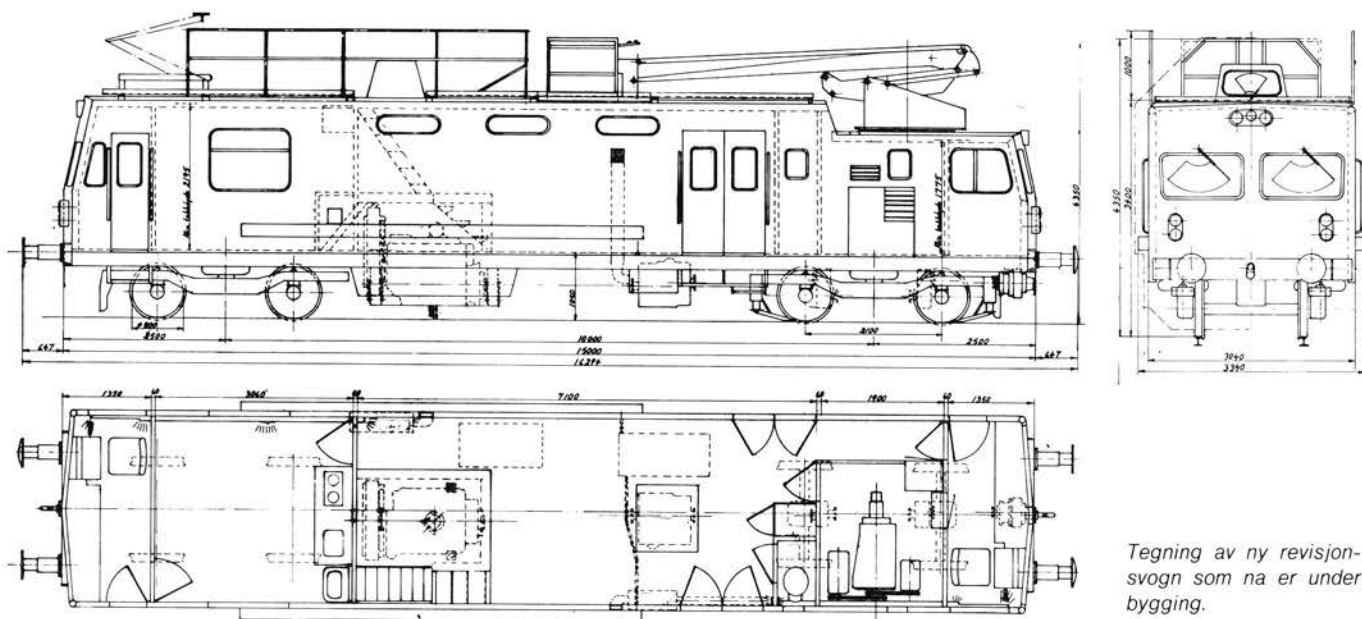
Til vedlikehold, revisjon, reparasjon og eventuell utvidelse av kontaktledningsnettet ved NSB benyttes spesialbygde vogner, såkalte revisjonsvogner, som trekkes av skinnetraktorer. Ledningstjenesten har ca. 35 vogner av denne type fordelt på de respektive stasjonsringssteder. Bortsett fra en spesialbygget, selvdreven revisjonsvogn av tysk produksjon som er anskaffet som en prøvevogn, er alle vognene bygget på gamle understillinger. Disse vognene er ca. 18 m lange og er inndelt i et lager/verkstedrom, et garderoberom og et oppholdsrom. På taket er det foruten en fast ca. 10 m lang arbeidsplattform, en bevegelig, hydraulisk hev- og senkbar arbeidsplattform på ca. 4 m, som ytterligere kan forlenges med ca. 1 m ved hjelp av en skyvelem. Plattformen kan svinges 90°, slik at montøren kan komme inn til de fleste master. Plattformen kan bare heves/senkes i vertikalplanet og har derfor sin sterke begrensning, da kontaktråden og faste konstruksjoner over sporet hindrer den i å nå opp til høyt plasserte konstruksjoner. Montørene må derfor i tillegg til plattformen benytte trappestiger på plattformen eller stolpesko for å kunne nå høyt nok opp. Dette gir en utsatt arbeidsstilling. Rundt vogntaket og rundt den bevegelige arbeidsplattformen er det senkbart beskyttelsesrekkverk på 1 meters høyde. Fra lager/verkstedrommet fører en trapp opp til en skyveluke i taket.

All redskap og alt materiell må bæres opp denne veien.

De eldste revisjonsvogner og traktorer ble bygget i 1948 og den nyeste i 1971. Utstyret begynner således å bli gammelt og en del av det er temmelig nedslitt. Generelt sett er utstyret lite tidsmessig. Traktorene med revisjonsvogn etterhengt kan i beste fall oppnå en største hastighet på 60 km/h på



Tyskbygget revisjonsvogn (Turmtriebwagen).



Tegning av ny revisjonsvogn som nå er under bygging.

plattform, og har derfor den samme høydebegrensning på grunn av kontaktråden og andre faste komponenter over sporet som NSB's vogner.

En slik vogn, Turmtriebwagen, fig. 2, ble innkjøpt av NSB i 1974. Vognens store fordel fremfor vårt vanlige materiell til samme bruk er den forholdsvis store hastighet. Imidlertid har den fått en noe blandet mottakelse av brukerne, blant annet fordi den mangler oppholds- og spiserom.

Etter henstilling fra personalhold ble det i 1975 nedsatt en ny arbeidsgruppe som fikk følgende mandat:

- å vurdere hensiktsmessig innredning for fremtidige revisjonsvogner
- å fremlegge forslag til verktøyutrustning og eventuelt andre hjelpemidler for ledningstjenesten, med forslag til plassering av verktøy og utrustning.

Etter at arbeidsgruppen av 1969 la fram sin anbefaling om anskaffelse av tyske selvdrevne revisjonsvogner til erstatning for nedslitt eldre materiell, var man blitt kjent med at det ved SJ (Statens Järnvägar) var utviklet en ny type revisjonsvogn. Den var basert på nye hjelpemidler og arbeidsmetoder og syntes å gjøre den tyske revisjonsvognen akterutseilt av utviklingen.

Arbeidsgruppen av 1975 fikk på grunn av disse nye opplysninger utvidet sitt mandat «til også å komme med forslag til en hensiktsmessig utførelse av revisjonsvogner som er forutsatt anskaffet til ledningstjenesten».

Arbeidsgruppen startet sitt arbeid med en bredt anlagt intervjurunde blant landets ledningspersonale, for å skaffe seg rede på hvordan personalet selv kunne tenke seg at en ny revisjonsvogn burde være.

Gruppen ønsket å finne ut hvordan arbeidsplassen burde utformes, hvilket rombehov det var, hva slags verktøy som var hensiktsmessig, plassering av verktøyet samt behov for reservemateriell m.m.

Gruppen foretok en studiereise til SJ, der medlemmene fikk anledning til å være med den nye revisjonsvognen under arbeid. De fikk også anledning til å snakke med ledningspersonale som arbeidet på de nye vognene, og som hadde mange års erfaring med tidligere brukte vogner.

De svenske revisjonsvognene har som arbeidsplass en bevegelig kurv montert på en leddet arm lagret på taket av en eldre motorvogn. Kurven, som er ca. 2,5 m², har plass til to mann og er beregnet for en maksimal last på 450 kg. Kurven manøvreres hydraulisk fra spaker plassert på rekkverket rundt kurven. Den kan bevegges ned til bakken og opp i en høyde av ca. 10 m over skinnetopp og har en sirkulær rekkevidde på 7 m uten ekstra understøttelse av vognen. Se fig. 3. Kranarmen, som kurven sitter i enden av, har en bevegelighet på $\pm 210^\circ$ og kurven en bevegelighet på $\pm 45^\circ$ i horisontalplanet. Arbeidet fra kurven er i

hovedsak basert på bruk av pressluft- og hydraulisk verktøy. På arbeidskurven er det 4 uttak for hydraulikk og 2 for pressluft. Som nevnt er arbeidskurven montert på en eldre motorvogn. I tillegg til vognens ordinære drivmotor som brukes under kjøring til arbeidsstedet, er det i vognen bygget inn egen dieselmotor som brukes for fremdrift av vognen under arbeidsfasen. Denne gir vognen en maksimal hastighet på 7 km/h. I tilknytning til den ekstra dieselmotoren er det montert diverse annet utstyr, så som kompressor, hydraulisk utstyr og generator.

All bevegelse av kurv og fremdrift av vogn fra hjelpemaskineriet styres fra kurven, bortsett fra tilbakeføring av kurv til transportstilling, som også kan foretas fra førerplass.

Manøvrering av kurven foretas samtidig med at vognen kjøres frem eller tilbake.

De svenske tjenestemenn som hadde frembragt den nye revisjonsvognen, var noe betenkt ved å gå til videre anskaffelse av slikt utstyr bygget på gamle motorvogner. Grunnen var først og fremst at vognene var gamle, men også at den maksimale hastighet bare var ca. 70 km/h.

Under samtaler med ledningspersonalet fikk gruppens medlemmer et overveldende inntrykk av det nye utstyrets overlegenhet sammenliknet med det som tidligere var brukt. Blant de montører gruppen snakket med, var

det flere som hadde mer enn ti års erfaring i bruk av eldre revisjonsvogner. De hadde i begynnelsen stilt seg skeptisk til det nye utstyret, men bare etter noen måneder kunne de overhodet ikke tenke seg å gå tilbake til den gamle arbeidsplassen.

Med den bevegelige kurven kommer man utenom kontaktledningen og andre fastmonterte konstruksjoner som tidligere hindret arbeidsplattformens høydebevegelser.

Man kan bringe seg selv opp til hvilken del av anlegget det skal være. Det er slutt med alle tunge løft, idet kurven kan manøvreres helt ned til bakken for å hente nødvendig utstyr og bringe det på plass. Det er ikke lenger behov for bruk av trappestiger, stolpesko eller sikkerhetsbelter. Man har fremfor alt fått en sikker arbeidsplass, hvor man fritt kan arbeide med begge hender, uten tanke på å måtte holde seg fast.

Det ble fremhevet at etter at kurv-vognen var tatt i bruk, kunne eldre personale som tidligere ikke kunne skjøtte jobben tilfredsstillende på grunn av yrkesskader e.l., nå fortsette i arbeidet og yte full innsats.

Gruppen, som var sammensatt av representanter fra ledningspersonalet og fra Elektroavdelingene i Hovedadministrasjonen og Oslo distrikt, var etter studiereisen til Sverige ikke særlig i tvil om etter hvilke prinsipper nye revisjonsvogner til NSB skulle bygges.

Det ble nå foretatt undersøkelser ved andre forvaltninger i Europa om man der var slått inn på samme prinsipp som SJ, og hvilke muligheter som forelå for å skaffe fullt ferdige vogner av samme type som den man hadde hatt anledning til å se.

Man undersøkte allerede ved besøket hos SJ om det der forelå muligheter for å få kjøpe tilsvarende den svenske vogn der. Det var det ingen anledning til på grunn av at svenskene ikke hadde flere motorvogner av den typen som hittil var brukt. Andre forvaltninger hadde enda ikke slått inn på dette prinsipp og ingen vognbyggere i Europa hadde derfor konstruert tilsvarende vogner.

Ved NSB hadde man heller ingen motorvogner som i likhet med dem svenskene hadde benyttet kunne være egnet for formålet. Gruppen gikk derfor igang med å utarbeide forslag til revisjonsvogn bygget helt fra grunnen av.



Arbeidskurv av den typen som vil bli benyttet på den nye vognen. Foto viser den i artikkelen omtalte svenske vogner.

På grunnlag av de innhentede opplysninger laget man et grunnriss av vognen.

Da vognen skulle være selvdreven, måtte det nødvendigvis være et førerrom i hver ende. Det måtte være et lager/verkstedrom hvor alt nødvendig verktoy og reservemateriell kunne plasseres, samtidig som det måtte være mulig å utføre en del enklere monteringsarbeider. Vognen skulle ha oppholds/spiserom for 4-5 mann foruten tørkerom for arbeidstøy, garderobeskapp og WC.

I tillegg til dette plassbehov måtte det avsettes plass til nødvendig hjelpemotor og annet utstyr for drift av vogn og kurv.

Med dette som utgangspunkt kom man fram til en vognkasse på 15 m. Hver av førerrommene ble på ca. 1,3 m og maskinrom ca. på 1,9 m. Førerrom-

menne utstyres med et oversiktlig førerbord og stolen blir den samme som brukes på lokomotiver. Fra førerrommene er det samtaleanlegg med forbindelse til arbeidskurv, vognens utvendige takplattform, utsiktsskuppel og utvendige høyttalere. Lager/verkstedrom er utstyrt med veggpaneler for opphenging av verktoy, kurver for reservemateriell m.v., arbeidsbenk, småtrømler for reserveledningsmaterieell m.v. Fra arbeidsrommet er det inngang til WC og tørkeskapp. Spiserommet er utstyrt med bord og stoler for 4-5 mann, har kjøkkenbenk med utslags- og håndvask, propanbluss, kjøleskapp varmtvannsbereder m.v.

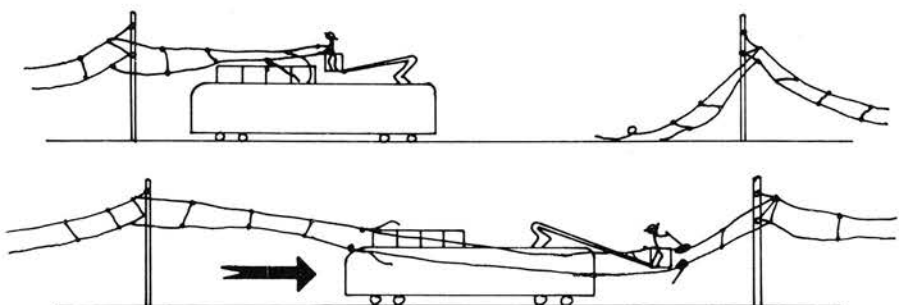
I motorrommet er det plassert hjelpemotor for drift av vogn og kurv under arbeid og øvrig nødvendig utstyr for pressluftverktøy, hydraulisk verktøy m.v.

Fra lager/verkstedrom er det oppgang til vogntaket gjennom en luke. Lukens håndtak er forbundet med en jordingsanordning som jorder strømvaktakeren for taket kan bestiges, samtidig som strømvaktakeren går opp.

Ved siden av takluken er det bygget en utsiktsskuppel, hvor man kan betrakte strømvaktakingen også ved strømførende ledning. Strømvaktakeren som er enarmet, er plassert nær enden av vognen.

Halve vogntaket er opptatt av arbeidskurven. Resten av taket, utenom utsiktsskuppelen og plassen ved strømvaktakeren og takluken, er belagt

Eksempel på illustrasjon fra heftet «Veiledning i arbeidsmetoder» som vil bli utgitt i forbindelse med opplæringen av personalet i bruk av den nye vogntypen.



Norges Statsbaners arbeid med korrosjonsbeskyttelse

Av avdelingsingeniør Trygve Storvik

NSB er med sine over 4200 km spor og ca. 10.000 rullende enheter landets største landbaserte samferdselsbedrift. Selv om bildriften her er holdt utenfor, skulle det allikevel være duket for landets største korrosjonsproblem. Imidlertid kan vi, med bakgrunn i den forskning som er utført siden mellomkrigstiden sammen med målbevisst vedlikeholdsarbeid, med god grunn pynte på det kjente slagordet: «Det går alltid et tog – og det rustet ikke!»

Kort om korrosjon.

Jern og stål er fremstilt ved at de stabile utgangsstoffene, jernmalmen, tilfø-

res store energimengder. Av seg selv vil naturen søke å tilbakeføre metallene til den stabile form ved å frigjøre energien igjen, og det er denne prosessen vi til daglig kaller rusting eller generelt korrosjon.

Rusten fremkommer ved nært samarbeid mellom luftens oksygen, vann og bart metall, og danner den velkjente rødbrune massen, som er et mer eller mindre vannholdig jernoksyd. Korrosjonshastigheten er svært avhengig av sammensetningen av luften og fuktigheten, for eksempel i form av salttåke, sur nedbør, høyfjellsluft eller industri-røyk.

De korrosjonstyper som forekommer under angrep av luften, sammenfattes i begrepet «atmosfærisk korrosjon». Det er denne korrosjonstype det er mest aktuelt å bekjempe ved NSB, og den dekker hele spektret fra typisk kystklima på Jæren over industriatmosfære i Oslo-området til innlandsklima på Dovre- og Bergensbanen. De utsatte anlegg er først og fremst bruer, master og ledningsfester, ikke å forglemme skinnegangen, og sist men ikke minst det rullende materiell.

Bruer.

Det området hvor NSB har lengst erfa-

Forts. fra side 6

med strekkmetalldekke. Rundt denne delen av taket er det montert et nedfellbart rekkverk 1 m høyt.

Lager/verkstedrommet har dobbelte utgangsdører på hver side, så det er lett å få inn selv de største reservedeler. På hver vognside er det opphengt lange kasser hvor jordingsstenger og utliggerør skal kunne oppbevares.

Arbeidskurven.

Arbeidskurvens svingbare opplager er plassert over det ene boggisenter. I vanlig transportstilling ligger kranarmen fremover vogntaket, hvor kurven er plassert i en forsenkning i taket. Under transport vil kurven være sikret med bolt og lås. Kurven er av samme fabrikat og størrelse som den svenske. Den skal kunne ta en nyttelast på 500 kg og kunne arbeide i alle høyder fra bakken og opp til ca. 10 m og med en største arbeidsradius på 7 m. Kurven er svingbar i 360°, men en stoppinnretning kan begrense kurvens svingradius til 160° for at man skal kunne arbeide sikkert på et spor selv med spenning på nabospor.

For at kurven skal kunne komme helt ned til bakken, kreves en kontakttrådhøyde på minst 5,2 m. Dette skyldes at kneet på kranarmen vil rage 5,2 m over bakken når kurven skal helt ned til marken. I tunneler hvor kontakttrådhøyden vanligvis ikke er større enn 4,85 m, kan kurven derfor ikke komme nærmere marken enn ca. 2 m. Man tror ikke at denne innskrenkning i bevegelsesfriheten ved lav kontakttrådhøyde

kommer til å by på vesentlige problemer. Kurven kan også manøvreres slik at den kan plasseres inntil de dobbelte dørene i arbeidsrommet og dermed lette håndtering av tunge gjenstander.

Med de revisjonsvogner som fins i dag, foregår arbeidet både fra arbeidsplattformen, men også i en viss grad fra den faste plattform. Med den nye vognen vil sikkert alt arbeid komme til å foregå fra kurven. Fra kurven kan man som tidligere nevnt manøvrere denne dit man vil, samtidig som man kan kjøre vognen fram eller tilbake med en hastighet på inntil 7 km/h. Opprinnelig mente man at arbeidskurven under transport til og fra arbeidsstedet alltid måtte ligge i transportstilling, altså fastlåst inne på taket. Først når man kom fram til arbeidsstedet skulle kurven bli frigjort for arbeid.

Tanken var videre at med kurven i fri stilling (arbeidsstilling), skulle vognen bare kunne manøvreres fra kurven og i maksimum 7 km/h. Ved arbeid i tunneler må kurven settes i arbeidsstilling før man kjører inn i tunnelen. Med en fremføringshastighet på bare 7 km/h ville dette sinke arbeidet i lange tunneler vesentlig. Man har følgelig forutsatt en «unormal» transportstilling med kurven hengende bakover.

Det er nøye vurdert hva slags verktøy vognen skal utstyres med, og hydraulisk og luftdrevet verktøy vil bli benyttet der hvor dette lar seg gjøre.

Behovet for reservemateriell som bør være fast i vognen, er også vurdert.

Med denne vognen, etter prinsippet

med arbeidskurv i stedet for hevbar arbeidsplattform, må arbeidsrutiner legges om temmelig radikalt og nye metoder vil utkrystallisere seg.

Det er følgelig utarbeidet et forslag til en «bruksanvisning» for hvordan kurven skal benyttes ved de forskjellige arbeider som kan forekomme.

Denne bruksanvisningen vil forhåpentlig være til støtte for brukerne i en innkjøringsfase.

Den første kurvavn er bestilt hos det norske firma A/S Levahn Mek. Verksted, og leveres i juni 1978. Det er forutsatt at den skal kunne kjøre med en hastighet på 120 km/h på horisontal bane og med 90 km/h i 12 o/oo stigning. Vognen skal om nødvendig kunne flytte en togstamme på 500–600 tonn på horisontal bane. Det er videre stilt som en betingelse at vognen fra en hastighet på 120 km/h skal kunne stanse på 700 m, i likhet med hva som er kravet til NSB's øvrige materiell.

At en slik vogn kan kjøres raskt er en vesentlig betingelse for å få full nytte av den.

Alle som har deltatt i planleggingen og alt ledningspersonale som på en eller annen måte har engasjert seg i forbindelse med vognen, tror at man nå vil få en effektivt arbeidende vogn, samt en arbeidsplass som alle vil bli fornøyd med.

Alle ser med spenning fram til å prøve den nye vognen og alle håper at utbyggingstakten for den videre fornyelse av NSB's revisjonsvogner vil bli tilfredsstillende.

ring og vel også har nedlagt mest arbeid, er beskyttelse av stålbruer. Rundt i landet finnes et stort antall fagverksbruer av eldre konstruksjon. I likhet med så mange liknende konstruksjoner fra tiårene før og etter århundreskiftet, er disse ikke konstruert med tanke på det senere vedlikehold. Resultatet er ofte blitt smekre spindel-vev av stålbelegger, som er uhyre arbeidskrevende med henblikk på effektiv korrosjonsbeskyttelse (figur 1).

Med nye bruer stiller saken seg helt annerledes, idet de konstrueres med korrosjonsbeskyttelse for øye. Små, men viktige detaljer blir tatt vare på, slik som avløpshull og eliminasjon av vannfeller, utilgjengelige felter, uheldige knutepunkter og liknende korrosjonsfeller. Siden ikke alle bruer er like, vil en også ta hensyn til de individuelle krav for hver enkelt konstruksjon og vie disse spesiell oppmerksomhet.

Et halvt århundres erfaringer.

Det ble tidlig innsett viktigheten av å få et malingsystem som ga god beskyttelse i årtier uten arbeidskrevende vedlikehold. I årene etter første verdenskrig ble det ved det daværende Statsbanernes Kemiske Laboratorium utarbeidet spesifikasjoner for forbehandling og maling av bruer, bygget på grundig utprøving av forskjellige malingsystemer og underlag.

De spesifikasjoner for vedlikehold av gamle fagverksbruer som gjelder nå, er med en del ajourføringer de samme som ble utarbeidet i 20-årene, og skal i korthet gjengis her:

- 1) Fjerning av olje og fett med White Spirit.
- 2) Sandblåsing (omhyggelig) med stålsand eller skarp kvartssand.
- 3) Fjerning av støv.
- 4) Washprimer innen 4 timer, maks. 10 μm
- 5) Grunnmaling, blymønje etter NSB-spesifikasjon. 2 strøk à 40–50 μm eller ett strøk 80–100 μm .
- 6) Reparasjon av skader under montering o.l.
- 7) Dekkstrøk, «Jernal» etter NSB-spesifikasjon. 2 strøk à 40–50 μm eller ett strøk 800–100 μm .

Bindemidlene var opprinnelig på linoljebasis, mens en i 50-årene tok i bruk tixotrope malinger på alkydbasis.

Levetiden for dette malingsystemet har vist seg forbausende lang. Gjennomsnittlig har den vært 18–20 år for NSB's bruer, med topper over 30 år. Kystklimaet gir dessverre langt kortere levetid, ca. 7–12 år.

Selvfølger er man ved NSB klar over at det finnes bedre malingsystemer av «avansert» type, men med de krav disse som oftest stiller til forbehandling og påføringsbetingelser, er de nærmest umulig å påføre f.eks. gamle fagverksbruer med tilfredsstillende resultat.

Med sink for fremtiden.

De generelle spesifikasjoner for korrosjonsbeskyttelse av nye bruer er basert på sinkens beskyttende evne, og de fleste nye konstruksjoner blir derfor forsinket. For at konstruksjonene skal få en fullverdig beskyttelse utover 10–20 år, avhengig av atmosfærens lokale korrosivitet, får sinken beskyttelse av et malingsystem.

Siden varmsprøytet aluminium har vist seg å gi bedre beskyttelse enn sink under mange forhold, har NSB latt noen konstruksjoner sprøyte med aluminium.

Spesifikasjonen er i korthet følgende:

- 1) Forbehandling:
Sandblåsing og sinkbelegg etter norsk standard, enten varmforsinking etter NS 1970 eller varmsprøyting etter NS 1975.
Minimum beleggtykkelse er 800 g/m^2 varmforsinket eller 120 μm varmsprøytet sinkbelegg.
- 2) Rensing: Konstruksjoner som skal videre-behandles, må først avfettes. Normal fremgangsmåte er vask med et syntetisk vaskemiddel tilsatt ca. 3% fosforsyre, skrubbing og grundig skylling med vann. Spesielt tilsølte og fattede konstruksjoner rengjøres med tynner for vasking og spyling.
- 3) Maling: Etter at de rensede stålkonstruksjoner er fullstendig tørre, påføres følgende malingsystem:
 1. Washprimer for sink/aluminium, maks 10 μm .
 2. Gul sinkkromat, 40–50 μm .
 3. Dekkmaling, 80–100 μm i ett eller to strøk.

For hver malingsstype gjelder NSB's egne utarbeidede spesifikasjoner.

4) Sveisesømmer: Normalt skal disse sandblåses og varmsprøytes. Lar dette seg ikke gjøre, skal de smergles og påføres epoksy sinkstøvprimer, maks. 20 μm . Deretter washprimer, sinkkromat og dekkstrøk som ovenfor.

5) Slitebelegg: Bruer med gjennomgående ballast (pukksteinunderlag for skinnegangen) skal ha slitebelegg. Etter avfetting av de sinkbelagte stålkonstruksjonene påføres løsningsmiddelriktig tjæreepoksy i 250 μm tykkelse. Før belegget er herdet, istrøes torr sand. Etter herding påføres nye 250 μm (tørrfilm) tjæreepoksy og ny sand.

Fra teori til praksis.

Dessverre lar den generelle spesifikasjon seg ikke alltid følge. På grunn av praktiske forhold, som f.eks. for store komponenter for dypping, tidspress og annet, er enkelte nybygg behandlet på annen måte. Et eksempel er den nye Nidelv bru, en klaffebru med spenn av sveisede kassekonstruksjoner.

Her ble følgende beskyttelses-system valgt:

A) Utvendig beskyttelse:

1. Sandblåsing til Sa 2.5.
2. Epoksy sinkstøv primer, 30 μm .
3. Sveising, flekking, transport og montering, ny flekking med sinkstøvprimer.
4. Vasking med surt vaskemiddel og skylling.
5. Washprimer, 10–12 μm .
6. Gul sinkkromat, 80 μm i ett eller to strøk.
7. Dekkmaling, 80 μm .

B) Innvendig beskyttelse:

1. Sandblåsing til Sa 2.5
2. Epoksy sinkstøvprimer, 30 μm .
3. Sveising, flekking o.s.v.
4. To strøk tokomponent epoksy tjære à 100 μm .

Utførelse av arbeidet, kontroll.

Selv det beste beskyttelsesystem kan svikte på ett punkt: utførelsen av arbeidet. Både behandlingen av nybygg og ommaling/vedlikehold av gamle bruer blir utført som anbudsarbeid. Begge typer arbeid må foregå i friluft, ommaling av gamle bruer sågar «midt i arbeidstiden», med avbrudd hver gang et tog skal passere. Mange bruer ligger i byer og tettsteder, og hensyn må tas til omgivelsene under sandblåsing,



Fig. 1. NSB's korrosjonsproblemer i et nøtteskall.

mønje- eller sinkmaling og dekkmaling. Været spiller en vesentlig rolle for kvaliteten av arbeidet. Strømførende ledninger (16 kV) må kanskje også nevnes, og dermed skulle det meste være sagt om entreprenørens problemer.

For at NSB allikevel skal være sikret at spesikasjonene følges, har en i de fleste distrikter kontrollører som følger alle trinn i behandlingsprosessen. Skulle det oppstå problemer under arbeidet, er Teknisk Laboratorium utstyrt med nødvendig kompetanse og instrumenter til kontrollarbeid, målinger eller annet.

Endelig blir tilstanden av hver enkelt bru jevnlig inspisert, slik at vedlikeholdet kan planlegges og utføres på det riktige tidspunkt og korrosjonsbeskyttelsen dermed bli optimal.

Virkingen av beskyttelsesarbeidet i praksis vises best ved et eksempel: I 1973 ble Flisa bru skiftet på grunn av for lavt akseltrykk. Figur 2 viser enden av brubanen og litt av fagverkskonstruksjonen, og det sees at den er praktisk talt uten korrosjonsskader, etter tjeneste siden 1893!

Ikke bare bruer.

Men NSB har ikke bare bruer. I skinnegangen finnes i alt 2,5–3 km² bart stål

som ikke kan beskyttes. Heldigvis har ikke dette medført noe vesentlig problem, fordi slitasjen på grunn av toggangen er den begrensende faktor for skinnenes levetid.

NSB har også master og ledningsfester i tusentall. Disse komponenter er heldigvis ikke for store for varmformsinking, og ved alle utskiftinger blir nå såvidt mulig varmformsinkede master satt inn.

Rullende materiell.

NSB har omlag 10 000 vogner og lokomotiver som også skal korrosjonsbeskyttes. For disse er det utarbeidet spesifikasjoner som tilsvarer dem for bruene. Stålvognene blir for eksempel utvendig sandblåst, påført washprimer, grunnmaling og dekkmaling som andre stålkonstruksjoner, dog med noen forskjeller. For det første er forsinking utelatt, og for det andre er dekkmalingen ikke av «Jernal»-typen, men av en enklere type, den kjente «jernbanerøde» vognmalingen. Denne gir en glatt overflate som tåler det daglige vedlikeholdet forholdsvis godt og gir en fullgod korrosjonsbeskyttelse i minimum 10–12 år.

Vognmalingen er en relativt rimelig maling på alkydbasis, med rødbrunt jernoksyd som dominerende fargestoff (pigment). Malingen har en begrenset vær- og kjemikaliebestandighet, hvilket betyr at den glatte overflaten i årernes løp vil mattes ned på grunn av vær og daglig vedlikehold (rengjøring). Den matte overflaten gjør også at bremsestøv og pantografstøv vil feste særlig godt til malingfilmen, slik at det blir nærmest umulig å vaske bort. Spesielt uheldig er dette når malingen setter restriksjoner på de vaskemidler som kan benyttes i renholdet, fordi de hverken kan være for sure eller for alkaliske. De avfettingsmidler som benyttes må heller ikke angripe malingen.

Ønskemålet for vognmalingen ser dermed ut til å være følgende: Overflaten må være hård og glatt i en årrekke, slik at støv og smuss ikke fester seg og lett lar seg vaske bort. Malingen må være kjemikalieresistent, slik at den tåler hardhendt vask og avfetting. Den må være værbestandig, ikke forvitte eller falme i bruk, og den må være lett å påføre og lett å reparere.

Dette er krav som vel er umulig å fylle helt, men det ser ut til at enkelte



Fig. 2. Detalj av den gamle Flisa bro.

moderne, «avanserte» lakker, spesielt polyuretanlakkene, langt på vei kan tilfredsstillende de fleste ønskene. En eventuell innføring av polyuretanlakk vil forøvrig ligge et godt stykke inn i fremtiden.

Grunnlaget for spesifikasjonene.

Selv om NSB allerede siden starten hadde latt sine stålbruer male, ble det ikke gjort vesentlige fremskritt på korrosjonsbeskyttelsens område før etter første verdenskrig, da korrosjonen formelig sprang en i øynene. Nødvendigheten av å finne et pålitelig beskyttelsessystem gjorde at det daværende Statsbanernes Kemiske Laboratorium satte i gang grundig utprøving av forskjellige alternative kombinasjoner av forbehandling, grunnmaling og dekkmaling. En omfattende feltprøving under forskjellige klimaforhold viste at den overlegne kombinasjonen av grunnmaling og dekkmaling var blymønje og jernglimmeraluminiummaling, og fra 1929 skulle standard rustbeskyttelse være:

- 1) Sandblåsing til rent metall.
- 2) Grunnmaling med 2 strøk blymønje.
- 3) Dekkmaling med 2 strøk «Jernal», en 95:5 jernglimmeraluminiummaling til 1. strøk og en 80:20-maling til 2. strøk.

Bindemidlene var på linoljebasis, det eneste aktuelle den gang.

Siden har Laboratoriet vært ansvarlig for utarbeidelsen av spesifikasjoner for korrosjonsbeskyttelsen av NSB's materiell, og som konsekvens av det har Laboratoriet drevet kontinuerlig utprøving av malingsystemer for alle formål. Utprøvingen har foregått som:

- 1) Feltprøving, med prøveplater utsatt på Jæren, Finse og Grefsen*. Dette gir vel den «egentlige» klassifiseringen av ulike malingsystemer, men forsøksperioden er lang.
- 2) Aksellerert prøving i salttåkekammer og vær-o-meter. Sammenholdt med feltprøvingens resultater får en utsortert gode og dårlige malingsystemer på langt kortere tid enn ved feltprøving alene.
- 3) Analyser av malinger. Tørrfilmer, bindemidler, pigmenter, tynnere osv. blir analysert med henblikk på sammensetning, tørketid, tixotropi, bunnfelling, kornstørrelse, heftfasthet, sprøhet etc., etc.

Utprøvingen har en dobbel hensikt. For det første skal de malinger som leveres, tilfredsstillende de krav vi har stilt, for det andre skal vi til enhver tid være åjour med kvaliteten av moderne malinger, med tanke på forbedringer av allerede eksisterende spesifikasjoner.

De malingsstyper vi har funnet er de mest hensiktsmessige under praktisk bruk, er ikke ubetinget de som har den lengste levetiden under spesielle forhold. Historien begynte med blymønje-

/linolje og fortsatte med blymønje/alkyd, senere også sinkkromat/alkyd og Jernal/alkyd. Det kan virke nokså konservativt at vi ikke her gått over til mer avanserte malingsstyper, men dette har sine grunner, som her skal skisseres.

For det første har praksis vist at våre «tradisjonelle» systemer er generelt ganske gode og dekker sine formål i en årrekke.

For det andre er de tradisjonelle malinger mindre ømfintlige når det gjelder forbehandling og arbeidsforholdene under påføringen.

For det tredje vil overgangen til avanserte malinger, spesielt på rullende materiell, bety en millioninvestering i verksted – lokaler og utstyr.

Over alle grenser.

Selv om NSB's arbeid med korrosjonsbeskyttelse primært er en intern jernbanesak, har vi forlenget innsett at vi ikke er alene i verden. Helt siden pionertiden har det vært samarbeid i gang mellom jernbaneforvaltninger i mange land gjennom den internasjonale jernbaneunion – UIC – hvori underorganisasjonen for forskning og utvikling – ORE – har gitt verdifulle bidrag til den tekniske siden av jernbanedriften. Et eksempel på resultatene av dette samarbeidet er spesifikasjonen for Washprimer for jern og stål, som er en ORE-spesifikasjon adoptert av NSB.

Samarbeid mellom de nordiske lands jernbaneforvaltninger er aktuelt også når det gjelder korrosjonsbeskyttelse, og det planlegges for eksempel felles spesifikasjoner for en eventuell overgang til avanserte vognmalingsystemer.

Verdien av samarbeid over landegrensene, og nasjonalt over instituttgrensene, er forlenget innsett, og Teknisk Laboratorium har hatt deltakere ved flere maling- og korrosjonskongresser i inn- og utland. Deltakelse i forskningsprosjekter er også aktuelt, men her stiller de økonomiske sider ofte hindringer i veien for fullt utbytte av samarbeidet.

Imidlertid vil vi i fremtiden som hittil ha et våkent øye på korrosjonsproblemene innen etaten og opprettholde de krav til kvalitet som har vært grunnpillarene i vårt arbeid med korrosjonsbeskyttelsen.

* flyttes nå til laboratoriebygget på Grorud.

Sporgeometri

Av baneingeniør Ivar Hagland

Innledning

Jernbanedriften har alltid vært i utvikling. De forutsetninger våre forfedre innen etaten arbeidet etter, var vidt forskjellige fra det man må legge til grunn i dag. At det fortsatt vil skje endringer får en helt klart for seg når en hører om forvaltninger som tar sikte på maksimale kjørehastigheter på over 300 km/h.

Vi skal i det etterfølgende forsøke å belyse en del av sporets geometri og de krav som stilles til denne for å tilfredsstillende reisekomforten. Det er denne som er den begrensende faktor for togenes kjørehastigheter. Det er nemlig alment akseptert at hastigheten kan økes betydelig i forhold til dagens normalverdier, uten at det går utover sikkerheten.

Det regelverk man har ved NSB for sporgeometrien er Normalbladbokas blad B 15-19. Siste revisjon av disse reglene skriver seg fra 1937.

Hastighetene på våre baner har økt flere ganger etter dette tidspunkt og en er da kommet i den situasjon at det er forskjell mellom liv og lære. Man kan nemlig ikke med dagens hastigheter tilfredsstillende de komfortkrav som var grunnlaget for utarbeidelse av regelverket. Den utviklingen en har hatt siden den gang, både når det gjelder rullende materiell og sporets justeringsstandard, har muliggjort dette uten alt for store problemer. De strenge krav som ble lagt til grunn ved utarbeidelse av B 16 er således også modne for en revisjon.

I det etterfølgende er det forsøkt å sammenholde våre normverdier med dem som nyttes ved en del andre forvaltninger. Dette er også gjort i Tekniske meddelelser - NSB nr. 2, 1968, av Meulman (i det etterfølgende forkortet til TM). (litt. 1).

Det anses som en fordel at også denne artikkelen leses sammen med det etterfølgende, da man i TM på en meget oversiktlig måte får belyst de krefter som virker på materiellet og hvilke utslag de forskjellige parametre gjør på komforten.

Det synes som de verdier det er konkludert med i TM er noe drastiske i forhold til det som synes akseptert som norm ved de fleste forvaltninger.

Det er også forsøkt å belyse noe av det matematiske beregningsgrunnlaget for overgangskurvenes form.

Videre er det beregnet et komplett tabellverk for minste overgangskurvelengder med tilhørende overhøyder og variasjonsmuligheter for disse, samt at det er forsøkt vist en del prinsipper for å øke overgangskurvenes lengder.

Arbeidet er delt i

I - Overhøyder

II - Overgangskurver og overhøyderamper

III - Muligheter for forbedring av eksisterende kurvforhold.

Del I presenteres i dette nummer.

Overhøyder

Idéell overhøyde i en kurve er

$$h = 11,8 \frac{v^2}{R} \quad (1^A)$$

Da en strekning trafikkeres med ulike togslag med forskjellige hastigheter, må man akseptere fravik fra denne formel. Man må imidlertid kreve at den ukompenserte sideakselerasjon (manglende overhøyde) ikke blir for stor for hurtigste tog. Overhøyden må derfor være:

$$h \geq 11,8 \frac{v^2}{R} - I_{\text{maks}} \quad (1^B)$$

v = hastighet for hurtigste tog på strekningen i km/h.

I_{maks} = største tillatte manglende overhøyde i mm.

Overhøyden må imidlertid ikke overskride en største verdi slik att:

$$h = h_{\text{størst}}$$

Er overhøyden fastlagt beregnes største tillatte hastighet i kruven ved å omforme formel 1^B:

$$v \leq 0,291 \sqrt{R(h + I_{\text{maks}})} \quad (1^C)$$

Hvilken overhøyde man skal basere seg på innenfor de gitte begrensninger, er avhengig av trafikksammensetningen. Overhøyden må ikke legges slik at de forutsatte hastigheter ikke oppnås på grunn av for bratte overhøyderamper (for korte overgangskurver) eller krappere nabokurver.

De kriterier som er avgjørende for overhøyden og hastigheten i en kurve er altså:

- Største overhøyde

- Største manglende overhøyde

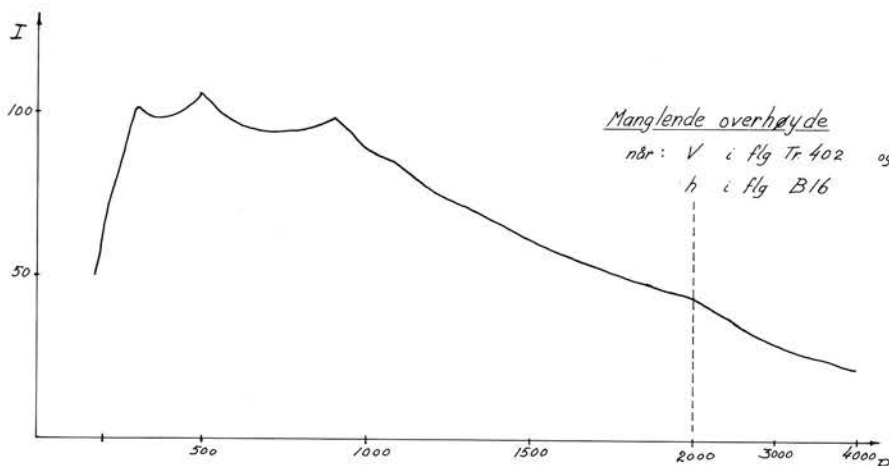
Største overhøyde:

Største overhøyde er i dag 150 mm. Dette er en verdi som det synes å være enighet om. Grensen er satt på grunn av ubehag ved stans i kurve med full overhøyde. Videre vil stans av tunge godstog i en kurve med full overhøyde bety stor påkjenning på indre skinnestreg.

Ved enkelte forvaltninger tillates overhøyder opptil 180 mm. På dobbeltsporede strekninger med stor regularitet er sannsynligheten for stans i kurver med full overhøyde relativt liten. Videre antas at disse forvaltninger har så få kurver med denne overhøyde at dette kan aksepteres.

Manglende overhøyde:

Kravet til manglende overhøyde er ifølge B16 90 mm. I fig. 1 er vist manglende overhøyde når hastigheten er som gitt i Trykk nr. 402 (pr. 1.1.76) og overhøyden er ifølge B16. Størst verdi $I = 106$ mm har en for $R = 500$.



Tabell 1.

Anvendte normaloverhøyder og minsteoverhøyder ved endel europeiske forvaltninger

	Normaloverhøyde	Minsteoverhøyde	
DB	$\frac{8V^2}{R}$ 1) $11,8\frac{V^2}{R}$	$11,8\frac{V^2}{R} - 100$ 2) $11,8\frac{V^2}{R} - 130$	1) Dersom alle tog har tilnærmet samme hastighet. 2) For V - 160 km/h. Spør uten tvangspkt.
Nederland NS		1) $11,8\frac{V^2}{R} - 60$ 2) $11,8\frac{V^2}{R} - 90$ 3) $11,8\frac{V^2}{R} - 120$	1) Rundsingel ballast. 2) Knust singel ballast. 3) Pukk
Sverige SJ	1) $\frac{8V^2}{R}$	$11,8\frac{V^2}{R} - 100$	1) For V 80 km/h. For V 40 er $h_n = 11,8\frac{V^2}{R}$ For 40 V 80, $h = (11,8 - 0,095(V - 40))\frac{V^2}{R}$
Danmark DSB	$\frac{8V^2}{R}$	1) $11,8\frac{V^2}{R} - 100$ 2) $11,8\frac{V^2}{R} - 130$ 2) $11,8\frac{V^2}{R} - 140$	1) Normverdi. 2) Untakelsesverdier angitt i Litt. 2
Sveits SB	1) $6,5\frac{V^2}{R}$ 2) $\frac{6,5 \cdot 125^2}{R}$	$11,8\frac{V^2}{R} - 122$ 3) $11,8\frac{V^2}{R} - 130$	1) For V 125 km/h. 2) For V 125 km/h. 3) Unntaksvis.
Østerrike ØBB	1) $\frac{8V^2}{R}$ 2) $11,8\frac{80^2}{R}$	$11,8\frac{V^2}{R} - 130$ $11,8\frac{V^2}{R} - 130$	1) For V 100 km/h. 2) For V 100 km/h.
England		$11,8\frac{V^2}{R} - 110$	
Frankrike SNCF		1) $11,8\frac{V^2}{R} - 150$ 2) $11,8\frac{V^2}{R} - 160$ 3) $11,8\frac{V^2}{R} - 170$ 4) $11,8\frac{V^2}{R} - 180$	1) På alle linjer. 2) Unntakelsesvis på linjer UIC-gruppe 1 - 7. 3) Unntakelsesvis for visse tog. 4) " for visse motorvognsett med lavt tyngdepkt.

I tabell 1 er vist de verdier som benyttes av en del europeiske forvaltninger. Som man ser er variasjonen betydelig.

Ifølge Weigend (litt. 3) kan en uten betenkeligheter tillate $I = 130$ mm for godt vedlikeholdt spor med regelmessig sporleie. I spor med uensartet trafikk, og i enda større grad spor med tvangspunkt, som veksler, bruer etc., kan det midlertid være vanskelig å opprettholde et feilfritt spor.

Det er visse betenkligheter med å sammenlikne oss med andre forvaltninger når det gjelder valg av største tillatte manglende overhøyde (og også andre geometriparametre). Dette på grunn av at kurvehyppheten hos oss er større enn hos de fleste andre forvaltninger, videre at gjennomsnittstreisene vanligvis foretas over lengre strekninger. En påkjenning som ikke synes ubehaglig i en enkeltkurve eller ved gjentakelser over en kortere strekning kan kanskje virke slitende dersom den oppleves over en lengre strekning.

Det foreslås derfor at en baserer seg på

$$I_{\text{maks}} = 100 \text{ mm}$$

som normverdi, men at det gis anledning til unntaksverdi

$$I_{\text{unntak}} = 120 \text{ mm}$$

for om mulig å opprettholde et jevnt hastighetsprofil i kurver uten tvangspunkt (bruer, sporveksler, ramper o.l.).

Valg av overhøyde.

Dette er så inngående behandlet i TM at vi ikke skal beskrive det i særlig grad her. Det vises til de verdier som er anført i tabell 1. Videre til Weigend (litt 3.) som fastlegger største tillatte overhøyde i forhold til godstogene. Se tabell 2.

Minste overhøyde beregnes ut fra raskeste tog på strekningen etter formel ^{1B}

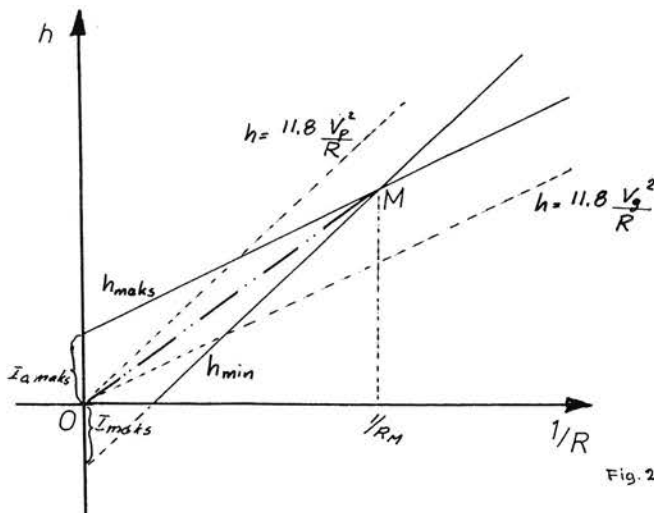


Fig. 2

$$H_{\text{tillatt}} = 11,8 \frac{Vg^2}{R} + I_o \quad 150 \text{ mm}$$

Tabell 2

Weigend:

Tillatte verdier I_o , for overskytende overhøyde		
Godstogbelastning pr. døgn	Maksimalhastighet persontog	
	≤ 160	> 160 til 200
15 000 t/døgn	90	50
15 30 000 t/døgn	70	
30 60 000 t/døgn	50	30
> 60 000 t/døgn	50	

Dette er også behandlet i Megyeri (Litt. 4) som angir følgende verdier:

Daglig godst. belast.	≤ 10	15	20	25	35	45	55	> 60
I_o	100	90	80	70	60	50	40	30

$$h_{\text{min}} = 11,8 \frac{Vp^2}{R} - I_{\text{maks}}$$

Anvendes maks verdier for overskytende overhøyde for godstogene som antydnet ovenfor, blir største tillatte overhøyde:

$$h_{\text{maks}} = 11,8 \frac{Vg^2}{R} + I_{o, \text{maks}} \leq 150 \text{ m}$$

Den optimale overhøyde framkommer som en lineær funksjon mellom origo, o, og skjæringspunktet, for de ovennevnte funksjoner, M. Se fig. 2.

$$h_o = \frac{11,8}{R} \cdot \frac{Vp^2 \cdot I_{o, \text{maks}} + Vg^2 \cdot I_{\text{maks}}}{I_{o, \text{maks}} + I_{\text{maks}}}$$

Radien som koresponderer med skjæringspunktet M blir:

$$R_M^2 = 11,8 \frac{Vp^2 - Vg^2}{I_{\text{maks}} + I_{o, \text{maks}}}$$

R_M må imidlertid være større enn minste verdien:

$$R_{M, \text{min}} = 11,8 \frac{Vp^2}{150 + I_{\text{maks}}}$$

Det skal her også bermerkes at valg av riktig overhøyde på grunn av slitasje av sporet er av større betydning i spor med tresviller enn ved betongsviller, da en får nedkjøring av underlagsplatene i tresvillene.

Videre bermerkes i denne forbindelse at en på strekninger med automatisk sikringsanlegg kan få stopp av tog foran hver blokkpost og dessuten at en ved feil i sikringsanlegget kan få togframføring med reduserte hastigheter.

Litteraturreferanser

1. Meulman, J.: Trase, hastighet og kjøretid. (Tekniske meddelelser-NSB, årg. 16 (1968), nr. 2, s. 25-73)
2. Andkjær-Pedersen: Nye sporgeometriske normer ved DSB. (Nordisk jernbanelitidskrift, årg. 102 (1976), nr. 6, s. 12-16)
3. Weigend, Manfred: Die zulässige Geschwindigkeit im Gleisbogen. (Elsners Taschenbuch der Eisenbahntechnik, 1974, s. 29-39)
4. Megyeri, Jenő: Die Auswahl des Überhöhungswerts bei Strecken mit gemischtem Verkehr. (Die Eisenbahntechnik, Jg. 25 (1977), h. 2. s. 74-75)

TOGSIM – Simuleringsmodell for togfremføring

Av konsulent Rune Moen

Innledning

For å kunne avvike en øket trafikk i årene fremover har NSB behov for å øke kapasiteten på sine jernbanestrekninger. Kapasiteten kan økes med forskjellige tiltak, f.eks. utbygging av kryssingskapasiteten, utbygging av anleggene for elektrisk banedrift, anskaffelse av nye loktyper o.s.v. Som hjelpemiddel til å vurdere virkningen av alternative tiltak ble det i oktober 1974 vedtatt å utvikle en simuleringsmodell for togfremføring.

FOU-prosjekt T17, TOGSIM, ble igangsatt fra januar 1975. Mandatet for arbeidet var å utvikle og utteste en simuleringsmodell for togfremføring på enkeltsporede banestrekninger. Sluttrapporten ble levert desember 1976, og en tilleggsrapport om testing av modellen i april 1977. Resultatet av prosjektet er:

- en generell simuleringsmodell for togfremføring
- en spesiell modell for togfremføring på Dovrebanen
- EDB-programmer for analyse av sammenhenger i trafikkavviklingen, spesielt analyse av togenes forsinkelser
- testforsøk hvor modellen benyttes til å simulere dagens trafikk på Dovrebanen
- forsøk med alternative driftsmodeller for 1990 på Dovrebanen.

En styringsgruppe med overinspektør Viggo Hundseid som formann har ledet prosjektet. Den faglige utførelse av arbeidet er forestått av en

prosjektgruppe med konsulent Rune Moen som prosjektleder. De øvrige deltakere har vært overingeniør Per Sture, førstekonsulentene Bjørn Danielsen og Stein Erik Grønland, konsulentene Thor Vasset og Arve Johannessen, trafikkinspektør Odd Hedemann samt forskerne Øystein Halvorsen og Sigurd Kubosch fra Norsk Regnesentral.

Problem

NSB forventer økende trafikk. Prognoser utarbeidet for 1990 viser en vekst på mellom 45 og 94% for godstrafikken i forhold til 1973-nivå. Det er rimelig å anta en tilsvarende vekst for persontrafikken.

Med nåværende anlegg og materiell vil man møte kapasitetsproblemer. Det må investeres i materiell og anlegg for å eliminere de flaskehalsene som vil oppstå. Man ønsket derfor å skaffe seg oversikt over de konsekvenser forskjellige tiltak medfører. Disse tiltak kan f.eks. være: utbygging av kryssingskapasiteten, utbygging av anleggene for elektrisk banedrift, anskaffelse av nye loktyper osv.

For å kunne velge mellom tiltak er det hensiktsmessig å formulere følgende hovedproblemer:

1. Under forutsetning av alternative vekstprognoser ønsker man å finne frem til hvilke togstørrelser som gir optimalt (evt. tilfredsstillende) resultat.
2. Ved gitte vekstprognoser og kvalitetskrav ønsker man å finne frem til

hvilke ruteordninger som gir optimalt (evt. tilfredsstillende) resultat.

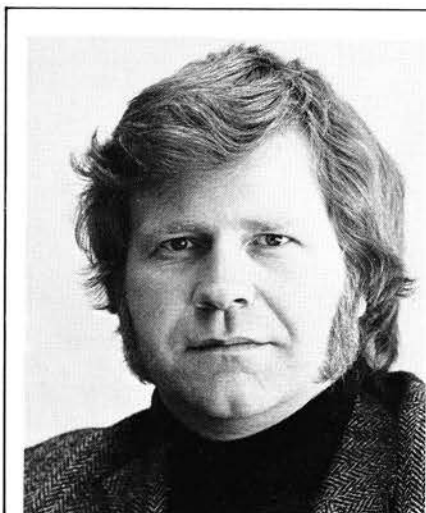
Dette er policy-spørsmål som bør avklares før man i detalj avgjør hvilke kapasitetsøkende tiltak som skal gjennomføres.

For NSB's vedkommende har det med tiden blitt utkrystallisert noen alternativer for fremtidig policy når det gjelder togstørrelse og ruteopplegg. De alternative fremtidige togstørrelser synes å ligge omkring 80 eller 100 aksler i godstogene. Dette fører til normer for kryssingsspor på h.h.v. 550 m eller 650–700 m. For ruteordningens vedkommende synes alternativene å gå på forskjellige typer av «høyhastighetstog» i persontrafikken, i godstrafikken er de aktuelle spørsmål knyttet til dag- eller nattfremføring, blokktoget og gruppeskifting.

I 1975 var spørsmålet om norm for kryssingssporenes lengder særlig aktuelt i forbindelse med vurdering av distriktenes prosjektforslag til sporforlengelser på stasjonene. Fordi det ikke hadde vært mulig å avgjøre spørsmålet om fremtidig godstogstørrelse ut fra forskjeller i driftskostnadene, ble det reist spørsmål om en trafikkøkning i det hele tatt kunne realiseres med nåværende togstørrelser.

Problemet for NSB vil i denne forbindelsen være spørsmålet om forsinkelser. Vi vet at forsinkelser vanskelig kan unngås fullstendig. Skiftestasjonene er hyppig årsak til forsinkelse for godstogene, likeså vet vi at forsinkelser oppstår underveis ved opphold på stasjoner, både for persontog og godstog. I tillegg oppstår det tekniske feil f.eks. ved sikringsanlegget eller ved togene. Hvorledes en allerede oppstått forsinkelse utvikler seg er avhengig av hvor «stram» togets rute er og av hvilke andre tog som møtes underveis. Også de møtende tog kan påføres forsinkelse ved kryssingene, selv om de opprinnelig var i rute.

Spesielt problemet med overføring av forsinkelser til møtende tog synes å være alvorlig for NSB. Rutekontorets statistikk over togforsinkelser i hovedforbindelsene for persontog viser at mindre enn halvparten av de registrerte forsinkelsene henføres til årsaker som for lange stasjonsopphold (omlag 15%), tekniske feil og saktekjøringer (omlag 25%) samt uhell og værproblemer (5%). Den øvrige halvpart av for-



Rune Moen er cand.real. med eksamen i kybernetikk fra Universitetet i Oslo 1974. Han er konsulent ved Driftsavdelingens planleggingskontor.

sinkelsene skyldes hovedsakelig kryssinger.

Forsinkelsesstatistikken viser også at andelen av forsinkede tog er stor. I de siste par år har omkring 40–50% av persontogene vært forsinket ved ankomst til bestemmelsesstedet. Dette er i typisk forsinkelsesandel hver måned. Dersom vi ser på utviklingen over en lengre periode, viser trenden en stadig forverring av regulariteten.

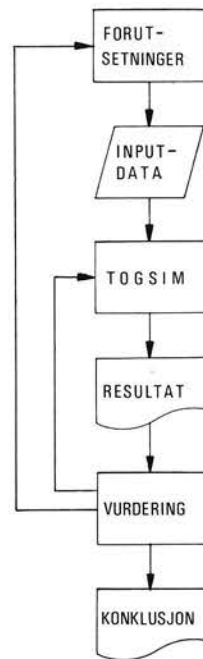
For godstogene viser foretatte registreringer en tilsvarende situasjon. På Dovrebanen var i utvalgte perioder i 1974 og 1975 mer enn halvparten av godstogene forsinket når de nådde frem til endestasjonene.

Av andre praktiske problemer kan vi nevne spørsmålet om dimensjonering av matestasjonene for elektrisk bane-drift, det vil si størrelse og plassering av omformeraggregatene. Spesielt dersom godstogstørrelsen øker og vi får raske persontog, må muligheten for uttak av høye elektriske effekter forbedres. I tillegg til matestasjonenes ytelse er det også aktuelt å investere i utstyr som kan heve kontaktlednings-spenningen under store belastninger av f.eks. BM69 eller EL16.

Et annet moment som har betydning både for dimensjonering av matestasjoner og for spørsmålet om utgifter til elektrisk strøm, er hvorvidt ruteopplegget kan utformes slik at vi kan unngå at flere tog på samme tid skal ha mye strøm. Dersom ruteopplegget er slik at to store godstog samtidig er på vei opp stigningene forbi Dombås, vil matestasjonen måtte levere strøm til begge tog. Ved at tog nr. 2 venter på Dovre til tog nr. 1 har passert Fokstua, kan matestasjonen på Dombås gis en jevnere utnyttelse. Dette medfører at vi unngår overbelastning og at strømregningen blir mindre.

Simulering

Problemene ovenfor er komplekse. Mange faktorer virker inn og gjør at systemene blir vanskelig overskuelige. Det betyr at for planleggeren er det svært komplisert å forutsi hvorledes systemet vil oppføre seg dersom det foretas en endring. F.eks. vil en økning av godstogstørrelsen medføre at hvert enkelt tog har behov for større elektrisk effekt. Samtidig kan antallet tog begrenses, men spørsmålet er om reduksjonen i togantallet fører til at



Figur 1. Fremgangsmåte ved bruk av TOGSIM for å vurdere alternative forutsetninger.

sannsynligheten for overbelastning av matestasjonene blir mindre enn i dag når hvert tog har større effektbehov.

Når systemene blir komplekse eller når målformuleringene vanskeliggjør bruk av andre optimaliseringsmetoder, kan simulering være et nyttig hjelpemiddel. Simulering innebærer at man lager en EDB-modell som søker å etterlikne (simulere) de vesentligste egenskaper ved det system som analyseres. Ved hjelp av modellen kan man så gjennomføre eksperimenter til belysning av de aktuelle problemstillinger. Sagt på en annen måte tillater simulering konsekvensberegning av ulike handlingsalternativer for et komplekst system i et miljø preget av tilfeldige hendelser.

For å løse NSB's problemer er det derfor utviklet en simuleringsmodell for togfremføring på enkeltsporede banestrekninger. Denne modellen inneholder også en elektrodel som gjør det mulig å undersøke virkningen av ulike elektrotekniske anlegg. Simuleringsmodellen har fått betegnelsen TOGSIM.

Figur 1 viser den fremgangsmåten som benyttes ved bruk av simuleringen (og i prinsippet ved bruk av hvilken som helst vitenskapelig eksperimentell teknikk.)

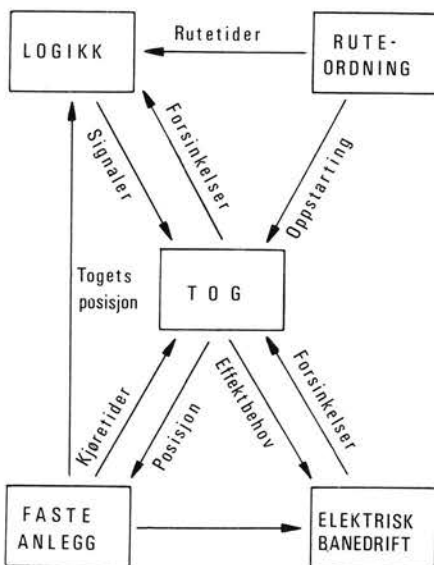
Simuleringen gir svar på gitte spørsmål av typen «Dersom vi gjør dette, hva blir resultatet?». Man får altså ingen optimal løsning for det gitte problem slik man gjør ved visse analytiske metoder. I simuleringen blir det alltid mennesker som styrer søkeprosessen mot en god løsning.

Det første trinnet er valg av forutsetninger. Det betyr konkret at strekningen må spesifiseres, både m.h.p. stasjoner (kryssingsporenes plassering, antall og lengder), sikrings- og signalanlegg, banedata (hastighetsbegrensinger, stigning og fall), strømforsyningsanlegg (matestasjoner og kontaktledning). Videre må det velges hvilken ruteordning som skal brukes og hva slags tog som skal kjøres, f.eks. type trekkaggregat og normal lengde og masse for de enkelte tog. Det er naturlig at personer med kompetanse i driftsteknikk eller andre jernbanefag står sentralt i arbeidet med å velge forutsetninger.

Det neste trinn i prosedyren består i å spesifisere inputdata til modellen. Her vil spesialister på modellbygging-/operasjonsanalyse ha en noe mer sentral oppgave. Foruten den mer trivielle oppgave å «oversette» forutsetningene til et språk som kan forstås av datamaskinen, er det en rekke sentrale egenskaper ved jernbanesystemet som må kartlegges og spesifiseres. De viktigste faktorene er av tilfeldig natur og krever derfor formulering av stokastiske (sannsynlighetsteoretiske) modeller.

Modell for startforsinkelse og behandlingstid på stasjonene for hvert tog beskrives ved middelerverdier og standardavvik (mål for daglige variasjoner). Modell for variasjoner i togstørrelsen beskrives på grunnlag av et utvalg med erfaringsmessige fordelingsfunksjoner, som tar hensyn til sammenhengen mellom tog lengde og -masse. Togenes kjøretider og effektbehov på ethvert punkt mellom stasjonene beregnes på forhånd for endel karakteristiske tog. NSB's kjøretidsberegningsprogram inngår som et hjelpemiddel ved beregning av disse størrelser.

Når alle forutsetninger er valgt, alle stokastiske modeller er spesifisert og testet og kjøretidsberegninger er utført for alle aktuelle togslag, kan simuleringen begynne. TOGSIM beregner hvor-



Figur 2. Togfremføringsdelen i TOGSIM. Delene i simuleringssystemet.

ledes trafikkavviklingen faktisk foregår. Likeledes beregnes belastningen på de elektrotekniske anlegg ved den samme trafikkavviklingen.

Resultatene vurderes, først av modellspesialistene som kan uttale seg om hvor realistiske simuleringen er og hvor sikre de enkelte resultatene er. Dersom simuleringen ikke holder mål må den muligens utføres på nytt, eller det kan være tilstrekkelig å gjennomføre nye statistiske analyser av resultatene.

Når resultatene er representative og i en oversiktlig form, bringes de personer som valgte forutsetningene inn i bildet igjen og overtar vurderingen. Alt avhengig av hvilke krav som stilles til trafikkavviklingen, kan simuleringen gjentas under endrede forutsetninger. Simuleringsresultatene rettleider ved valg av nye forutsetninger som f.eks. justering av ruteplanen, forlengelse av bestemte kryssingsspor eller innstallering av et større omformeraggregat i en matestasjon.

Etter én eller flere runder med simuleringseksperimenter kommer man frem til et resultat som tilfredsstillende kravene til trafikkavvikling. Den konklusjon som presenteres går egentlig mer på forutsetninger enn på simuleringresultater: Vi har funnet frem til en systemutforming som vi har grunn til å regne med skal gi en tilfredsstillende trafikkavvikling.

TOGSIM

Togfremføringsdelen

Formålet med modellen er å kunne simulere togfremføringen på en jernbanestrekning under mest mulig realistiske forhold. Det vil si at det er nødvendig å ta hensyn til en rekke av de faktorer som vanligvis påvirker toggangen og medfører at togene blir forsinket.

En del av disse påvirkninger er interne, det vil si at de er bestemt ut ifra tilstanden i jernbanesystemet selv. Kryssingsforsinkelser og forsinkelser på grunn av spenningsfall på den elektriske kontaktledningen er eksempler på interne påvirkninger.

Disse påvirkninger *beregnes* i hvert enkelt tilfelle i modellen ut ifra den aktuelle tilstanden i togfremføringssystemet.

Andre påvirkninger som f.eks. behandlingstider ved stasjonsopphold, er eksterne og skapes av forhold utenfor modellen. Disse påvirkninger beskrives ofte i modellen ved prosesser av statistisk natur. Innholdet av simuleringssystemet er bestemt ut ifra det valgte skillet mellom interne og eksterne påvirkninger.

For å kunne forklare modellen, vil vi ta utgangspunkt i en beskrivelse av hva simuleringssystemet inneholder og hvorledes de enkelte delene i modellen samarbeider (se figur 2.)

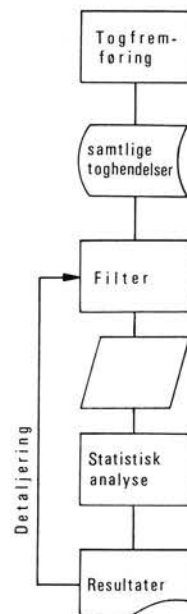
- *Tog* beskriver de gods- og persontog som trafikkerer jernbanestrekningen. Togenes bevegelse styres av signaler i sikringsanlegg/CTC, og fremføringen mellom stasjonene bestemmes av tilstanden i anlegget for elektrisk banedrift.
- *Logikk* representerer styringsfunksjonene, både de manuelle (som f.eks. togleder) og de automatiske (som sikringsanlegg og CTC). Denne delmodell forsøker å minimalisere forsinkelsene.
- *Faste anlegg* beskriver banestrekningen med stasjoner. Togenes kjøretider avhenger bl.a. av de faste baneparametre som hastighetsbegrensninger, stigning, fall osv.
- *Elektrisk banedrift* beskriver de deler av togfremføringssystemet hvor togene virker på hverandre elektrisk (f.eks. ved å skape spenningsfall på kontaktledningen). Denne delmodell inneholder elektrisk del av tog, kontaktledningsanlegg og matestasjoner.

- *Ruteordning* representerer en ønsket trafikkavvikling. Ruteordningen kan oppfattes som pådraget i togfremføringen. Simuleringsmodellen undersøker hvor store avvik som kan forventes fra en ønsket ruteordning.

Basis for simuleringssystemet er faste anlegg. Alle aktuelle linjestrekninger, stasjoner og signalplasseringer er representert. Togene blir introdusert på sine utgangsstasjoner til det tidspunkt som er definert i togenes ruter. Ved oppstartning av togene tas det hensyn til eventuelle startforsinkelser.

Hvert tog «beveger seg» i modellen ved å kjøre over en banestrekning fra stasjon til stasjon mest mulig etter rutene. På stasjoner med rutemessig opphold blir behandlingstiden bestemt ut ifra en statistisk fordeling som er beregnet utifra de faktiske forhold. Behandlingstiden kan bli så lang at toget forsinkes. Forsinkelser oppstår også ved kjøring mellom stasjonene, når anlegg for elektrisk banedrift overbelastes.

Kjøretiden mellom stasjonene beregnes ut ifra togets lengde, masse og trekraft. Når toget er lett, kan den faktiske kjøretiden reduseres i forhold til det rutemessige. Dersom toget er særlig tungt, kan kjøretiden bli forlenget, samtidig som risikoen for overbelastning av strømforsyningssystemet



Figur 3. Statistikkdelen i TOGSIM

øker. Togets størrelse bestemmes ut ifra empiriske fordelinger for hvert tog. Masse og lengde beregnes på utgangsstasjonen, og ellers på hver stasjon hvor togstørrelsen skal endres.

Forsinkelsene kan akkumuleres og bli så store at det er hensiktsmessig å flytte kryssinger til en annen stasjon enn de rutemessige kryssingsstasjonene. Denne situasjon oppdages av delmodellen *logikk*. Samtidig beregner *logikk* hvilken ny kryssingsstasjon som gir minst samlet forsinkelse. Ved beregningen tas det hensyn til togenes prioriteter, slik at de høyt prioriterte tog påføres minst mulig forsinkelser. Ved valg av kryssingsstasjon er det også nødvendig å ta hensyn til kryssingssporenes lengder i forhold til de aktuelle togstørrelser.

I modellen opererer et vilkårlig antall tog samtidig. På hver blokkstrekning kan det være maksimalt ett tog, og på hver stasjon maksimalt ett tog på hvert spor. Oppholdstiden på en stasjon er bestemt av behandlingstiden, men slik at avgang ikke kan skje før rutemessig avgang eller før blokkstrekningen utenfor stasjonen er klar og eventuelle fiendtlige togveier på stasjonen utløst (f.eks. ved magasinert kryssing ved bruk av CTC). Tog kan også stoppe ikke-rutemessig på en hvilken som helst stasjon dersom kryssing skal utføres. Ingen behandlingstid beregnes da. Den rekkefølge togveier skal legges i på en stasjon, beregnes av *logikk*, som også holder rede på tidspunktene for togveiutløsning.

Statistikkdelen

Ved hver stasjonspassering samles for hvert tog informasjon om forsinkelsens størrelse (ved passering eller ved ankomst og avgang). Denne informasjon benyttes som input til den del av simuleringsmodellen hvor all statistikk beregnes. På tilsvarende vis samles det opp informasjon om tilstanden i anlegg for elektrisk banedrift, f.eks. spenning i kontaktledning og effektuttak fra matestasjonene.

Statistikkdelen filtrerer, ordner og presenterer simuleringsresultatene. Alle registreringene benyttes ikke i første omgang, bare en del nøkkelobservasjoner presenteres for å skaffe oversikt. Dersom interessante ting observeres, kan mer detaljerte resultater fremskaffes ved hjelp av statistikkdelen. Figur 3 viser oppbyggingen av sta-

TILLEGGSFORSINKELSER I MINUTTER VED AVGANG			
KJØRERETNING: TIL OSLO			
ANTALL TOG: 10			
TOG NR	TRØ- DOM	DOM- HAM	HAM- LILLES
5252		1.3	3.0
5272			6.8
5282		3.6	21.6
5284		-5.0	
5702		-3.5	16.0
5704	3.3	33.2	35.1
5706	-5.8	6.0	18.2
5708	14.6	10.1	-4.5
5710	-16.5	-1.0	9.9
5716			17.8
MIDDEL	-1.1	5.6	14.0

Figur 4. Eksempel på simuleringsresultater. Tilleggsforsinkelser for godstog sørover på Dovrebanen.

tistikkdelen. Det er verdt å merke seg at statistikkdelen kan filtrere og hente frem nye data uten at togfremføringsdelen av TOGSIM må settes igang pånytt.

Vi skal se litt nærmere på hvilke resultater som TOGSIM kan presentere. Vi forutsetter først at én enkelt simulering består av trafikk over flere døgn, slik at ett og samme tog (samme tognr.) opptrer flere ganger. Gjennomsnittlig forsinkelse for et bestemt tog (f.eks. tog 5703) på en bestemt stasjon (f.eks. ved avgang fra Hamar) har derfor mening. Likeså vil de «daglige» variasjoner i forsinkelsen for 5703 ved avgang fra Hamar ha mening, og vil kunne uttrykkes ved standardavviket.

Ved siden av størrelsen på forsinkelsen er det interessant å se på hvorledes forsinkelsen endrer seg over en strekning. Figur 4 viser en presentasjon av tilleggsforsinkelser på strekningen fra Trondheim til Oslo.

Negative tall svarer til at forsinkelser kjøres inn. For eksempel viser tabellen at tog 5710 i gjennomsnitt kjører inn 16 minutter på strekninger fra Trondheim til Dombås. Tilsvarende tabeller hvor man finner de absolutte forsinkelsene vil også bli skrevet ut. Man kan

videre få angitt hvilken usikkerhet (spredning) som er knyttet til tallene.

Tilleggsforsinkelse kan oppstå enten av ytre forhold (lange stasjonsopphold), lav kontaktledningspenning eller ved forplantning av forsinkelse fra andre tog. Dersom et tog er blitt forsinket, kan ofte hele eller deler av forsinkelsen kjøres inn igjen. Imidlertid kan det også hende at toget blir ytterligere forsinket på etterfølgende strekninger siden avvik fra ruteordningen generelt skaper forstyrrelse. Denne siste effekten må antas å bli sterkere etter hvert som man øker trafikken. For å finne et kvantitativt uttrykk for sammenhengen mellom et togs forsinkelse på en stasjon og togets tilleggsforsinkelser på de etterfølgende strekninger, beregner man korrelasjonskoeffisienten.

Tallområdet for korrelasjonskoeffisienten, h , er:

Dersom $h = 0$, finnes det ingen avhengighet mellom forsinkelsen på den gitte stasjon og tilleggsforsinkelsen på den gitte strekning. Dersom h er nær 1, betyr det at dess mer et tog er forsinket på den gitte stasjon, dess større tilleggsforsinkelse vil det få på den gitte strekning. Dersom h er negativ, vil det si at man kjører inn forsinkelse på den aktuelle strekning.

Figur 5 presenterer et eksempel på sammenheng mellom forsinkelser og etterfølgende tilleggsforsinkelser. Av tabellen ser man at tog som er forsin-

ket i Trondheim, i betydelig grad kjører inn forsinkelse mellom Trondheim og Dombås (korrelasjonskoeffisient – 0,63. De andre korrelasjonskoeffisientene er så små i tallverdi at man ikke kan konstatere noen sammenheng.

Når det gjelder strømforsyningen ønsker man å finne

- hvilke matestasjoner er underdimensjonert
- hvor det er nødvendig med nye matestasjoner eller andre tiltak for å heve kontaktledningsspenningen
- hvordan ruteplanene kan endres for å gi bedre tilpassing til kraftforsyningen.

Til hjelp i disse vurderingene kan man få en del utskrifter hvorav de viktigste er:

- oversikt over energiuttak på en matestasjon fordelt over døgnet i timesintervaller
- registreringer av spenning under en gitt grense f.eks. 12 kV, og hvor på strekningen dette har funnet sted.

Test av modellen

Om testing

Ovenfor har vi beskrevet TOGSIM og den fremgangsmåte som benyttes ved simuleringer. Prosjektarbeidet har vært konsentrert om dette utviklingsarbeidet, som vi forøvrig ikke vil gå nærmere inn på; med ett unntak: testarbeidet. Testingen er gjennomført for TOGSIM brukt på Dovrebanen mellom Lillestrøm og Trondheim.

Formålet med å teste en modell, er å kunne bekrefte at modellen og virkeligheten samsvarer i rimelig grad. Der-

som det er uakseptable avvik, ønsker vi å avsløre feilene i modellen. Hensikten med testarbeidet er derfor å gi modellen utsagnskraft når det gjelder å forutsi oppførselen til virkeligheten.

Både for driftsstatistikken og elektrostatiske er det verdt å nevne at resultatbehandlingen ikke spesielt må knyttes til simuleringsmodellen, men at programmene like godt kan benyttes til analyse av det man observerer i en faktisk driftssituasjon.

Stadiene i modellutviklingen er vist i figur 6. Fra virkelighetens mangfoldighet av tenkelige faktorer har vi gått veien om en presis verbal systembeskrivelse via en modellbeskrivelse i fagterminologi frem til en generell togfremføringsmodell skrevet i simuleringsspråket SIMULA («Simuleringsprogram» i figuren). Sammen med data som beskriver Dovrebanen med tilhørende trafikk («Datainnsamling» i figuren), kan den generelle modell puttes inn i EDB-maskinen. Dermed vil modellen etterlikne eller simulere togfremføringen på Dovrebanen.

I og med gangen i utviklingsarbeidet har vi sørget for at modellen er en avbildning av virkeligheten. De stiplede linjer i figur 6 illustrerer denne utviklingsprosessen. De heltrukne enkle pilene markerer de tester som er utført for å kontrollere de enkelte trinn i arbeidet. Disse tester er altså først og fremst

Figur 5. Eksempel på simuleringsresultater. Sammenheng mellom forsinkelse på en stasjon, og tilleggssforsinkelse på etterfølgende strekninger. Godstog sørover på Dovrebanen

```
SAMMENHENG MELLOM FORSINKELSER VED AVGANG PÅ EN STASJON OG
TILLEGGSFORSINKELSER PÅ ETTERFØLGENDE STREKNINGER
10 TOG: 5252 5272 5292 5284 5702 5704 5706 5708 5710 06 5716
KJØRERETNING: TIL OSLO
```

STREKNING			
FRA	TRO-	DOM-	HAM-
	DOM	HAM	LILLES
TRO	-0.63	-0.20	0.09
DOM		-0.14	-0.18
HAM			0.19

```
POSITIVE TALL SVARER TIL TILLEGGSFORSINKELSE, MENS
NEGATIVE TALL SVARER TIL INNKJØRING AV FORSINKELSE
```

```
TALL N#R NULL ANGIR LITEN ELLER INGEN AVHENGIGHET
MELLOM OPPRINNELIG FORSINKELSE OG TILLEGGSFORSINKELSE PÅ DEN
AKTUELLE STREKNING, MENS
TALL N#R 1 I TALLVERDI ANGIR STOR AVHENGIGHET
```

et hjelpemiddel for modellutviklerne til å sannsynliggjøre at modellen simulerer det den forventes å simulere.

Som en sluttkontroll av produktet utføres en totaltest, vist ved dobbel pil på figur 6. Totaltesten omfatter alle deler av modellen, og utføres ved direkte sammenlikning av data hentet fra virkeligheten og data produsert av modellen. Det er også viktig at totaltesten utformes slik at testresultatet kan benyttes av aktuelle brukere når de skal vurdere hvor realistisk modellen er. Derfor hadde vi i denne slutttesten satt oss som mål å sammenlikne det driftsmønster som modellen gir med det driftsmønster man reelt har. Det er viktig at modellen opererer under de samme forutsetninger som man har i virkeligheten, slik at driftsmønstrene blir sammenliknbare. Driftsmønstret blir representert ved en beskrivelse av toggangen (inklusive forsinkelser) og energiuttak i omformerstasjonene.

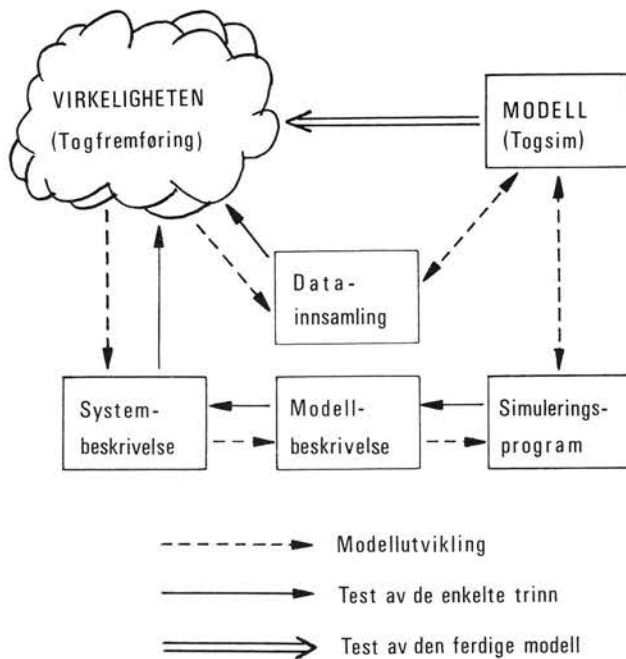
Ved totaltesten anvendes to forskjellige testmetoder. For å undersøke om modellen avviker for meget fra virkeligheten anvendes hypotestprøving. I denne forbindelse benyttes modellens nøyaktighetskrav, og vi ønsker, ved statistisk sammenlikning av data-serier fra modell og virkelighet, å avsløre en modell som ikke oppfyller disse krav.

Den andre metode baserer seg på å la aktuelle brukere vurdere modellens driftsmønster mot det virkelig driftsmønster. Til denne test benyttes en metode kjent som Turing Test. Metoden beskriver en fremgangsmåte for å behandle de vurderinger en rekke forsøkspersoner foretar av simuleringsresultater og kontrollresultater fra virkeligheten.

Modellens nøyaktighet

De sentrale nøyaktighetskrav til TOGSIM ble formulert ved oppstartingen av prosjektet og har vært normgivende ved utforming av modellen:

«I den totale simuleringsmodell skal trafikkavviklingen i gjennomsnitt samsvare med den virkelige gjennomsnittlige trafikkavvikling. Ved registrering av forsinkelser i modellen, kan avviket fra det som observeres i virkeligheten i inntil 10% av tilfellene være større enn 5 minutter. Videre skal det for en potensiell bruker med kompetanse i jernbanedrift ikke være mulig å skjelve de



Figur 6. Stadier i modellutviklingen. Hvert trinn i utviklingen må testes, og til slutt må den ferdige modell testes mot virkeligheten.

beregnete forløp av togfremføringen fra de virkelige forløp.

For elektrodelen legges følgende nøyaktighetskrav til grunn:

- Energiforbruket målt i matestasjoner må kunne beregnes med nøyaktighet på $\pm 10\%$.
- Effektuttaket må kunne beregnes med en toleranse på ± 250 kW på toppbelastning målt over en 3-minutters periode.
- Spenningen i belastningspunktene må kunne beregnes med en nøyaktighet på ± 250 V.
- Strømstyrken må kunne beregnes med en toleranse på ± 25 A.»

Testarbeidet

Under testingen har en rekke delmodeller måttet revurderes og formuleres på nytt. Spesielt problematisk har det vært å utvikle en tilstrekkelig god modell for å beskrive de kriterier som brukes til prioritering av tog ved omlegging av kryssinger. Videre har fordelingen for startforsinkelser vært problematisk fordi bl.a. sterke sesongvariasjoner gjør seg gjeldende, spesielt for godstog.

Totaltesten av simuleringsmodellen har gått ut på å sammenlikne simulerte trafikkforløp med virkelige trafikkforløp. Testdata er samlet inn ved registrering av forsinkelsene for alle tog på stasjonene Lillestrøm, Eidsvoll, Hamar, Lillehammer, Otta, Dombås, Støren og

Trondheim i tiden fra 10. til 23. februar 1975. Simuleringen omfatter sammenhengende beregning av trafikkavviklingen over vanlige ukedager.

Forsinkelsene til hvert enkelt tog er registrert på teststasjonene. Hvert tog er således registrert 5 ganger i simuleringen på hver teststasjon. For hvert tog og hver teststasjon er det deretter undersøkt om gjennomsnittlig forsinkelse avviker mer enn 2 minutter fra den faktiske, gjennomsnittlige forsinkelse for samme tog på samme stasjon. Ved testen er det satt toleransekrav på 2 istedet for 5 minutter. Dette gir en vesentlig strengere test enn forutsatt.

Lokaltogene Lillestrøm – Eidsvoll og Trondheim – Støren inngår ikke i testen.

Resultatene viser at i bare 17 av 190 tilfeller (9%) er det grunn til å anta at avviket er større enn 2 minutter. Av de i alt 31 tog som inngår i testen, har 6 tog på en eller flere stasjoner underveis en gjennomsnittlig forsinkelse som avviker mer enn 2 minutter fra den målte, registrerte forsinkelse.

Av testen kan vi, når det gjelder driftssiden, trekke den konklusjon at det ikke er noen grunn til å påstå at modellen avviker fra virkeligheten mer enn vi ifølge nøyaktighetskravene kan tolerere.

Det er viktig i denne forbindelse å gjøre oppmerksom på at det aldri er noe realistisk mål å konstruere en modell slik at man kan påstå at den er riktig. En slik påstand vil aldri kunne la seg teste, fordi både modell og virkelighet inneholder elementer av tilfeldig

natur. Det vi ønsker å begrunne, er at modellen er rimelig. Det vil si at vi ønsker å gardere oss mot at modellen skal kunne gi store feilresultater, og det er derfor dette vi har testet.

For å kunne teste delmodellen for elektrisk banedrift, er data om energiforbruk for matestasjonene Fron og Dombås i perioden 10.–16.2.75 og 21.–27.4.75 samlet inn. Ved sammenlikning med resultatene fra simuleringsforsøkene, viste det seg at modellen på disse matestasjoner beregner et energiforbruk som er 15% for høyt. Etter korreksjon av dette systematiske avvik, kan man konkludere med at modellen for de testede matestasjoner tilfredsstillende krav om nøyaktighet ved beregning av energiforbruk. De øvrige nøyaktighetskrav til elektrodelen har ikke foreløpig latt seg teste, fordi det ikke har vært praktisk mulig å innhente tilstrekkelig nøyaktige data fra virkeligheten.

Når det gjelder modellens beregning av spennings- og effektfordeling på kontaktledningsanlegget, er det spesielt verifisert at modellen tilfredsstillende kravene til beregningsnøyaktighet, men da i forhold til effekt- og spenningsfordeling beregnet ved analytiske metoder. Det er derfor grunn til å anta at det eksisterer uøyaktigheter i inputdata for elektrisk effekt- og energibehov:

- kjøretidsberegningen gir for høyt effektbehov
- trekkaggregatets virkningsgrad og effektfaktor er for usikre
- faseforskyvningen kan være for stor (strøm/spenning) i ledningsnettet.

Testing av disse faktorene bør foretas av elektroavdelingen (f.eks. ved bruk av målevogn) før simuleringsmodellen tas i bruk til undersøkelse av kraftforsyningsanleggene.

På bakgrunn av styringskomitéens behandling av sluttrapporten for prosjektet, januar 1977, har vi også gjennomført den brukertest som vi opprinnelig ved avslutningen av prosjektet hadde vurdert som ikke nødvendig. I tillegg til den vurdering som var foretatt av driftskyndige deltakere i prosjektet, lot vi derfor modellens resultater teste av personale med driftskompetanse. Disse personer kom fra Oslo og Hamar distrikter samt fra Hovedadministrasjonen.

Til gjennomføring av testen benyttet vi data for testperioden 10.–24. februar 1975, både virkelige data og simulerte data. Vi beskrev ulike driftssituasjoner over ett døgn ved å liste opp passeringstider for 22 tog på inntil 9 stasjoner. Hver driftssituasjon er en del av et driftsmønster som strekker seg over en lengere periode. Hver deltaker i testen fikk utlevert beskrivelse av to driftssituasjoner, og ble bedt om å vurdere hvilke var hentet fra virkeligheten og hvilke var simulert. I alt ble det benyttet 5 virkelige og 4 simulerte driftssituasjoner, og hver deltaker fikk to tilfeldig uttrukne av disse.

Formålet med testen er å finne ut om det er rimelig å anta at simuleringsmodellen gir en tilfredsstillende representasjon av virkeligheten. Dersom det i vesentlig flere enn halvparten av tilfellene er mulig å avgjøre om en driftssituasjon er simulert eller virkelig, er en slik antakelse ikke rimelig.

Av de 34 vurderingene som de 17 deltakerne i testen foretok, viste det seg at halvparten var riktige. Det vil si at i 17 tilfelle var driftssituasjonen vurdert som virkelig når den faktisk var virkelig eller vurdert som simulert når den faktisk var simulert. De andre 17 vurderingene var feilaktige. Dette resultatet viser at det ut i fra driftsmessig erfaring ikke er mulig å skjelve de simulerte resultater fra de virkelige.

Bruk av modellen

I tillegg til utvikling og uttesting av TOGSIM har prosjektgruppen også gjennomført simuleringseksperimenter for å bidra med løsning av problemet omkring fremtidige godstogstørrelser og norm for kryssingssporlengden. Som objekt for undersøkelsen er valgt Dovrebanen, hvor det av Rutekontoret er utarbeidet ruteordninger under alternative forutsetninger om fremtidig trafikkvekst og togstørrelse, i alt 4 alternativer.

Resultatene viser at dersom vi bygger ut kryssingssporene til de normerte lengder vil vi kunne foreta bortimot en fordobling av godstrafikken. Både med en togstørrelse på 80 aksler (EL14 eller tilsvarende), 550 m kryssingsspor og med 100 aksler (trekkaggregat som er 40% større enn EL14), 650 m kryssingsspor, vil vi kunne få en akseptabel trafikkavvikling.

Simuleringene viser at ingen alternativer medfører at forsinkelsene blir større enn de er i dag, og heller ikke at noe alternativ skiller seg ut fra de andre med hensyn til forsinkelsene.

Selv om resultatene kan synes noe overraskende, har de rimelige forklaringer. En økning av togantallet er i ruteordningen ikke innarbeidet som en vesentlig økning av togfrekvensen i løpet av natten. Dette har sammenheng med at den maksimale timekapasitet for skiftestasjonene Alnabru og Trondheim er forutsatt lik i alle alternativer, og en økning i togantallet må derfor gjennomføres ved å forlenge perioden som benyttes til å sende/motta tog.

Ved å endre forutsetningene om skiftestasjonskapasitet kan det utarbeides nye ruteopplegg som setter nye krav til kryssingskapasiteten på strekningen. Det er sannsynlig at forsinkelsene ville være forskjellige i de 4 alternativer med disse endringer i forutsetningene. Dette er imidlertid ikke undersøkt fordi det er vurdert som naturlig først å undersøke hvorledes man kan øke skiftestasjonskapasiteten for å gjennomføre trafikkøkninger av den størrelsesorden det her er tale om.

At kryssingskapasiteten egentlig ikke er den begrensende faktor for godstrafikken på Dovrebanen, illustreres også av simuleringresultatene for nordgående godstog. Dersom vi forsøker å benytte forsinkelser som mål for «manglende kapasitet», viser det seg at togenes startforsinkelse dominerer fullstendig over de forsinkelser som togene påføres underveis. Resultatene kan naturlig nok tyde på at selv om vi bygger alle kryssingspor lange nok, vil vi ikke kunne hindre togforsinkelser dersom godstogene er forsinket fra utgangsstasjonen.

I tillegg til de simuleringer som er utført innen utviklingsprosjektet, er TOGSIM tatt i bruk i FOU-prosjektet «Kapasitetsutbygging på nærtrafikkstrekninger». Modellen benyttes på strekningen Lillestrøm – Eidsvoll til å lokalisere flaskehalsen både i ruteopplegg og på strekningen. TOGSIM gjør det mulig å eksperimentere med ruteopplegget og undersøke hvorledes man kan påvirke forsinkelsesmønsteret på strekningen. Særlig er bruk av simulering aktuelt for å kunne vurdere de nye ruteopplegg som blir gjennomført ved

åpningen av tunnelstrekningen mellom Oslo S og Skøyen.

Av andre aktuelle oppgaver hvor TOGSIM kan være et hjelpemiddel, vil vi peke på:

- Utbyggingsplan for kryssingsspor. Ved realisering av en norm for kryssingssporlengder er det neppe realistisk å bygge ut alle spor på en gang. Ved simuleringseksperimenter fastlegges det hvilken betydning utbyggingen av hvert enkelt kryssingsspor (evt. nybygget) har for driftsavviklingen.
- Utformingen av kontaktledningsanlegg og lokaliseringen av matestasjoner kan undersøkes for alternative trafikkopplegg.
- Konsekvensene i togfremføringen av nytt trekkraftmaterieil kan finnes ved hjelp av simuleringmodellen. Dette gjelder både for drift- og elektrosiden. Spesielt er det ønskelig å undersøke konsekvensene av nytt materieil kombinert med hastighetsøkninger. Ny teknikk gjør det mulig å belaste trekkaggregatene med vesentlig større effektuttak, f.eks. vil EL 16 ved 120 km/h kunne ta ut ca. 60% større effekt (varig) enn EL 14 kan.
- Økning av akseltrykket kan gi kortere men tyngre tog. Dette vil være positivt med henblikk på kryssinger, men kan gi problemer for kraftforsyningen. TOGSIM kan brukes til å finne konsekvensene.

Trafikkøkningen og de kapasitetssøkende tiltak følges opp ved at rutene endres for hver rutetermin. TOGSIM kan benyttes til testing av et ønsket ruteopplegg, evt. alternative opplegg, for en ruteendring gjennomføres. I ruteplanleggingsarbeidet kan modellen benyttes til

- Beregning av sannsynlige forsinkelser i den nye ruteordning.
- Beregning av kapasitetsutnyttelse i strømforsyningsanleggene. Særlig viktig er det å kunne forutsi overbelastninger, slik at togrutene kan tilpasses kapasiteten i anlegget.
- Ved innføring av nye tog er det viktig at det nye ruteleie er tilpasset de krav som markedet stiller. TOGSIM benyttes til å undersøke om de faste anlegg for togframføring har tilstrekkelig kapasitet til de aktuelle tider.

Ny type dører på personvogner

Av overingeniør Nils Eckhoff



Inngangspartiet på eldre personvogner med de utvendige høye og bratte stigrinn har vært til ulempe for mange reisende som er dårlig til bens. Videre har inngangsdøren sett fra et rengjøringspunkt vært uheldig plassert, idet den ligger tilbaketrunket i forhold til vognveggen slik at den ikke blir behandlet når togsettet passerer gjennom vognvaskemaskinen.

For noen år siden gikk en del melomeuropeiske jernbaneforvaltninger sammen om å bygge en serie på i alt 500 personvogner, de såkalte Eurofimavogner. Disse ble utstyrt med et nytt inngangsparti hvor døren i lukket stilling ligger i plan med vognveggen, og stigrinnene er omgjort til en bekvem trapp på innsiden av døren. Når døren åpnes, svinger den først skrått ut av dørkarmen og beveger seg derpå som en vanlig skyvedør langs utsiden av vognveggen. Det tyske firma Gebr. Bode & Co leverte dette dørsystem til alle de 500 Eurofima-vognene. Da NSB noe senere planla byggingen av de 20 nye B5 og A3-vogner til Bergensbanens ekspressstog, ble disse dører valgt også her.

Betjeningen av dørene foregår ved hjelp av et meget avansert elektropneumatisk system, som har følgende funksjoner:

– Åpning av dørene fra innsiden eller utsiden foregår normalt ved å bevege håndtaket, og en innebygget mi-

krobryter gir impuls til en magnetventil, som igjen gir trykkluft til en sylinder, som så skyver døren opp. Er strøm eller trykkluft falt ut, kan døren åpnes for hånd som en vanlig skyvedør.

- Lukking av dørene kan ved togavgang fra stasjon skje ved fjernstyring, idet konduktøren med sin nøkkel betjener en hvilken som helst av de bryterne som er anbragt ved alle dører i alle de nye vogner. Via den 12-polede manøvrerstrømkabel som går gjennom toget, gis derved impuls til lukkemekanismen ved samtlige dører. Enkeltvis kan dørene lukkes ved hjelp av en trykknapp på veggen nær døren inne i plattformen.
- I lukket stilling er dørene også forriglet med en mekanisk dørlås anbragt i dørkarmen ved dørens bakkant. Denne lås har to trinn, «halvlås» og «hel-lås» på samme måte som «Kiekertlåsen» på de hengslede plattformdører av gammel type.
- Automatisk lukking av åpentstående dører skjer når toget kommer opp i en hastighet av 5 km/h, idet en frekvensgiver på en vognaksel gir impuls til lukkemekanismen. Samtidig blir det innvendige dørhåndtak kop-

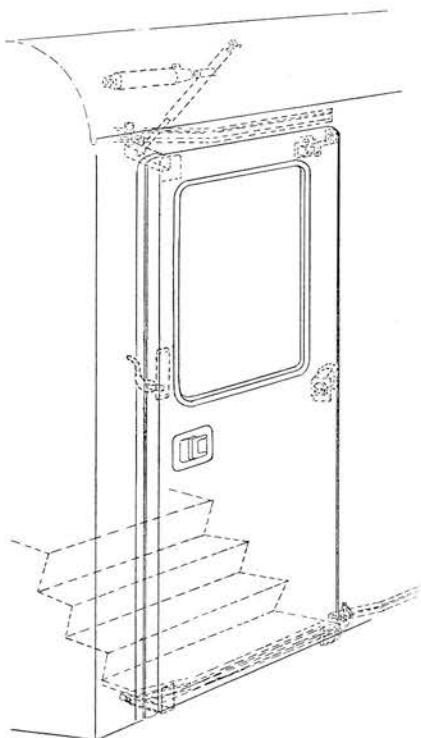
let ut av inngrep, slik at døren ikke åpnes fra innsiden (men fremdeles fra utsiden) sålenge togets hastighet er over 5 km/h.

- Nødåpning av blokkerte dører ved hastighet over 5 km/h kan skje ved betjening av et plombert nødhåndtak på plattformveggen. Trykkluften på lukkesiden slippes ut og døren kan åpnes for hånd. Samtidig lyder et signal som varsler fare ved åpen dør.
- Dersom døren under lukkebevegelsen støter på motstand i form av en person, en hånd eller lign. i døråpningen, springer den straks opp igjen. En ømfintlig luftslange som er lagt inn i dørens forkant, reagerer på støtet og gir impuls til åpningsylindren. Etter ca. 7 sek. lukker så døren automatisk pånytt.
- Som kontroll på dørlukkingen i den enkelte vogn er det på begge vognsider monteret en blå lampe som skal lyse når en eller flere dører i vognen ikke er kommet helt i lås. Disse lamper styres av en mikrobryter anbrakt i den mekaniske dørlåsen, og slukker ikke før alle 4 dører er kommet i «hel-lås».

Releer m.v. for den elektro-pneumatiske styring av sideutgangsdørene i de to vognender er anbrakt samlet i vognens lysskap henholdsvis varmeskap.

Dessverre har dette avanserte dørsystem voldt endel ulemper for driften i vinter, idet snø og is har blokkert dørbevegelsen. Dørbladet er nemlig oventil og nedentil utstyrt med trinser som løper i foringsskinner festet til vognkassen. Nedentil ligger to slike skinner åpent under vognen, og særlig ved vekslende temperaturforhold – eksempelvis mildvær i Bergen og kulde på høyfjellet – fryser snøen fast til skinnene slik at foringstrinsene ikke makter å bane seg vei. Det blir vanskelig og til dels umulig å åpne dørene, konduktøren får problemer, og i enkelte tilfeller har reisende ikke kommet av ved riktig stasjon. Smøring av foringsskinne med frosthindrende fett og anbringelse av «isbrytere» foran trinsene har hjulpet noe, men ikke nok. Den blå kontrollampen måtte til slutt settes ut av funksjon, da det ømfintlige system fikk lampen til å lyse selv når døren var nesten i «hel-lås».

I samråd med leverandørfirmaet vil det imidlertid nå i løpet av kommende



Prinsippskisse av dørtypen

Nytt fra ORE, LITC m.v.

UIC har fastlagt et revidert arbeidsprogram som på det tekniske området omfatter:

- Utbygging av et nett av hovedlinjer for den internasjonale trafikk med størst mulig ensartede tekniske parametre (hastighet, profil, tillatt aksellast, høydejustering av skinnene osv.)
- Enhetlig utførelse av person- og godsvogner for den internasjonale trafikk med hensyn til
 - selvkostende for hver sitteplass
 - optimalt vedlikehold av vogner og vogndeler
 - tilpassing av vognkonstruksjon til de stadig forandrede trafikkbehov
 - erfaringer med hensyn til prøving av vogner henholdsvis vogndeler i jernbanedrift
 - mulighet for felles anskaffelser.
- Utarbeidelse av grunnprinsipper for en moderne dataoverføring for å sikre nødvendig informasjonsutveksling mellom jernbanene.
- Videreutvikling av sikringsteknikk i den hensikt å senke omkostningene og øke sikkerheten (bruk av elektroniske elementer osv.)
- Standardisering

I denne forbindelse studerer UIC og dets forskningssenter ORE blant annet:

Skinnene

- Anvendelse av stål av spesialkvalitet for fremstilling av skinner

Forts. fra side 21

sommer bli montert nye førings Skinner og trinser av en mer hensiktsmessig form for den nedre dørføring. I tillegg vil de nye skinnene også bli forsynt med elektrisk oppvarming og kledd med isolasjonsmateriale, slik at snøen skal smelte vekk i stedet for å fryse fast.

Samtidig vil det også bli forsøkt å legge inn oppvarming i nedre stigtrinn for å smelte vekk foksne som måtte trenge inn gjennom utette dører.

Innen neste vinter vil således dørsystemet forhåpentlig være befridd for kjedelige barnesykdommer, slik at både de reisende og NSB's driftspersonale vil få full glede av de store fordeler det nye inngangspartiet med automatiske dører og behagelige trappe-trinn virkelig gir.

- Kriterium for godkjennelse av skinnneleggmaskiner ved vedlikehold av skinnegangen (sporet)

Bruer og tunneler

- Ensartet belastning for beregning av jernbanestålbruer
- Personalets sikkerhet ved arbeid i tunneler ved opprettholdelse av driften
- Brems- og akselerasjonskrefter og vekselvirkning mellom skinner og bruer
- tretthetsbrudd i sveiser

Profil

- utarbeidelse av fremtidig profil

Hastighet

- enhetlige vekslere og kryssinger (med 60 kg/m² skinner)
- tilpassing av underbygningen for høye kjørehastigheter og høye aksellaster
- problemer i brubygging og i tunneler ved innføring av høye hastigheter
- bremsebetingelser for tog ved høye hastigheter

Tillatt aksellast

- Rentabiliteten ved øket aksellast fra 20 t til 22 t

Normering av person- og godsvogner

- norm for byggeelementer og komponenter for godsvogner og personvogner
- enhetlig utførelse av inngangsdører, såvel som lukke- og låseanordning
- anvendelse av luftstengekraner med stopp i endestillingene
- standardisering av godsvogner
- standardisering av personvogner
- tillatt belastning av deler i og på personvogner (i en første fase begrenset til deler innvendig i personvogner)
- enhetlig utførelse av elektrisk utrustning av personvogner
- behandling av spørsmål av felles interesse vedrørende utrusting av elektriske lokomotiver
- godkjennelse og vedlikehold av dieselmotorer

- avsporingssikkerhet for godsvogner ved vindskjeve skinner
- sanitære anlegg i personvogner
- tilpassing av godsvogndeler ved forhøyelse av aksellasten fra 20 t til 22 t.

Bestemmelser for dataoverføring

- oppfyllelse av sikkerhetskrav ved anvendelse av elektroniske komponenter i signalteknikken
- anvendelse av tyristorer i jernbaneteknikk. Følger og midler for å unngå forstyrrelser
- informasjonsoverføring i tog
- forstyrrelser i telefon og signalanlegg forårsaket av jernbanedrift
- anvendelse av elektriske komponenter i signalteknikken.

Miljøproblemer

- støybekjempelse ved jernbanen

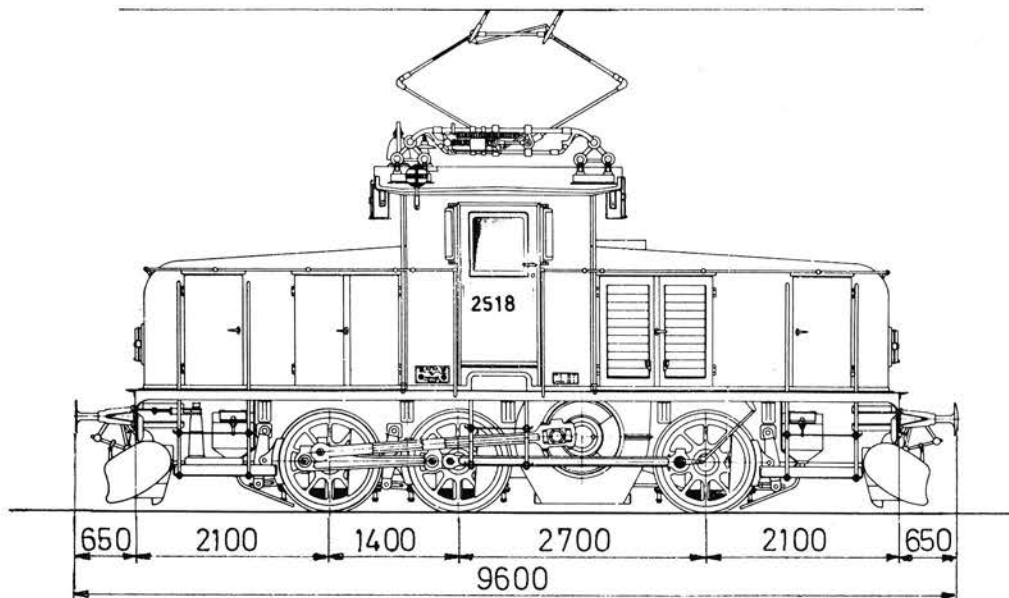
NSB teknikk vil i hvert nummer gi glimt fra ORE og UIC's arbeidsresultater. Man vil denne gang begrense seg til ORE Komité B 140, dannet på initiativ fra de nordiske forvaltninger for å behandle spørsmålet «sanitære installasjoner uten forurensning». Komitéen har nylig fått offentliggjort sin rapport nr. 2 som vurderer de lukkede toalett-systemer som for tiden er tatt i bruk ved jernbanene.

De videre komitéarbeider tar sikte på å presentere rapporter i 1980 vedrørende

- infeksjonsfare
 - problemer i vinterhalvåret
 - tømings- og rengjøringspersonalets arbeidshygiene.
 - og i 1981 vedrørende
 - problemer med tømning i offentlige kloakknett
 - luftforurensning (lukt)
 - kjemikalier (farge) i resirkulert spylevann
 - tekniske leveringsbetingelser.
- Dersom dette program blir overholdt, kan UIC tidligst i 1982 utgi sine anbefalende, eventuelt bindende tekniske leveringsbetingelser for sanitære installasjoner uten forurensning.

Lin – IP – Meu – Eri

EL 10



LOKOMOTIV TYPE EL 10

Antall ved NSB: 17

Hjulanordning: C

Lokomotiv nummer: 2504–2520

Byggeår: 1949–52 for 2504–2517, 1930 for 2518 og 1937 for 2519–20

Fabrikant: A/B Svenska Järnvägsverkstäderna, Falun, ASEA. For 2518–20 kun ASEA

Største hastighet: 45 km/h

Drivhjul diameter: 1100 mm

Strømsystem: 15 kV, 16 2/3 Hz, én-fas

Transformator: Kont. ytelse 645 kVA

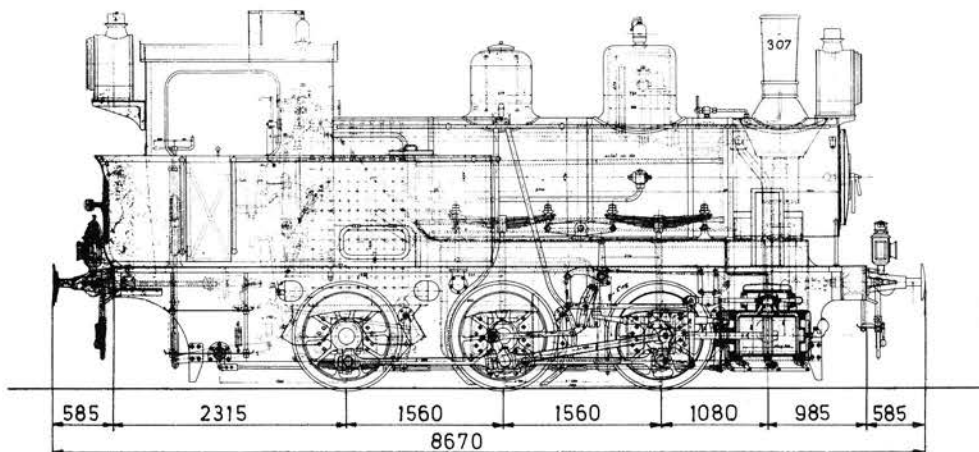
Motor: 1 stk. på 700 hk v. 25 km/h. (Tilsv. 515 kW)

Utvekslingsforhold: 1 : 4,56

Totalvekt/adhesjonsvekt: 47,25 tonn

EL 10 benyttes til skiftetjeneste og mindre kiptog. Lok. 2504–2508 ble opprinnelig gitt nr. 2073–2077. Nr. 2518–2520 er kjøpt brukt av LKAB, Narvik i 1959. Eneste EL 10 forberedt for automatisk kobling er nr. 2518, som ble forlenget med nye bufferbjelker i januar 1975. I tillegg til NSB's EL 10 er det flere lokomotiver av samme type i Norge: Lokomotivene «Ulf» og «Lars» ved A/S Norsk Jernverk i Mo i Rana, og 8 stk. ved LKAB i Narvik. (herav 3 i daglig bruk).

TYPE 25



LOKOMOTIV TYPE 25

Antall ved NSB: 40 (25a, b, c, d, e)

Hjulanordning: C

Lokomotiv nummer: 197–200, 223, 227–228, 238–240, 259–263, 292–293, 306–307, 325–327, 337–340, 381–383, 420–425, 485–489

Største hastighet: 40 km/h

Drivhjul diameter: 1060 mm

Kjeletrykk: 12 kp/cm² (11,76 bar)

Fabrikant/byggeår:

197–200 25a 1909 Hamar Jernstøberi & Mek. Verksted
223, 227, 228 » 1911 Hamar Jernstøberi & Mek. Verksted
238–240 » 1912 Thune's Mek. Verksted
259–263 » 1913 Hamar J. & M. Vst.
292–293 » 1914 Hamar J. & M. Vst.
306–307 » 1916 Hamar J. & M. Vst.
325–327 » 1918 Hamar J. & M. Vst.
337–340 25b 1917 Baldwin Locomotive Works, USA

381–383 25c 1919 Baldwin Locomotive Works, USA

420–425 25d 1923 Norsk Maskin-Industri (Hamar/Thune)

485–489 25e 1901 Schweizerische Lokomotiv & Maschinenfabrik. Winterthur

Maskin: 2-sylindret tvilling (Ø 360 x 500)

Totalvekt/adhesjonsvekt: 25b, 24,7 tonn, 25d 27,8 tonn

Beholdning: 25a, b, c 5,3 tonn vann, 1,2 tonn kull
25d og e hadde samme kullbeholdning, men henholdsvis 4,6 og 4,2 tonn vann.

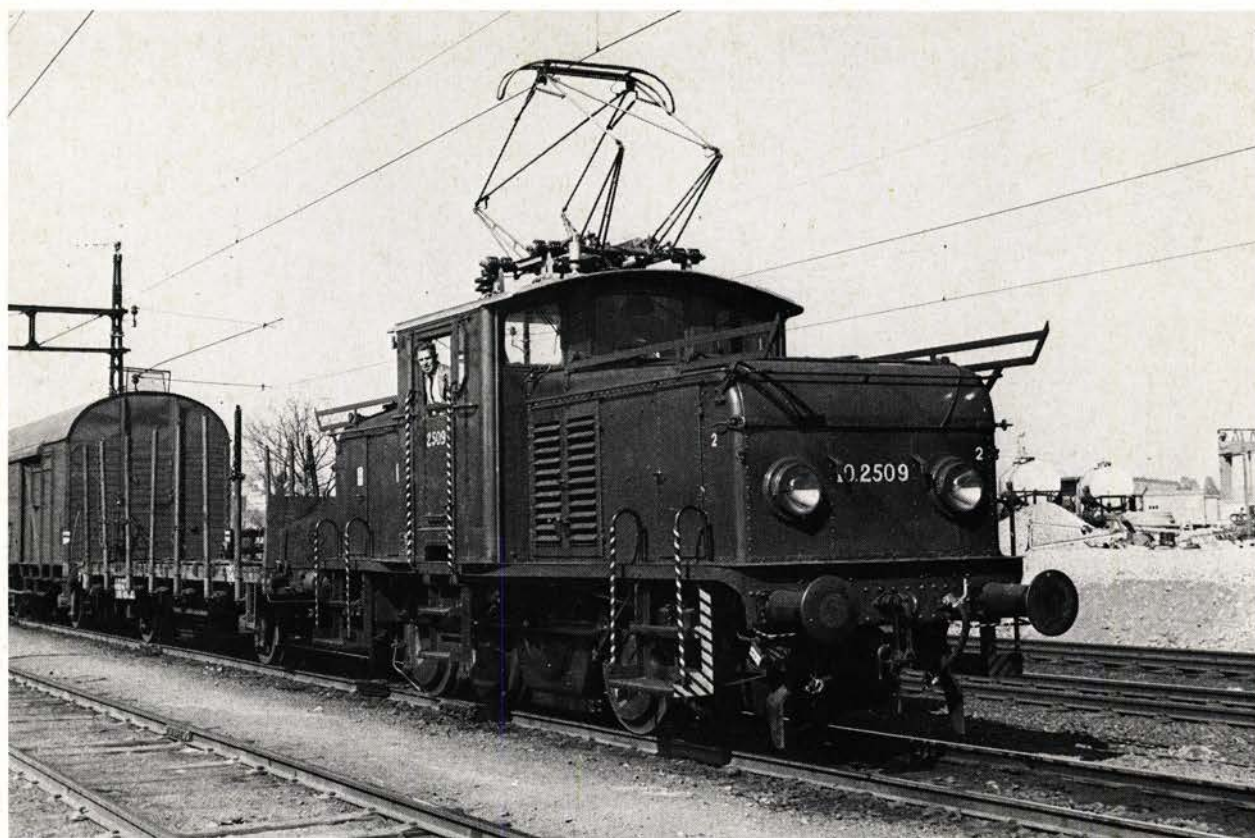
Siste utrangert: 9.11.1970 (227)

Bevart: 25a 227, Jernbanemuseet, Hamar

Type 25 ble anvendt i skiftetjeneste, med unntak av 25d 424 og 425 som var toglok på Flåmsbanen i 1944–45.

25a 197 fikk montert oljefyring 1948–54. 25d hadde overheter og rundsleider, og 424 og 425 ble fra 21.8.44 utstyrt med skinnebrems og mottrykkbrems, og kjelen ble noe løftet i bakkant. Lokomotivene 485–489 ble kjøpt brukt fra SBB, Sveits, og overtatt 21.8.1947. Deres opprinnelige nummer var 8431–33, 8436 og 8440.

EL 10



TYPE 25

