

Sikring av vegtunneler mot vann

En orientering om pågående forsøk

Underdirektør, dr techn. A. Skogseid

Veglaboratoriet

UDK 624.131.6:624.192

Den tekniske utvikling har ført med seg at fjellboring og sprengstoffer i dag, relativt sett, er langt billigere enn før. Dette sammen med moderne laste- og transportteknikk gjør at fjell nu for tiden er en langt mindre hindring for vegbygging enn det var for få år tilbake.

For å imøtekomme de voksende krav til kjørehastighet og laststørrelse må vegene bygges med store kurveradier og små stigninger. I norsk terreng betyr denne stive linjeføring at vegene ofte må legges i dype fjellskjæringer og føres i tunneler gjennom fjell.

Vi har nu fått sammenlagt ca 60 km vegtunneler, og lengden vil ventelig øke med 5—10 km pr år.

Ved valget av tunneltraséer søker en å legge disse i godt fjell. Men dels er godt fjell på sine steder en mangelvare, og dels er valgmulighetene for traséen begrenset. Resultatet er at svært mange tunneler delvis går gjennom dårlig fjell.

Med dårlig fjell mener en normalt råttent og rasfarlig fjell som frembyr farer allerede ved drifvingen av en tunnel. Slike tunnelpartier må sikres ved bolting eller utstøping med betong. Her vil en utvide begrepet dårlig fjell til også å omfatte fjell som fører vann i slepper og knusningssoner etter forkastninger. Vannlekkasjer i tunnelens tak og vegger skader vegbanen ved erosjon, de gir issvuller og istapper, de fører til løssprengning av steinblokker og dermed uberegnelige steinsprang inne i tunnelen. Vanndråper som treffer bilens frontglass nedsetter siktbarheten.

En skal se litt på hva det kan gjøres i fjell som hverken er råttent eller primært rasfarlig, men som kan bli rasfarlig ved at vann i slepper og sprekker fryser.

Forskjellige metoder

En har i prinsippet tre fremgangsmåter for å eliminere ulemper ved vannlekkasjer.

- 1) Forskjellige former for tak og vegger bygget inne i tunnelen.
- 2) Oppsamling av vannet på stedet hvor det leker inn og bortføring gjennom rør.
- 3) Tetting av fjellet.

Hver av disse fremgangsmåter kan gis mange forslag til praktiske utførelser. De fleste er dyre og lider av en eller flere svakheter. F.eks. kan et tak av plater bare benyttes så langt inne i tunnelen at området er frostfritt, ellers ville isen bryte ned taket.

Tak og vegger av betong, med og uten armering, benyttes for rassikring av dårlig fjell og kan også benyttes til vannsikring. Men for vannsikring er det nødvendig å beskytte betongen mot utvasking og frostsprengning. Oversiden må kles inn med en vanntett membran slik at betongen blir stående tørr, og vanlig kontakthvelv mot vann må derfor frarådes.

En særlig enkel fremstilling av kontakthvelv får en ved å benytte sprøytebetong. Metoden er mye brukt til sikring av rasfarlig fjell i tunneler, men må betegnes som uegnet til varig sikring når der samtidig lekker inn vann. Vannet vil også her vaske ut betongen og være årsak til frostsprengninger, slik at betongen på de avgjørende partier i tunnelen etter få år smuldrer og faller ned.

Når vannlekkasjen er samlet på et lite område, og spesielt når vannmengden er stor, vil det være gjennomførlig å samle opp vannet, og lede det bort gjennom rør. Men metoden blir teknisk og økonomisk umulig når det småregner fra større områder. Små vannmengder vil føre til at vannet fryser i rørene før det når ned i den frostsikre drengroft langs tunnelveggen. Det har vært foreslått å varmeisolere disse nedløpsrør, men det kreves en betydelig vannstrøm i rørene for å unngå frost, selv om rørene er isolerte. Hertil kommer vanskelighetene med å holde isoleringen tørr og effektiv.

Tetting ved injeksjon

Av de foran nevnte metoder for vannsikring av tunneler er det bare utforing med membranisolert betong som kan sies å være en i almindelighet fullgod løsning. Utforingen kan skje ved støpning på stedet eller ved ferdigstøpte elementer. Metoden faller dyr med ekstra 3000—5000 kr pr l. m 42 m² tunnel. En ser seg derfor naturlig nok om etter billigere løsninger, og interessen rettes mot metoder for å gjøre fjellet vanntett.

Spørsmålet om vannsikring av tunneler i stort omfang er ganske nytt for Statens vegvesen, av den enkle grunn at en ikke har hatt den store tunnelengde før i de senere år. De fleste virksomheter med anlegg i fjell vil ha støtt på problemet vannlekkasjer, men problemet er sikringsmessig sett vanligvis ikke stort før det kombineres med frost. Norges Statsbaner har både vann og frost i sine tunneler, og har gjennom årene benyttet utstøpning med betong som hovedsikringstiltak.

I Statens vegvesen arbeider en nu med å skaffe seg innsikt og praktisk erfaring i tetting av fjell. Forsøkene har pågått i tunneler i Røldalsområdet siden høsten 1965. Forsøksarbeidene er langt fra avsluttet, men det kan være ønskelig å gi en foreløpig orientering til alle de i vegvesenet som har problemene med utette tunneler inn på livet og som ser seg om etter brukbare løsninger.

Permeable jordarter kan gis større vanntetthet og/eller større bæreevne ved at egnede materialer injiseres i dem. Denne teknikk er vel utviklet og finner stor og økende anvendelse. Meget benyttet og ofte omtalt i litteraturen er også tetting av fjell ved injisering, f. eks. under damanlegg. I sammenligning med vårt problem er det imidlertid her alltid tale om en grovtetting.

En forklaring på at akkurat vårt fintettingsproblem i frysende tunneler er så lite behandlet ser en i at f. eks. de store tunnelbyggende land som Sveits, Frankrike og Italia oftest arbeider i så svakt fjell at det er nødvendig å rassikre tunnelene ved betongutforing.

Videre er trafikken så stor at det er nødvendig med hurtig luftskifting. Rassikring, vannsikring og utlufting løses under ett ved hjelp av membranisolerte betongelementer. Alt medregnet koster disse vegtunnelen omkring 20 000 kr pr l. m, mens våre koster 3—4000 kr pr l. m uten vannsikring og anlegg for luftskifting. Der er ikke trafikkgrunnlag for de velutstyrte europeiske tunneler hos oss, og vi tvinges derfor til å finne billige løsninger på vårt problem.

Å gjøre et oppsprukket fjell vanntett vil si å fylle sprekkeene i nødvendig utstrekning med et materiale

som kan hindre vannet i å passere området. Et slikt materiale må presses ut i sprekksystemet, og dette skjer mest praktisk fra et borhull. Materialet må være lettflytende for å kunne trenge inn i fine sprekker og langt utover fra borhullene. Da sprekkeene er våte, må materialet være blandbart med vann slik at det «fukter» veggene, og ikke frastøtes av disse. I praksis må materialets medium være vann.

I prinsippet er der tre typer injeksjonsmaterialer, alle på vannbasis. Den første og for behandling av jordarter mest benyttede type, er en oppslemming i vann av et finkornet materiale, som cement. Flere naturprodukter og foredlede naturprodukter finner anvendelse, dels som hovedsubstans og dels som additiver. For å skaffe «bunn» i grove sprekker og unngå overforbruk av materiale har en blandet sagflis i cementvellingen. Er sprekkeene særlig fine, må en vente at oppslemmede materialer har store vanskeligheter med å trenge inn i dem. Herved blir aksjonsradien fra et injeksjonshull liten og tettingen blir mangelfull.

Den annen type injeksjonsmaterialer består i vannoppløsninger som injiseres etter hverandre. Når vannglas injiseres først og saltsyre baketter, utfelles en gel av kiseltsyre. Spesielløsninger av denne metode har vært brukt i stor utstrekning for stabilisering og tetting av jordarter, men den faller dyr fordi vannglas er dyrt og prosessen noe omstendelig.

Den tredje type injeksjonsmateriale er en vannoppløsning av stoffsystemer av en slik natur at oppløsningen etter noen tid gelatinerer. En oppkonsentrert sulfittavlut tilsatt natriumbikromat og jernklorid er en slik oppløsning, og denne faller forholdsvis rimelig i pris. AM-9 er navnet på et helsyntetisk produkt fra det amerikanske firma Cyanamid. Dette er nok velegnet, men det faller dyrt.

Injeksjonsmaterialet som bygger på sulfittavlut har en praktisk utgangviskositet på omlag 10 centipoise. Gelatineringen pågår under injiseringen og viskositeten stiger imens. Men en er av den oppfatning at materialet har større inntrengningsevne i fine sprekker enn cementoppslemminger har. Da det etter hvert har vist seg at det er fintettingen, elimineringen av de siste vanndråper, som byr på de største vanskeligheter, er det i forsøksarbeidet blitt til at sulfittavluten fanger hovedinteressen. Et viktig krav til injeksjonsmaterialet må være at den tilstopping av sprekkeene som oppnås, må ha lang varighet. Her har en liten praktisk erfaring å bygge på, men noen akselererte laboratorieforsøk tyder på at den gel som dannes av sulfittavlut vil være bestandig i mange år under de forhold som normalt råder i vannførende sprekker i fjell.

Egenskaper og hypoteser

Foruten å finne frem til et teknisk og økonomisk hensiktsmessig injeksjonsmateriale, krever problemet med vannetting av fjell at en finner hensiktsmessige fremgangsmåter for injiseringsprosessen. Mellom materialvalget og valget av arbeidsmåter vil der bestå en vekselvirkning. Rent teoretisk er det mange stoffer og kombinasjoner av stoffer som kan komme på tale som injeksjonsmaterialer. På det praktiske plan reduseres stoff-utvalget betydelig. En systematisk gjennomarbeiding av hele feltet er for oss uoverkommelig i den tid som er til rådighet, og en må derfor søke snarveger ved hjelp av arbeidshypoteser. I det følgende skal omtales noen av de hypoteser og synsmåter som forsøksarbeidet for tiden ledes av.

I tunnelens gulv innrettes frostfri drengroft, og denne vil ta hånd om det vannet som kommer inn i gulvet.

Vegger og tak vil en søke å tette. For å sikre seg mot at frosten sprenger løs steinblokker inne i tunnelen, ønsker en tettingen istandbragt på et frostfritt dyp inne i fjellet, og på en slik måte at sprekk-systemet mellom selve tettingsonen og tunnelen ikke blir stående vannfylt.

Ved injisering gjennom et borhull får en, i beste fall, i et område omkring hullet fylt alle sprekker fra tunnelen og inn til en viss dybde, avhengig bl. a. av borhullets lengde, injiseringstrykk, viskositet, tid og sprekkenes art. Grenselaget mellom fylte og ufylte deler av sprekkenes tjener til blokkering av vannet. Injiseringsmaterialet i sprekkenes mellom nevnte grenselag og tunnelen, vil kunne tørke mere eller mindre ut. Uttørkingen vil bl. a. være avhengig av tunnelluftens relative fuktighet og diffusjonshastigheten for vann i injiseringsmaterialet. Tunnel Lufta vil være tørr i den delen av året som temperaturen i uteluften er lavere enn fjellets temperatur inne i tunnelen. Det vil stort sett si i vinterhalvåret.

Det sulfittlutbaserte injeksjonsmaterialet holder 40—45 vektprosent tørrstoff, og en gel med så stort tørrstoffinnhold må ved frysning forholde seg meget forskjellig fra vann. Ennå har vi lite kvantitativ viten om de forskjellige egenskaper hos gelen, men på det kvalitative plan kan vi antyde en del. Sulfittlutgelen har ikke et definert frysepunkt, men fryser inn over et temperaturområde som ligger lavere enn 0° C. Ved frysingen utvider gelen seg, men utvidelsen er betydelig mindre enn vannets utvidelse ved overgang til is. En sulfittlutgel-fylt sprekk vil derfor ha en langt mindre sprengkraft enn en vannfylt sprekk har. Det lave fryseområdet betyr at med gel i sprekkenes vil det tunnelområdet som fryser være mindre enn når det er vann i sprekkenes.

Når u-uttørket sulfittlutgel anbringes i rent vann, løses den ikke, men sveller litt. Det betyr at i en sprekk vil den delen som utgjør et mere eller mindre bredt grenselag mot vannet i resten av sprekken, undergå en liten svelling etter at den er dannet, og derved fremkalle øket tetting og plass-sikring. Ved uttørking skrumper gelen inn til ca det halve volum og gir en hornaktig masse. Når slik tørr gel anbringes direkte i vann, vil den smuldre. Dette mener en kan forklares ved at bråsvellingen i massens overflate river de ytre lag fra de innenforliggende, usvellede lag. En inntørket gel i en fjellsprekk (det forutsettes at fjellet har en rikelig mektighet over tunnelen) vil eventuelt få vannet tilført på en annen måte, nemlig ved diffusjon gjennom våtere gel som ligger høyere. Ved slik oppfuktning vil der neppe oppstå desintegrering av den hornaktige masse. Her er en hel rekke av egenskaper og forhold ved sulfittlutgel i fjellsprekker som en ennå har for lite kunnskap om, men som en ved laboratoriearbeid i tiden fremover håper å kunne kaste mere lys over.

Mens muggsopp stortrives på sulfittlut, så avtar denne trivsel ved tilsetning av kromat. På de aktuelle injeksjonsgeler har soppen vanskelig for å gro, og den gror ikke på lufttørr gel, eller inn i tynne rør fylt med våt gel. En antar derfor at tettingen av fjell ikke skal skades av muggsopp.

Fra andre arbeidsfelter kjenner en til at luft i kornede masser bare i liten grad lar seg skyve ut med vann. Luften i massen reduserer da vannstrømmen gjennom den ved å redusere strømningstverrsnittet. På lignende måte vil det forholde seg med luft i fjellsprekker. Injiseringsvæsken vil bare i mindre grad skyve luften foran seg i fine sprekkesystemer. Luften hindrer derved at en får sprekkenes fylt med tetende masse, og vann kan fortsette å strømme frem på grenseflaten mellom luften og massen.

Dersom lekkasjen i et tunnelparti er liten og årsaken til den lille vannføring er at sprekkenes er sterkt oppfylte av luft, må en vente at det vil by på vanskeligheter å få fjellet tettet. Det spør da om en kan finne egnede måter til å fjerne luften fra sprekkenes.

Et 4 m langt injiseringshull med diameter 40 mm inneholder 5 l luft i det injiseringsvæsken settes på. Denne luftmengde vil av væsken presses ut i sprekkenes og der vil luften sette seg fast slik at væsken må strømme utenom luftlommene for å komme frem. Dersom sprekkenes i gjennomsnitt har en åpning på f. eks. 0,1 mm, vil luftlommene som skyldes luften i borhullet kunne dekke et sprekkereale på opptil 50 m², og en må vente at dette sterkt reduserer muligheten for effektiv tetting fra vedkommende hull.

Luften i borhullet kan på en enkelt måte tappes

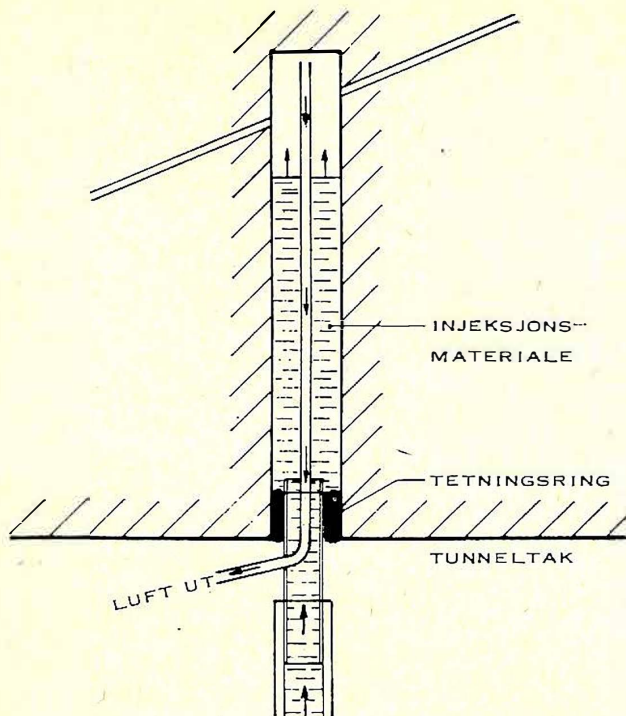


Fig. 1. Prinsippskisse for fjerning av luften i borhullet før injisering.

ut samtidig med at væsken føres inn, og dette blir gjort ved injiseringsarbeidet i Røldal-området. En mener nu å ha praktisk erfaring for at dette er av stor betydning.

Hullsetting

På fjellets overside lekker regnvann, bekkevann og vann fra forskjellige reservoarer inn gjennom slepper og sprekker. Gjennom det samme kanalsystem finner vannet før eller senere vegen ut av fjellet lenger nede og kanskje langt borte fra inngangsstedet. Avhengig av tilløps- og avløpsforhold vil der

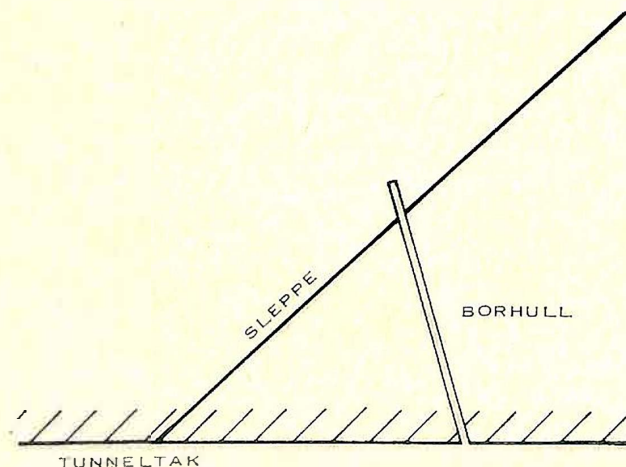


Fig. 2. Frostfri tetting av sleppe ved injeksjon. Setting av borhullene slik at disse skjærer sleppen flere meter inne i fjellet.

innstille seg et grunnvannsspeil i fjellet. En tunnel gjennom fjellet endrer de naturlige avløpsforhold i et område, og i dette området vil vannstanden i fjellet senkes tilsvarende. Mens denne senkning foregår i en ny tunnel vil lekkasjene være store. Etter hvert avtar de til en relativt konstant størrelse, og det er da sildrevann som renner eller drypper inn i tunnelen. I store slepper med direkte forbindelse til sjøer, eller bekker ovenpå fjellet kan vannføringen holde seg stor og stri.

Fra et injiseringssynspunkt har en disse sprekkesystemer:

1. En enkel sleppe.
2. Lagdelt fjell med parallelle sprekker mellom lagene.
3. Knusningssone med sprekker i alle retninger.
4. Kombinasjon av 3. med 1. eller 2.

Erfaringen hittil tyder på at enkelte slepper kan mestres ved injisering, selv om vannføringen er stor. Fremgangsmåten er da at en setter borhullene i en vinkel med sleppen, og slik at hullene skjærer sleppen 3—4 m inne i fjellet. Hullene settes med ca 2 m avstand og dette benevnes en hullkrans. Ved stor vannføring settes gjerne et særlig drenehull helt ut mot veggen på den side hvor vannføringen er størst. Injiseringen begynner i den tørreste side og vannet skyves etter hvert over i den våteste, for eventuelt å bli samlet i drenehullet. Vannet i drenehullet føres enten til drengroften ved hjelp av plastrør, eller hullet plugges og igjenstøpes. Ved en sleppe som skjærer drengroften i tunnelgulvet skulle normalt en tilstopping av nevnte drenehull ikke føre til nevneverdig trykkstigning, som kan utløse nye frembrudd av vann.

Som injiseringsmateriale i sterkt vannførende slepper har en med hell benyttet en hurtig gelatine-

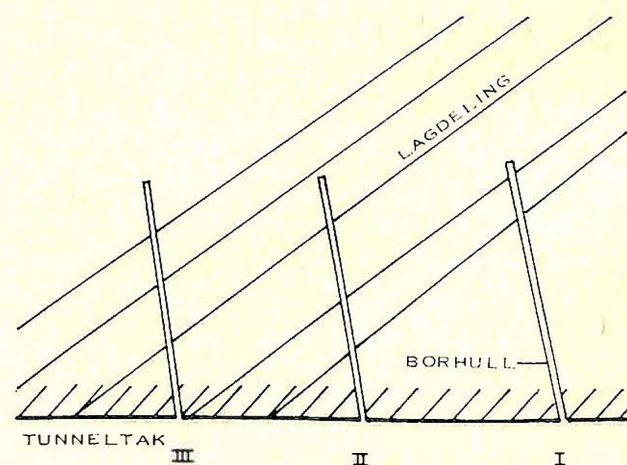


Fig. 3. Frostfri tetting av lagdelt fjell ved injeksjon. I, II og III betegner borhullkranser og angir rekkefølgen av hullsetting og injisering.

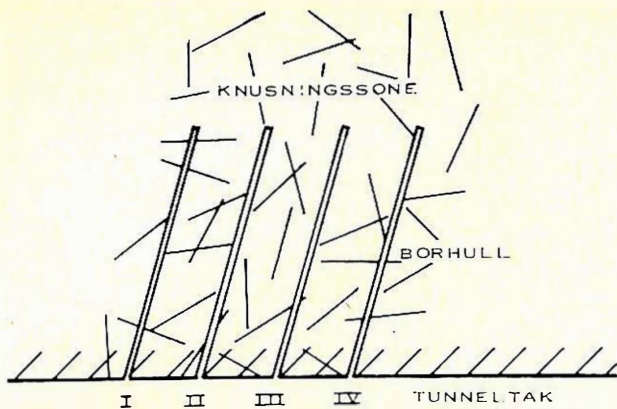


Fig. 4. Frostfri tetting av knusningssone ved injeksjon. I, II, III og IV betegner borhullkranser og rekkefølgen av arbeidet, under forutsetning av at lekkasjen er størst i høyre side av knusningssonen.

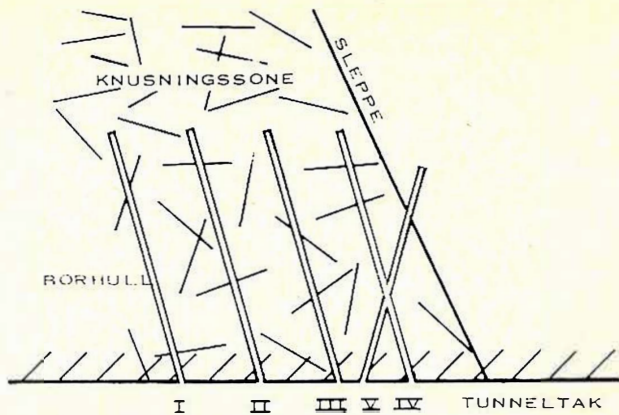


Fig. 5. Frostfri tetting ved injeksjon av knusningssone i tilknytning til sleppe med stor vannføring. I, II, III, IV og V betegner borhullkranser og rekkefølgen av arbeidet.

rende blanding, eller en blanding som allerede er betydelig fortykket ved gelatinering.

Ved hullsettingen i lagdelt fjell er den prinsipielle fremgangsmåte den at en fra det sted hvor det laveste, lekkende lag skjærer tunnelen, går tilbake og setter første hullkrans slik at hullene skjærer laget ca 3 m oppe i fjellet. En 4—6 hull injiseres samtidig, og neste hullkrans settes 2—3 m lenger fremme, o.s.v. Når det øverste lekkende lag er overskåret ca 3 m oppe i fjellet, skal det teoretisk være unødvendig med en ettertetting for å få bort de siste vanndråper. Ved settingen av ekstrahullene må en søke å vurdere hvor årsaken kan ligge, og sette hullet eller hullene mot disse etter en begrunnet plan. Det vil trolig sjelden være riktig å sette hullet akkurat der hvor vannet bryter frem i tunnelen. For å være sikret mot frostsprengning skal vannet stoppes et stykke inne i fjellet.

I norske fjell er knusningssoner svært almindelig. Slike soner kan avsluttes av en sleppe eller gå gjennom lagdelt fjell. Sprekkesystemet i slike soner har få lovmessigheter. Før hullsettingen bør en gjøre seg opp en mening om sonens bredde og retning i forhold til tunnelen. Injiseringen skal begynne i det minst våte området og ende i det våteste. Den første hullkrans skal settes i forhold til det minst våte partiet slik at vanntilførselen til det kan avskjæres flere meter oppe i fjellet. Står sonen loddrett på tunnelen, blir det å bore loddrett opp og ut i partiet. Står sonen

i en vinkel til høyre eller til venstre skal borhullene legges tilsvarende.

Målet for forsøkene er å finne arbeidsmåter som i enkel rutine med stor sikkerhet fører til et godt og billig resultat. Sprekkesystemenes art og lekkasjeforhold er meget varierende, og derfor skal en ikke vente at oppgaven løses uten en betydelig innsats. Her må teoretiske spekulasjoner og praktisk utprøving gå hånd i hånd. Men oppgaven er interessant, også fordi den stiller i utsikt en sikringsmåte som bare vil koste en liten brøkdeler av det andre måter vil koste.

Litteratur:

- Apel, F.: *Neuzeitliche Fertigungsverfahren im Tiefbau. Ausführung von Unterwasser- und Gebirgstunneln.* V.D.I. - Zeitschrift 103 (1961), H. 4, 129—136.
- Glossop, R.: *The invention and development of injection processes.* Geotechnique 9 (1961), H. 4, 255—279.
- Cambefort, H.: *Etanchement et consolidation des roches.* Felsmech. u. Ing. Geol. 1 (1963), H. 2.
- Boesch, K.: *Injektionen im Fels.* Schweiz. Bauztg., 80 (1962), Nr. 1, 8—13.
- Kutzner, Ch.: *Theoretische Betrachtungen zur Felsinjektionen mit Zement und praktische Folgerung für die Winterarbeit.* Bautechnik 41 (1964), Nr. 1, 2—8.
- Scott, R. A.: *Fundamental considerations governing the penetrability of grouts and their ultimate resistance to displacement.* Symposium on Grouts and Drilling Muds in Engineering Practice, London 1963, 10—14.
- Fern, K. A.: *The application of polymerization techniques to the solution of grouting problems.* Symposium on Grouts and Drilling Muds in Engineering Practice, London 1963, 10—14.
- Moum, Johan: *Undersøkelse av systemet kromat-Ca-lignosulfonat som tetningsmiddel ved piezometerinstallasjoner og som «kjemisk» injeksjonsmiddel.* Intern rapport, Norges Geotekniske Institutt, 20. juni 1963.

Nye tekniske forskrifter for trafikkskilt

Sivilingeniør Karsten Krogsæter, M.Sc.

Transportøkonomisk Institutt

(Forts. fra forrige nummer.)

UDK 656.055/056:656.1

Størrelse

Trafikkskilt med tekst

Forskere i mange land har beskjeftiget seg med problemer vedrørende leselighet av trafikkskilt med tekst. Blant annet har man søkt å klarlegge hvilke faktorer som bestemmer hvor store bokstavene på skiltene bør være og hvordan nødvendig bokstavhøyde kan beregnes. De nye tekniske bestemmelser behandler også dette spørsmål, og de inneholder en dimensjoneringsmetode for skilttekst.

Leselighetsproblemet er ikke ukjent i vårt land. I praksis merkes det ved at man ganske enkelt ikke rekker å lese skiltets tekst og oppfatte de øvrige opplysninger som blir gitt før skiltet passerer. Man får med andre ord ikke nok *tid* til å lese skiltet. For å få bedre tid må man enten redusere sin *hastighet* eller utstyre skiltet med større bokstaver slik at lesingen kan begynne i større *avstand* fra skiltet. Og dermed har vi nevnt de viktigste dimensjonerings-faktorer: tid, hastighet og avstand. Den nødvendige lesetid avhenger av tekstens lengde. Hastigheten gir tilbakelagt veglengde i løpet av lesetiden og dermed i hvilken avstand fra skiltet lesingen må begynne for å være avsluttet i tide. Leseavstanden gir så nødvendig bokstavstørrelse under ideelle forhold. Stor trafikk, komplisert vegutforming og dårlig skiltplasing gjør forholdene mindre ideelle, og en vil eventuelt gå noe opp med bokstavstørrelsen når én av de standardiserte bokstavstørrelser skal velges.

Av de standardiserte bokstavhøyder vil høydene 105, 140, 175 og 210 mm antagelig bli mest anvendt på de vanlige vegvisere og orienteringstavler. I dag brukes 105 mm høye bokstaver på vegviserfløyene, mens de nye vegnummerne for vanlige riksveger har tall fra høydegruppen med 210 mm bokstavhøyde. Det finnes både større og mindre bokstavhøyder enn de som her er nevnt, f.eks. til bruk på skilt for motorveger og på underskilt.

Når bokstavhøyden er bestemt, vil vanligvis også skiltstørrelsen være bestemt. Dette skyldes forskriftene for utforming av trafikkskilt, som gir alle avstander mellom bokstaver og fra bokstaver til skiltens border og kanter i deler av bokstavhøyden. Vegvisere med 175 mm bokstaver vil f. eks. alltid ha 32,5 cm *høyde*, mens vegviserens *lengde* vil avhenge av tekstens lengde. Av praktiske grunner blir vegviserne foreslått produsert i standardlengder med lengdeforskjell på 20 cm. Det er lignende regler for bestemmelse av skiltstørrelse for blant annet underskilt og vegnummerskilt.

Trafikkskilt med symboler

Størrelsen av skilt med symboler kan selvsagt ikke beregnes etter den metode som er antydnet her. Allikevel synes det riktig å la faktorer som hastighet, trafikkmengde og trafikkforhold være bestemmende også for størrelsen av skilt med symboler. Av disse faktorene er antagelig hastigheten viktigst, og skiltstørrelsen vil derfor hovedsakelig bli valgt på grunn av vegens dimensjonerende hastighet, *V*. Forskriftene opererer for de fleste symbolskilt med 3 standardstørrelser som kalles liten, middels og stor størrelse. Liten størrelse (LS) bruker når *V* er mindre eller lik 50 km/t, middels størrelse (MS) når *V* ligger mellom 50 og 100 km/t og stor størrelse (SS) når *V* er 100 km/t eller mer. Figur 1 viser størrelsesforholdet mellom skilt fra de ulike størrelsesgrupper.

Størrelsesgruppene bygger på de nåværende skiltstørrelser. For fareskiltene tilsvarende f.eks. de to skiltstørrelser man nå har det som heretter blir kalt liten og middels størrelse. Disse skilt har sidekant på henholdsvis 70 og 90 cm. Den nye størrelse av fareskilt (SS) får sidekant på 120 cm, og den vil hovedsakelig bli anvendt på motorveger. For forbuds- og påbudsskilt har man i dag bare én størrelse med diameter 60 cm, og dette tilsvarende den nye størrelsesgruppe middels størrelse. Størrel-

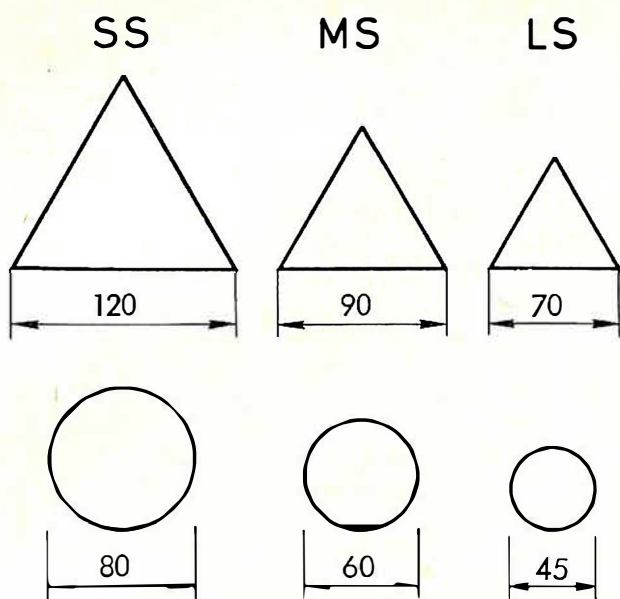


Fig. 1. Størrelsesforholdet mellom fareskilt og forbuds- og påbudsskilt fra størrelsesgruppene SS, MS og LS.

sesgruppene liten og stor størrelse får diametre på henholdsvis 45 og 80 cm.

Plasering og opphenging

Plasering

Trafikkskiltene skal generelt sett plasseres slik at de kan ses godt. Men det stilles også andre plasseringskrav av juridisk og teknisk karakter. Lovforskriftene har f. eks. regler om på hvilken side av vegen skiltene skal stå, mens de tekniske bestemmelser stiller mer detaljerte krav til skiltets avstand fra vegen. Dette er gjort fordi skiltene ikke skal genere trafikken eller utsette den for unødig fare. Hensynet til vintervedlikeholdet og renholdet av selve skiltet har på sin side innvirket på de regler som er gitt for skiltenes plassering i høyden. Lav skiltplacering vil bety snøryddingsproblemer om vinteren og renholdsproblemer på grunn av hurtig tilskitning av sølesprut resten av året.

De tekniske krav om skiltenes avstand fra vegen er gjort avhengige av vegens dimensjonerende hastighet, V . Når $V = 60$ km/t skal f. eks. avstanden fra kjørefeltkant til skilt være minst 0,5 m, og når $V = 100$ km/t skal den tilsvarende avstand være minst 2 m. For skiltenes høyde over kjørebanelen er det gitt normalhøyder. For fareskilt og forbudsskilt er den i forslaget satt til 190 cm. Dette er praktisk talt samme høyde som brukes i dag. Skilt som er svært små eller store settes vanligvis noe lavere. Vegnummerskiltene skal f. eks. stå 160 cm over kjørebanelen og orienteringstavlene 130 cm over kjørebanelen. Målene refererer seg her til skiltets underkant.

Opphenging

Skiltenes opphengingsanordning omfatter skiltfundament, stolpe og festeanordning. Spesielt når det gjelder fundamentene byr det på visse problemer å foreta en standardisering. Mange vegsjefer har høstet egne og verdifulle erfaringer på dette felt, og disse er delvis avhengige av lokale forhold. Det ville derfor være galt å gjennomføre en stivbent og ufravikelig standardisering. I stedet har man anvist tre ulike fundamenteringsmetoder som kan brukes parallelt med eventuelle lokale metoder. For det første normeres det støpte fundament på nytt slik at det kun blir utført i én størrelse. I tillegg innføres to ulike typer av fundamentsrør, med klemt spiss og med spissplate. Felles for alle tre fundamenteringsmetoder er at selve skiltstolpen festes til fundamentet etter at fundamentet er plassert.

De nåværende skiltstolper med malte farge-felter blir forlatt. I stedet vil det bli brukt varmgalvaniserte stolper som både er billigere og mer holdbare. De fargede feltene har en viss verdi som blikkfang, men dette er ikke antatt å være nok til å oppveie fordelene med galvaniserte stolper uten overflatebehandling med maling.

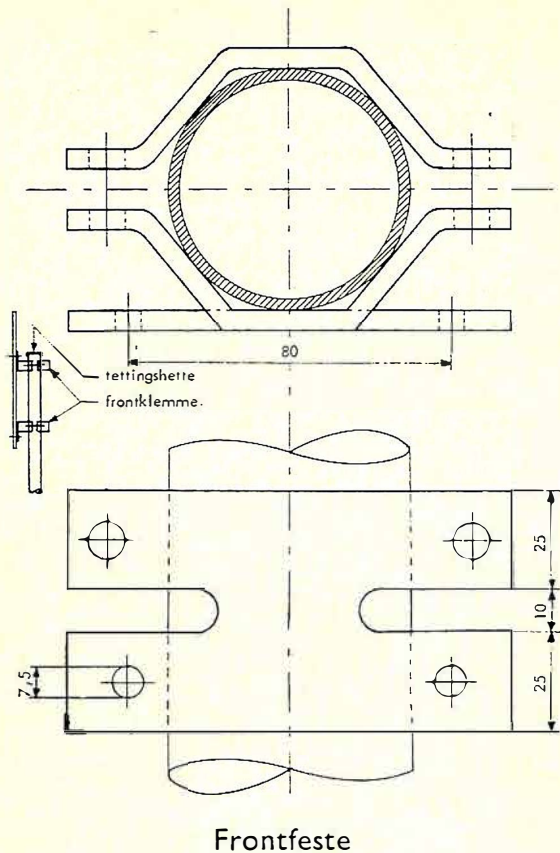
Til feste av skiltet på skiltstolpen brukes en av tre ulike standardiserte festeanordninger: frontfeste, bøyrefeste eller flensfeste. Frontfestet brukes for plane skilt med symbol på en side, bøyrefestet for plane skilt med symbol på begge sider og flensfestet for skilt med horisontale flenser. Prinsippet for de ulike festemåter er vist på figur 2.

Felles for alle festemåter er at de ikke krever fabrikkbearbejdede stolper. Stolpene kan derfor kappes til på stedet og tilpasses terrengets skråning. Frontfestet og flensfestet består av galvaniserte klemmer som skruses sammen utenpå stolpen. Toppen av stolpen tettes med en hette som klemmes fast med samme klemme. Bøyrefestet er mer komplisert og har nederst en tapp som settes inn i toppen av skiltstolpen.

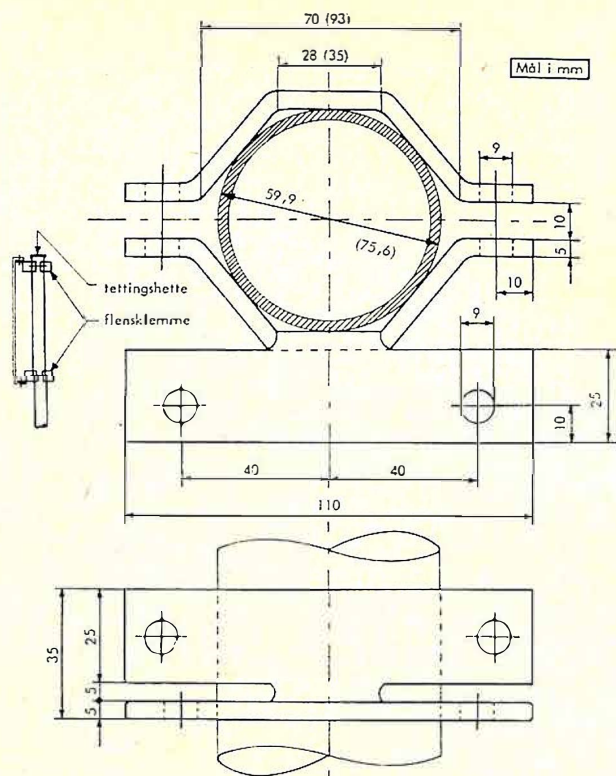
Materialer

Materialforskriftene inneholder krav til kvalitet og tykkelse av aluminium som brukes til trafikkskilt, til overflatebehandling av stål og aluminium og til farvenyanse på skiltene. Det er foreløpig ikke gitt normer for materialer og utførelse av innvendig belyste skilt i plast. Behovet for slike normer er særlig stort i byene, der innvendig belyste skilt blir stadig mer aktuelle.

Det er heller ikke gitt krav til refleksevne og andre refleksegenskaper hos refleksmaterialer for trafikkskilt. Dette skyldes delvis at testingen av refleksmaterialene med tanke på disse egenskaper krever spesialinstrumenter. Men den viktigste grunn

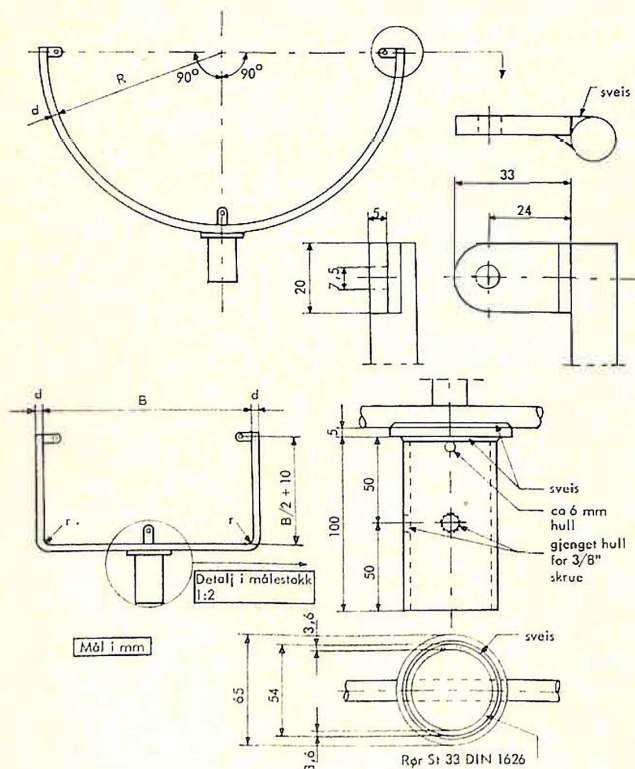


Frontfeste



Flensfeste

Fig. 2. Feste av trafikskilt med frontfeste, bøylefeste og flensfeste.



Bøylefeste

til at dette arbeidet har vært utsatt er antagelig at man foreløpig ikke har hatt noe direkte behov for slike normer. Når det gjelder refleksmaterialenes overflateglatthet er det imidlertid behov for nærmere forskrifter. For øyeblikket kan man si at refleksmaterialene klassifiseres som glatte eller ru etter filmens overflate. Den glatte overflate har den fordel fremfor den ru at den delvis er selvrensende, fordi sterkt regn kan skylle bort støv og skitt. Dessuten beholder refleksmaterialer med glatt overflate sin reflekssevne under regnvær. Men disse fordeler fås ikke gratis, og for tiden koster glatt refleksfilm ca 70 % mer enn refleksfilm med ru overflate.

Skiltflater i grønt, gult, hvitt og rødt skal være utstyrt med refleksmateriale. Det kreves altså ikke at blå farver på skilt skal være reflekterende, og dette har sammenheng med bruken av hvit reflekterende bord på alle blå skilt. Ved å sløyfe refleks på blå farve oppnås meget store besparelser uten at dette kan antas å gi skiltene dårligere tekniske egenskaper. Refleksmaterialer kan også sløyfes på skilt som gjelder parkerings- og stoppforbud og står på belyste vegger og gater. Derimot må det være klart at refleks minst av alt må sløyfes på skilt av midlertidig karakter, slik de gjeldende tekniske bestemmelser forutsetter.

Det er foreslått enkelte endringer av aluminiumtykkelsen for trafikkskilt. Stort sett innebærer endringene en reduksjon av platetykkelsene, og dette har vært mulig ved hyppig bruk av bukkede kanter rundt skiltene. De flenser man da får gir skiltene stor stivhet og muligheter for feste uten skruer gjennom skiltets forside.

Anvendelsen av de tekniske bestemmelser

Selv om de tekniske bestemmelser ikke blir ansett som administrative lovforskrifter, må det være klart at de skal følges ved oppsetting av trafikkskilt. Det har imidlertid foregått en gradvis utglidning på dette punkt, særlig i Oslo. Det finnes der et stort antall trafikkskilt som dels ikke er tillatt etter forskriftene og dels er utformet stikk i strid med forskriftene. En kan også ofte finne ganske hårreisende eksempler på misbruk av trafikkskilt,

og dette gjelder ikke bare i Oslo. Særlig i forbindelse med arbeidssteder blir skilt som varsler vegarbeide og smalere veg eller påbudsskilt med pil nærmest klynget opp på første og beste sted, gjerne med overlapping. Det er neppe mindre skadelig at åpenbart urimelige fartsgrenser blir innført over lengre strekninger ved arbeidssteder.

Trafikkskiltene er et av de viktigste trafikktekniske hjelpemidler, og det er meget beklagelig at respekten for dette viktige informasjonsledd mellom vegmyndigheten og trafikantene er blitt svekket ved misbruk og usystematisk bruk. For å rette opp den skade som er gjort og forbedre forholdene, må det føres kontroll med at forskriftene blir etterfulgt. Siden både skiltreglene og de tekniske bestemmelser utarbeides av Vegdirektoratet synes det rimelig at denne etat bygger opp og leder den kontroll som er nødvendig.

Litteratur

Highway Capacity Manual 1965. Highway Research Record — Special Report 87. 397 s., 122 fig., 80 tab. Pris US \$ 10.

I de senere år har problemet vegers kapasitet blitt viet en større og større oppmerksomhet, ikke bare av veg- og trafikkingeniører, men også av matematikere, operasjonsanalytikere og økonomer. Dette har resultert i en sann flom av avhandlinger og publikasjoner om emnet. Noen har vært banebrytende for forståelsen av trafikk og kapasitet, men dessverre har mange vært så teoretiske anlagt at de har hatt liten praktisk betydning.

Den store aktivitet på området måtte før eller siden resultere i et krav om revidering av den første utgaven av HCM som utkom i 1950. Denne var i stor utstrekning basert på observasjoner som gikk så langt tilbake som 1930. Allerede i 1954 innså The Bureau of Public Roads nødvendigheten av en revidering og satte i gang en større undersøkelse med dette mål for øyet.

Det tok ca 10 år før den reviderte utgave ble ferdig, et forhold som gjenspeiler det dilemma komitéens medlemmer har vært i. Skulle man fortsette i 1950-utgavens fotspor med empiriske data eller skulle man angripe problemet ad teoretisk veg. Teoretikerne har øyensynlig trukket det korteste strå, noe som i høy grad skyldes at de ennå ikke har klart å verifisere sine teorier i stor nok grad.

Boken må bedømmes ut fra det forhold at de store trafikkproblemer i USA idag og i fremtiden vil være i byene og i de mange tettbebyggelsene av enorme utstrekninger. Av den grunn er praktisk talt all kapasitetsforskning i USA i dag bymessig orientert. Trafikken på amerikanske tofelts landeveger skaper ingen kapasitetsproblemer, og er av den grunn heller ikke viet noen oppmerksomhet fra forskernes side. Dette gjenspeiles i den nye utgave av HCM, idet hoved-

tyngden er lagt på «freeway»-kapasitet, rampe-kapasitet og kapasitet av veve-strekninger. Den del som omhandler kapasitet av tofelts landeveger er noe justert, men ikke vesentlig forandret fra den første utgaven av HCM, et forhold som bare kan beklages sett med norske øyne.

Det nye i HCM av 1965 er at man snakker bare om «The Capacity» som er definert som det rimelige maksimale antall kjøretøyer som kan passere over en vegstrekning under eksisterende veg- og trafikkforhold. Videre er innført begrepet servicenivå, som er karakterisert ved to størrelser, trafikkhastigheten over vedkommende vegstrekning og forholdet mellom trafikkvolumet og kapasitet (v/c). Begrepet servicenivå er innført for at planleggerne skal stå friere i bestemmelsen av dimensjonerende kapasitet, og kan således sies å være et substitutt for det omdiskuterte begrep «praktisk kapasitet». Servicenivået bestemmes ved å fastslå at trafikkhastigheten over vegen ikke skal underskride en nedre grense og at forholdet v/c skal ligge under en øvre skranke. Hvilket servicenivå man dimensjonerer for vil således være et økonomisk spørsmål.

Boken er meget greit redigert. De første kapitlene omhandler definisjoner, trafikk-karakteristikken rent generelt, samt hvilke faktorer som har en innflytelse på kapasitet og servicenivået. De senere kapitler omhandler gatekryss, vevestrekninger, ramper, motorveger og landeveger med og uten avkjørselskontroll.

HCM av 1965 er ingen «kokebok», men heller en generell innføring i begrepet kapasitet. Den bør benyttes med varsomhet, spesielt hva angår kapasitet av tofeltsveger. Den som ønsker en større forståelse av emnet er henvist til den omfattende litteratur på dette felt.

Boken kan kjøpes i to utførelser, med eller uten stive permer. Trykken er bra, men papiret er noe «porøst».

O. L.

Riksvegvedlikeholdet 1965

(Forts. fra forrige nummer.)

Tabell 2b. Netto vedlikeholdsutgifter pr km 1965, fordelt på konti.

Fylke	A Vinter- vedlikehold Kr	B Under- bygging Kr	C Vegdekke Kr	D Bruer, kaier m.v. Kr	E Maskiner og redskap Kr	F Arbeider- forpleining Kr	G Oppsyn og regnskap Kr	H Vegv. opp- merking, trafikkteiling m.v. Kr	Sum Kr	Sum 1964 Kr
Østfold	1559	4775	5940	133	961	677	304	598	14 947	15 277
Akershus	4194	4155	7362	674	1078	—	466	2099	20 028	20 169
Hedmark	1635	2578	4164	288	521	—	338	590	10 114	9 499
Oppland	2252	2045	5801	326	190	—	360	589	11 563	11 028
Buskerud	1926	2514	4222	96	3664	1300	446	555	14 723	13 311
Vestfold	2633	3484	6395	1190	151	—	371	2336	16 560	17 690
Telemark	1514	3176	5217	39	2859	756	255	528	14 344	12 026
Aust-Agder	1922	2503	5073	344	1128	—	343	1290	12 603	11 776
Vest-Agder	1730	2799	4062	208	937	—	328	643	10 707	10 028
Rogaland	1276	5095	4658	706	977	—	182	814	13 708	12 987
Hordaland	1150	1882	5243	207	1616	1015	401	368	11 882	10 000
Sogn og Fjordane	894	1481	3055	208	3720	854	260	183	10 655	10 064
Møre og Romsdal	1716	2182	4551	804	185	—	300	554	10 292	10 179
Sør-Trøndelag	2788	1960	6358	330	110	—	392	636	12 574	11 833
Nord-Trøndelag	1775	3788	4697	459	694	—	249	729	12 391	11 133
Nordland	2408	789	4412	405	1784	369	256	180	10 603	9 773
Troms	2528	729	2917	358	1863	832	313	163	9 703	9 215
Finnmark	2713	881	2175	95	1364	568	349	131	8 276	7 403
Hele landet 1965	2014	2358	4643	362	1310	356	325	607	11 975	
—>— 1964	1403	2284	4872	334	1375	293	284	382	—	11 227
—>— 1963	1677	1910	4532	234	1399	397	306	318	10 773	
—>— 1962	1736	1572	3723	190	1151	419	279	265	9 335	
—>— 1961	1099	1478	3463	146	1121	378	260	208	8 153	

Tabell 3a. Netto vtgifter til vintervedlikehold 1965 (konto a)

Fylke	I alt		A ₁ Skjermmer og snø- forbygginger		A ₂ Sandstr., ishugging og snømåking		A ₄ Brøyting og ishøvling	
	Kr	%	Kr	%	Kr	%	Kr	%
Østfold	1 169 716	100	4 377	0,4	897 865	76,7	267 474	22,9
Akershus	3 875 464	100	41 613	1,1	2 778 090	71,7	1 055 761	27,2
Hedmark	3 115 029	100	44 098	1,4	1 562 575	50,2	1 508 356	48,4
Oppland	3 718 712	100	119 033	3,2	1 704 020	45,8	1 895 659	51,0
Buskerud	2 032 411	100	59 470	2,9	1 376 295	67,7	596 646	29,4
Vestfold	1 484 895	100	74 052	5,0	1 076 315	72,5	334 528	22,5
Telemark	1 667 021	100	7 524	0,5	830 055	49,8	829 442	49,7
Aust-Agder	1 601 247	100	5 100	0,3	960 049	60,0	636 098	39,7
Vest-Agder	1 566 110	100	41 038	2,6	936 100	59,8	588 972	37,6
Rogaland	1 227 906	100	38 886	3,2	761 052	62,0	427 968	34,8
Hordaland	1 716 544	100	5 160	0,3	1 037 646	60,5	673 738	39,2
Sogn og Fjordane	1 125 046	100	268 919	23,9	394 968	35,1	461 159	41,0
Møre og Romsdal	2 823 217	100	14 989	0,5	695 043	24,6	2 113 185	74,9
Sør-Trøndelag	3 506 848	100	292 804	8,4	1 140 620	32,5	2 073 424	59,1
Nord-Trøndelag	2 417 210	100	74 956	3,1	538 195	22,3	1 804 059	74,6
Nordland	4 840 581	100	351 948	7,3	1 036 210	21,4	3 452 423	71,3
Troms	3 486 152	100	545 214	15,6	551 062	15,8	2 389 876	68,6
Finnmark	3 991 494	100	295 507	7,4	250 234	6,3	3 445 753	86,3
Hele landet 1965	45 365 603	100	2 284 688	5,0	18 526 394	40,9	24 554 521	54,1
—»— 1964	31 296 666	100	1 845 105	5,9	15 772 687	50,4	13 678 874	43,7
—»— 1963	27 938 360	100	1 622 215	5,8	11 788 413	42,2	14 527 732	52,0
—»— 1962	28 837 292	100	1 426 064	4,9	11 901 546	41,3	15 509 682	53,8
—»— 1961	18 280 406	100	1 227 951	6,7	8 896 272	48,7	8 156 183	44,6

Tabell 3b. Netto vedlikeholdsutgifter til underbygging 1965 (konto b)

Fylke	I alt		B ₁ Vedlikehold og reparasjoner		B ₂ Utvidelse og omlegging	
	Kr	%	Kr	%	Kr	%
Østfold	3 578 517	100	1 245 405	34,8	2 333 112	65,2
Akershus	3 839 627	100	251 029	6,5	3 588 598	93,5
Hedmark	4 910 799	100	191 131	3,9	4 719 668	96,1
Oppland	3 376 028	100	159 735	4,7	3 216 293	95,3
Buskerud	2 651 834	100	2 131 026	80,4	520 808	19,6
Vestfold	1 964 840	100	236 644	12,0	1 728 196	88,0
Telemark	3 496 590	100	2 980 726	85,2	515 864	14,8
Aust-Agder	2 085 417	100	210 279	10,1	1 875 138	89,9
Vest-Agder	2 532 660	100	183 342	7,2	2 349 318	92,8
Rogaland	4 901 447	100	788 477	16,1	4 112 970	83,9
Hordaland	2 809 770	100	2 519 321	89,7	290 449	10,3
Sogn og Fjordane	1 865 033	100	1 077 693	57,8	787 340	42,2
Møre og Romsdal	3 589 237	100	179 792	5,0	3 409 445	95,0
Sør-Trøndelag	2 466 226	100	284 805	11,5	2 181 421	88,5
Nord-Trøndelag	5 158 849	100	384 846	7,5	4 774 003	92,5
Nordland	1 584 923	100	1 063 384	67,1	521 539	32,9
Troms	1 005 553	100	981 981	97,7	23 572	2,3
Finnmark	1 296 546	100	1 107 312	85,4	189 234	14,6
Hele landet 1965	53 113 896	100	15 976 928	30,1	37 136 968	69,9
—»— 1964	50 963 605	100	18 014 570	35,3	32 949 035	64,7
—»— 1963	31 813 697	100	14 098 855	44,3	17 714 842	55,7
—»— 1962	26 111 998	100	14 528 067	55,6	11 583 931	44,4
—»— 1961	24 586 161	100	15 307 129	62,3	9 279 032	37,7

Tabell 3c. Netto vedlikeholdsutgifter til vegdekke 1965, (konto c).

Fylke	Grusdekker												Faste dekker			
	I alt		C ₁ Grus, innkjøp og fremstilling		C _{2,3} Transport av vegdekkematerialer		C ₄ Maskinarbeide på vegbanen		C ₅ Annet arbeide		C ₆ Støvdemping		C ₇ og C _{8,9} Vedlikehold		Helt nytt	
	Kr	%	Kr	%	Kr	%	Kr	%	Kr	%	Kr	%	Kr	%	Kr	%
Østfold	4 455 284	100	1 119 892	25,1	707 944	15,9	703 755	15,8	84 345	1,9	352 013	7,9	1 009 705	22,7	477 630	10,7
Akershus	6 802 896	100	675 687	9,9	374 606	5,5	600 244	8,8	413 555	6,1	504 536	7,4	3 413 691	50,2	820 577	12,1
Hedmark	7 932 039	100	1 923 359	24,2	1 190 534	15,0	1 223 577	15,4	614 370	7,8	896 070	11,3	783 125	9,9	1 301 004	16,4
Oppland	9 577 184	100	2 178 394	22,7	1 579 385	16,5	1 171 815	12,2	704 756	7,4	1 145 963	12,0	808 022	8,4	1 988 849	20,8
Buskerud	4 454 190	100	1 391 478	31,2	939 123	21,1	467 737	10,5	474 674	10,7	468 839	10,5	492 705	11,1	219 634	4,9
Vestfold	3 606 738	100	624 380	17,3	224 423	6,2	254 293	7,1	192 953	5,3	183 541	5,1	2 014 374	55,9	112 774	3,1
Hedmark	5 744 446	100	942 288	16,4	563 597	9,8	607 118	10,6	184 730	3,2	700 286	12,2	1 252 445	21,8	1 493 982	26,0
Aust-Agder	4 225 619	100	570 407	13,5	458 984	10,8	548 935	13,0	261 513	6,2	447 829	10,6	713 693	16,9	1 224 258	29,0
Vest-Agder	3 675 856	100	435 325	11,9	400 700	10,9	606 119	16,5	431 810	11,7	793 204	21,6	439 257	11,9	569 441	15,5
Rogaland	4 481 131	100	470 628	10,5	423 303	9,4	635 138	14,2	442 575	9,9	742 358	16,6	1 340 773	29,9	1 367 612	30,5
Hordaland	7 827 844	100	1 469 289	18,8	1 915 153	24,5	791 176	10,1	1 056 769	13,5	826 256	10,5	624 453	8,0	1 144 748	14,6
Sogn og Fjordane	3 845 853	100	339 717	8,8	310 953	8,1	353 707	9,2	615 707	16,0	798 258	20,8	268 949	7,0	1 158 562	30,1
Møre og Romsdal	7 486 480	100	1 166 699	15,6	994 734	13,3	1 072 029	14,3	928 670	12,4	879 799	11,7	888 955	11,9	1 555 594	20,8
Sør-Trøndelag	7 998 765	100	1 318 298	16,5	1 302 547	16,3	979 392	12,2	772 657	9,7	608 065	7,6	1 426 727	17,8	1 591 079	19,9
Nord-Trøndelag	6 397 312	100	650 261	10,2	1 313 323	20,5	869 054	13,6	544 979	8,5	561 506	8,8	712 824	11,1	1 745 365	27,3
Nordland	8 867 283	100	1 998 495	22,5	1 982 500	22,4	1 738 674	19,6	797 053	9,0	1 263 157	14,2	329 910	3,7	757 494	8,6
Troms	4 021 966	100	1 146 327	28,5	1 111 727	27,6	551 678	13,7	370 578	9,2	754 695	18,8	86 961	2,2		
Finnmark	3 199 358	100	964 126	30,1	418 848	13,1	185 759	5,8	614 396	19,2	1 012 739	31,7	3 100	0,1	390	
Hele landet 1965	104 600 244	100	18 443 794	17,6	16 212 384	15,5	13 360 200	12,8	9 506 090	9,1	12 939 114	12,4	16 609 669	15,9	17 528 993	16,7
» 1964	108 682 433	100	22 228 891	20,5	17 360 792	16,0	15 809 495	14,5	9 799 853	9,0	11 969 242	11,0	13 692 133	12,6	17 822 027	16,4
» 1963	75 473 370	100	17 185 149	22,8	11 798 828	15,6	11 164 242	14,8	6 168 491	8,2	10 172 790	13,5	8 017 380	10,6	10 966 490	14,5
» 1962	61 863 433	100	12 750 907	20,6	9 870 530	16,0	10 362 782	16,8	6 096 586	9,8	8 733 105	14,1	7 018 605	11,3	7 030 918	11,4
» 1961	57 593 509	100	12 276 507	21,3	11 214 046	19,5	10 652 057	18,5	6 289 592	10,9	8 067 114	14,0	6 068 852	10,5	3 025 341	5,3

Hva betyr vegenes bæreevne for transportkostnadene

Cand. oecon. R. Slettemark

Transportøkonomisk institutt

UDK 625.7/8.003.1

Kostnader ved lastebil drift, bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk

Når bedrifter og enkeltpersoner regner på kostnader ved lastebil drift er det vel ofte ut fra problemstillinger av følgende art: Skal vi bruke egne biler eller leiebiler til et bestemt transportoppdrag? Er kanskje jernbane eller båt å foretrekke. Ved slike overveielser må alle kostnader ved bildriften trekkes inn, også skatter og avgifter.

Ser man saken fra et samfunnsøkonomisk synspunkt, er det mer naturlig å betrakte de realøkonomiske oppfringer som er forbundet med lastebiltransport. Skatter og avgifter kan en da se bort fra. Til gjengjeld må vegbygging og vegvedlikehold bringes inn. Fra et samfunnsøkonomisk synspunkt får vi problemstillinger av følgende art: Skal en veg bygges til 8 tonns bæreevne eller til 10 tonn? Skal man investere i både jernbane og veg, og hvordan bør i tilfelle de knappe investeringsmidlene fordeles?

Selv om bedriftsøkonomiske overveielser ikke direkte kommer inn ved disse problemstillinger, er det en viktig realitet som må fremheves: Det er handlingsmønsteret til bedrifter og enkeltpersoner som er avgjørende for om investeringene samfunnsøkonomisk skal være lønnsomme. Og bedriftenes handlingsmønster vil, i stor grad, være bestemt ut fra privatøkonomiske resonneringer. Når vi i det følgende ser transportkostnadene fra et samfunnsøkonomisk synspunkt, må dette forhold holdes i minnet.

Regnskaper for lastebiler av ulik størrelse

Det foreligger norske regnskapsundersøkelser for lastebiler av lasteevne 4–5 tonn. Dessuten foreligger det bl.a. omfattende tyske og svenske undersøkelser av lastebilkostnadene.

Ved hjelp av slike undersøkelser, og ved bestemte

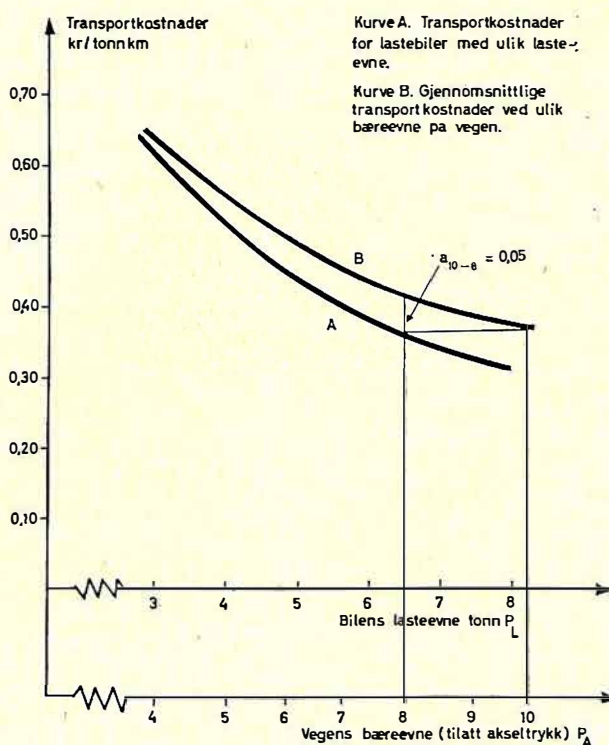


Fig. 1. Sammenhengen mellom transportkostnader, lasteevne og bæreevne. Eksempel: Om vegens bæreevne økes fra 8 til 10 tonn, vil transportkostnadene falle med kr 0,05 pr tonnkm.

forutsetninger om utnytting av lasteevnen, bruk av tilhenger m.v. kan en beregne transportkostnadene pr tonnkm for biler med forskjellig lasteevne. Dette gir kurve A i figur 1. Figuren sier f.eks. at transportkostnadene for en lastebil med 5 tonns lasteevne er ca 44 øre/tonnkm, mens de for en 8 tonns lastebil er ca 30 øre/tonnkm. Kostnadene er regnet eksklusive skatter og avgifter. Lønnskostnader er fremskrevet 10 år fremover fra dagens nivå med en tilvekst på 3% p.a. Dette er gjort for senere bruk av tallene i lønnsomhetsberegninger.

Forutsetninger om hvordan landets lastebilpark vil tilpasse seg økt bæreevne

Om bæreevnen på et vegnett økes fra f.eks. 5 til 8 tonns akseltrykk, vil en stor del av transportene etter hvert bli utført med større lastebiler enn tidligere. Men det er også åpenbart at det i noen transportert fortsatt vil bli anvendt mindre lastebiler, f.eks. ved distribusjonskjøring fra en kjøpmann. Om en tenker seg bæreevnen på et vegnett økt til f.eks. 20 tonns akseltrykk, ville praktisk talt ingen lastebiler kunne nyttiggjøre seg det. Det ville relativt sjelden være praktisk med så store transportert, og dessuten ville slike lastebiler nødvendiggjøre investeringer for å endre vegens linjeføring, de ville stille økte krav til lagerbygninger etc. Det må derfor være slik at om bæreevnen økes ut over et visst øvre nivå, vil det suksessivt bli færre og færre biler som kan anvende det høyest tillatte akseltrykk.

For å studere hvordan en lastebilpark tilpasser seg økt bæreevne på vegnettet, kan vi ta for oss utviklingen i Sverige i årene 1953-62. Her kan det påvises en god sammenheng mellom den prosentandel av det svenske vegnettet som har tillatt akseltrykk over f.eks. 8 tonn i de ulike år og den andel av nyregistreringene som f.eks. har 8 tonns akseltrykk. Ved hjelp av slike undersøkelser kan det påvises at ettersom det tillatte akseltrykk økes, blir det suksessivt en noe mindre andel av lastebilparken som ligger like under grensen for tillatt akseltrykk. Dette kan utnyttes til å beregne en kurve for gjennomsnittskostnader for lastebiltransportert avhengig av ulike bæreevne på vegnettet. Denne beregningen er gjengitt i figur 1. Den viser f.eks. at om vegnettets bæreevne øker fra 8 til 10 tonn tillatt akseltrykk, så vil de gjennomsnittlige transportkostnader falle med ca 5 øre/tonnkm.

Hvilke investeringer er nødvendige for å kunne tillate et høyere akseltrykk?

Når en ny veg skal bygges, vil en økning av bæreevnen fra 8 tonns akseltrykk og 12 tonns boggitrykk, til 10 tonns akseltrykk og 16 tonns boggitrykk kreve en merinvestering på ca 2,5 prosent. Overgang fra 10 tonns akseltrykk til 13 tonn krever en merinvestering av omlag samme størrelsesorden. Om man som et gjennomsnittstill regner at det koster 1000 kr/m å bygge en tofeltveg, vil dette si at de nevnte forsterkninger koster ca kr 25,- pr m nybygget veg.

Om en skal forsterke eksisterende veg fra 8 til 10 tonns akseltrykk, vil investeringsbeløpene i regelen være større. Men på de lavere trinn av bæreevnen er situasjonen ofte at det bare er bruene og bestemte svake punkter som behøver å bli forsterket. I det følgende skal vi se på en slik situasjon.

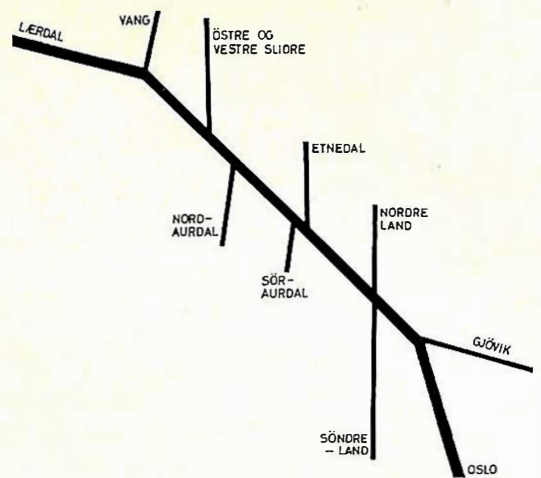


Fig. 2. Riksveg 60 og 70 med avgreninger.

Forsterkninger av bruene og svake partier på et vegnett. Et regneeksempel.

Når en skal regne på om det lønner seg å forsterke veger, vil det praktisk talt alltid være nødvendig å se på en rekke veger sammen. Lønnsomheten ved å forsterke en bestemt veg fra A til B er avhengig av hva man forutsetter av bæreevne på andre veger som grenser opp til denne. Ofte kan systemet forenkles til en hovedveg med avgreninger, slik det er vist i fig. 2.

I et slikt system kan en f.eks. beregne hvordan det lønner seg å forsterke alle bruene som er under 8 tonns akseltrykk. Det blir en jevnføring av hva det koster å forsterke bruene idag og hva en får igjen ved lavere transportkostnader i fremtiden. Beparelsene i transportkostnader, regnet pr tonnkm, kan avleses fra fig. 1. Det faktiske antall tonnkm beregnes ut fra O-D undersøkelser av godstransportene. Ved visse generelle forutsetninger om vekst i transportmengden, kan en så anslå tonnkm-tallet på et fremtidig tidspunkt. Beregningen av lønnsomheten uttrykt ved intern forrentning, gjøres på en elektronisk regnemaskin. Tabell 1 viser et eksempel på beregningsrutine med 20% som kritisk nedre grense for forrentning.

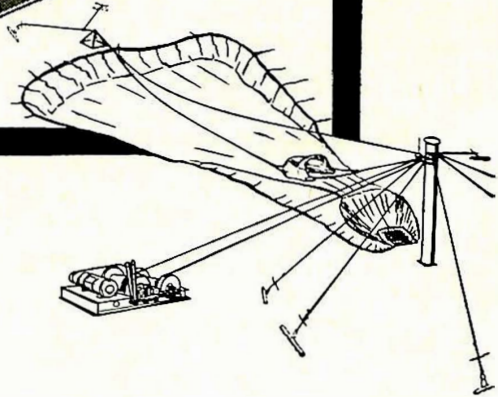
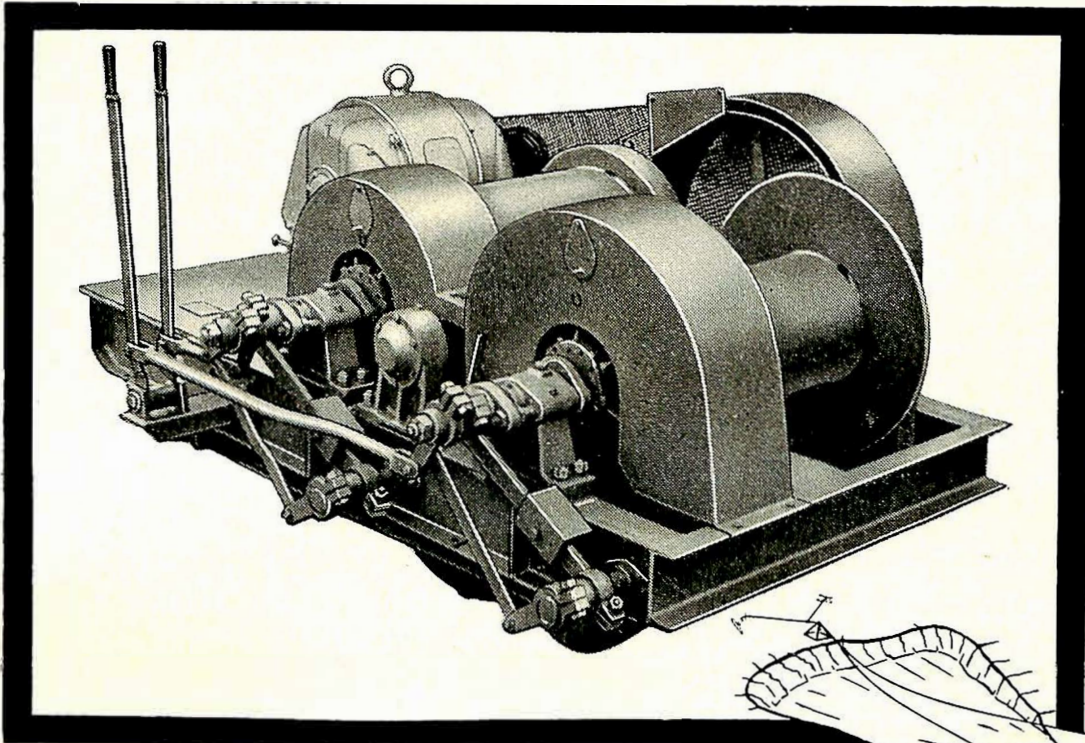
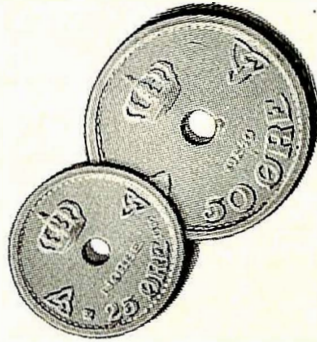
Tabell 1. Forrentning med 20% som kritisk nedre grense.

Strekning	Kombinasjon	Grenseinvestering 1000 kr	Investeringene kumulert 1000 kr	Grenseforrentning r'	Gjennomsnittsforrentning r
Nord-Aurdal, lokal	7	1 453	1 453	24	24
Oslo-Søndre Land	1-3	1 355	2 808	61	42
Oslo-Nordre Land	1-4	1 653	4 443	62	49
Oslo-Sør Aurdal	1-6	2 930	7 373	41	46
Oslo-Nord Aurdal	1-7	125	7 498	495	53
Oslo-Ø. og V. Slidre	1-8	2 224	9 722	30	48
Oslo-Vang	1-9	1 080	10 802	24	46
Oslo-Lærdal	1-10	1 150	11 952	120	53
Gjøvik-Etnedal	2-5	608	12 560	23	51

De kan grave og laste

for mindre enn

pr. m³



INVESTER MINDRE — PRODUSER MER!

De kan komme så langt i arbeidsytelse at hver m³ utgravet koster mindre enn 75 øre. En mann og et robust og høyeffektivt slepeskrapeanlegg kan stå for en slik prestasjon. Sven Carlson AB lager komplette anlegg for all slags graving, lasting, mudring og rensing over og under vann. Grustak, vei- og vannkraftindustri, gruvedrift, tre- og celluloseindustri osv. kan yte mer med mindre investering.

Også De kan dra fordel av billigere og bedre ytelser gjennom Sven Carlson AB's 50-årige erfaring.

Stavanger: Tor Ludsten, tlf. 31805.

Bergen: Anton G. Rosenberg, tlf. 32920.

Tromsø: A/S G. Hartmann/T. Værnes, tlf. 32799.

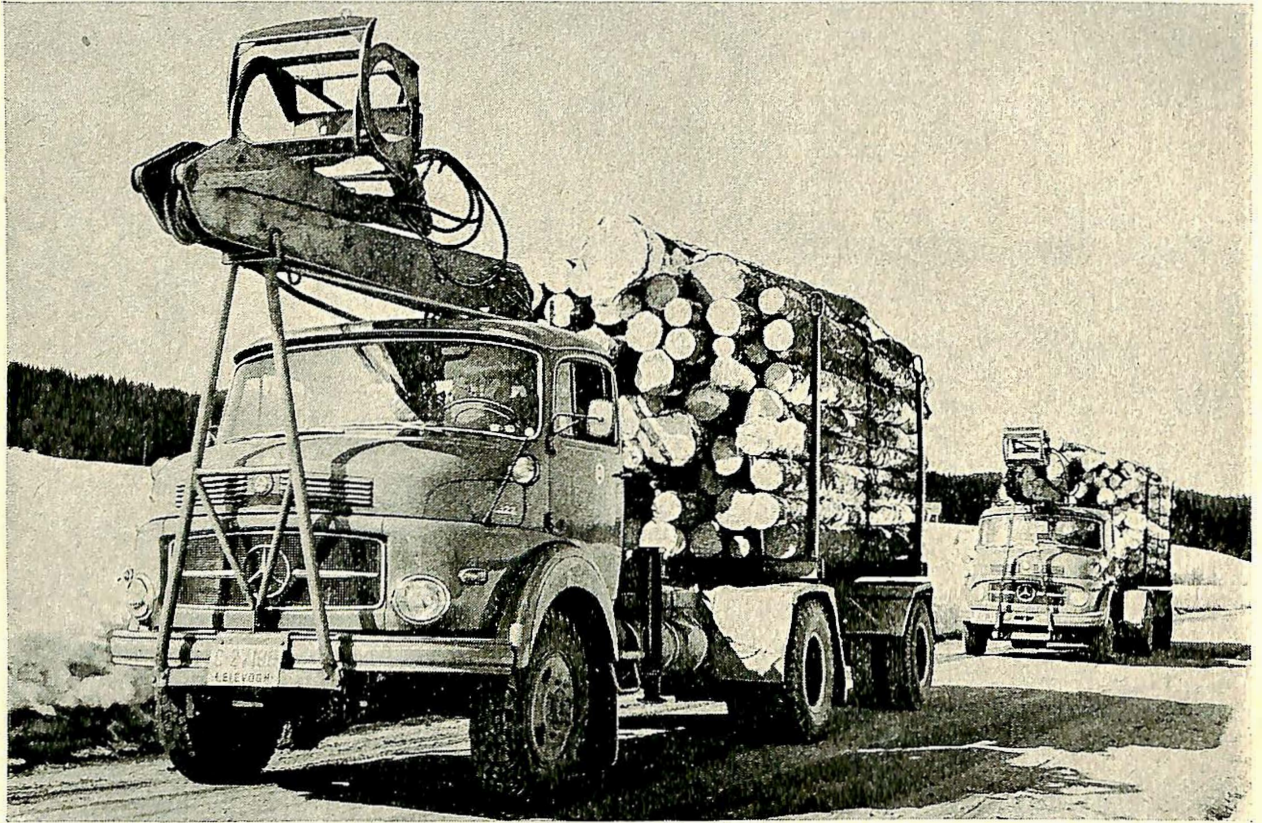
2- og 3-trommelspill,
skuffer og blokker
leveres av

X A/S G. HARTMANN X
POSTBOKS NR. 1 - OSLO - TLF. 55 56 70

KUNDENS TILLIT ER VÅRT MÅL

MERCEDES-BENZ

L 1413 Tømmervogn - akselavstand 4,2 m



Registrert ved 12 tonn totalvekt - 8 tonn akseltrykk - nyttelast 5700 kg

(Kan registreres for inntil 13 tonn totalvekt.)

Vektspesifikasjoner:

	Foran	Bak	Total
Vognen i driftsferdig stand med skogselefantkran, fjernstyrt vinsj, kulesvingkrans med tømmerbanke og kjeipestaker	3625 kg	2445 kg	6070 kg
Fører og passasjerer	150 »	75 »	225 »
Nettolast	225 »	5480 »	5705 »
Totalvekt	4000 kg	8000 kg	12000 kg

Vognen på bildet er levert med servo-styring, 2-speed bakaksel og differensialspærre.

Km.avgift 20 øre (som leievogn).

Generell karakteristikk:

Motor: Diesel, 6-sylindret, direkte innsprøytet. Utvikler 140 HK/SAE ved 2800 o/min.

Med turbo utvikler motoren 165 HK/SAE v/ 2800 o/min.

5-trinns fullsynkronisert gearkasse. Motorbrems og 2-speed bakaksel er standardutstyr.

L 1413 leveres også med firehjulstrekk.

MERCEDES-BENZ



Stjernebilen for transport

Importører:

Oslo: BERTEL O. STEEN A/S

Trondheim: FRITHJOF ANDERSEN

Bergen: BRØDRENE ALGAARD A/S

Stavanger: KNUT HAUGE JR. A/S

Allerede på stadiet «2-kombinasjoner» er samtlige godsstrømmer og investeringer inkludert i beregningen. Videre beregninger med «3-kombinasjoner» osv. er derfor hensiktsløse.

Det totale investeringsbeløp 12,6 mill. kroner gir en forrentning på ca 50 %.

Det er rimelig å anta at det foruten investeringer i bruene også er nødvendig med visse investeringer i vegger for at de større transportenheter skal kunne tas i bruk. Det kan dels være investeringer i bærelag, dekke m.v. og dels breddeutvidelser. Med et krav til minimumsforrentning på 20% kan det investeres 16 mill. kroner i vegene i tillegg til de 12 mill. i bruene. Settes minimumsforrentningen til 10%, kan det investeres hele 44,0 mill. i vegene. Disse tall illustrerer godt hvilke rasjonaliseringsreserver det ligger i å øke bæreevnen på vegnettet.

Investeringene i forsterkning generelt. Avslutningsmerknader

Beregninger av den art som er skissert i det foregående, kan gjøres for hele landets riksvegnett. Det forutsettes samme kostnader for forsterkning som nevnt før, samt at en på riksvegnettet, ca 25000 km, vil avvikle den alt overveiende del av tonnkm-tallet i fremtiden. Lastebilparken forutsettes å tilpasse seg økt bæreevne etter det mønster som er angitt i figur 1. Selv om disse forutsetningene vil kunne diskuteres, gir oppstillingen nedenfor en god indikasjon på lønnsomheten ved forsterkning.

Totalberegninger av denne art vil selvsagt dekke over det forhold at en del av riksvegene vil være så svakt trafikert at det ikke lønner seg å gå over 8 tonns-

Lønnsomheten av en økning av akseltrykk og boggitrykk om en ombygging av riksvegnettet skal foretas.

Økning av tillatt akseltrykk og boggitrykk	Merinvestering i vegger og bruene mill. kroner	Besparelse i lastebil-kostnader pr år, mill. kroner	Intern forrentning %
8/13 til 10/16	625	145	22
10/16 til 13/21	655	70	8,5

grensen. På den andre siden vil riksveger med stor trafikk ha en forrentning som ligger langt over de gjennomsnittstall som oppstillingen viser.

En stor del av riksvegnettet har idag tillatt akseltrykk under 8 tonn. Selv om en forsterkning av disse vegene, uten ombygging, i regelen vil ligge over kr 25,- pr m slik forutsatt ovenfor, innser en at de store besparelser på transportsiden vil gi god lønnsomhet.

De enkle beregninger som er gjort her, viser at lønnsomheten ved forsterkning av vegger kan ligge langt over det man vanligvis ville forlange ved investeringer i den private sektor. Tar en utgangspunkt i offentlige investeringer, er forholdet at en her ofte ikke kan beregne lønnsomhet. Det vil gjelde investeringer i skoler, sykehus, idrettsanlegg osv. Et område hvor det kan beregnes lønnsomhet, er elektrisitetsforsyninger. For sektoren «vann- og kraftforsyning» som domineres av elektrisitetsforsyningen er den reelle kapitalavkastning i 1950-58 beregnet til ca 3%.

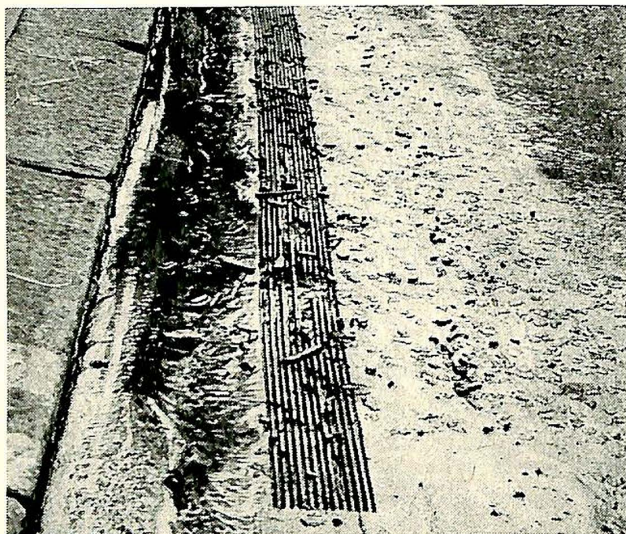
Kraftutbyggingen har et relativt enormt omfang i vårt land. Man bør snarest ta opp til drøfting om det bør finne sted en overføring av investeringer fra kraftutbygging til vegutbygging. Den marginale avkastning av investeringene i de to sektorer bør ligge på samme nivå.

Til våre abonnenter

Vi meddeler herved at abonnementsprisen er kr 20 pr år fra 1. januar 1967.

Gatemarkeringer

I Londons gater kan man nå se både gule og, i noen tilfelle, også røde streker som løper parallelt med fortauskanten. De røde strekene, som forøvrig bare er noen få uker gamle, forbyr fotgjengerne i det hele tatt å forlate fortauet. Overtredelse av forbudet kan koste opptil 20 pund i multt, oppgis det.



Fuger skåret med diamantsagblad.

De gule strekene, som angir parkerings- og stoppforbud, er av eldre dato. Da de som oftest forekommer i gater med stor trafikk, slites malingen raskt ned. I stedet for maling har man derfor mer og mer gått over til å legge ned en gul masse. For å skjære de nødvendige fugene bruker man meget en maskin med 12 diamantsagblad montert på samme spindel.

Tidligere har det vært vanlig at slikt utstyr først og fremst ble anvendt for bearbeiding av betongdekker for å gjøre overflaten ru og minske sklifaren. De arbeider som nå utføres har vist at diamantbladene også egner seg ypperlig til markeringsstripene, og fremfor alt at arbeidet går så raskt at trafikken ikke forstyrres.

Nytt i London er også arbeidet med å bygge en «grønn» trafikkring rundt de sentrale delene. For å forenkle arbeidet med omplasing av kablene til trafikkløysene skjærer man bort to parallelle striper i vegbanen ved hjelp av dobbelte diamantsagblad, og behøver så bare å hugge vekk den mellomliggende gatebelegging. (Pressemelding Svenska Argus.)

Personalia

Ansettelse i Vegdirektoratet:

Even Sund som avdelingsingeniør I.

Ansettelse i Vegadministrasjonen i fylkene:

Akershus: Ellen Skaarud som kontorassistent.
Hedmark: Karl Martin Amdahl som konstruktør II.
Oppland: Gudbrand Kalrasten som tegner.
Telemark: Arne Ballestad som avdelingsingeniør I, Torkjell Malmanger som konstruktør I og Berit Johansen som kontorassistent.
Hordaland: Anders Sigbjørn Moen som avdelingsingeniør I og Hans Nortvedt som avdelingsingeniør II.
Sogn og Fjordane: Lars Lefdal som avdelingsingeniør I.

Nordland: Otto Synnes som avdelingsingeniør II og Jarl Helland som konstruktør III.

Troms: Martin Eriksen som konstruktør I.

Finnmark: Herlöv Hansen som kontorassistent.

Våre nordiske kolleger

Dansk Vejtidskrift nr 8, 1966:

Udvalgsberetninger 1966.

Kellermann, O. K.: Overvejelser over rejselovsfunktionen.

Rallis, T.: 3. symposium vedrørende teori for trafikstrømme.
la Cour, Aa.: Danmark har nu mere end 1 mill. biler.

Dansk Vejtidskrift nr 9, 1966:

Bræstrup-Nielsen, N.: Det nye vejlaboratorium i England.

Rørbeck, J.: Kritisk interval i et vejkryds.

Landstrøm, H.: Samarbejde mellem politi og vejvæsen.

Simonsen, E. og Petersen, L.: Samarbejdende signalanlæg for vej- og jernbanetrafik.

Thagesen, B.: Mekanisk stabilt grus.

Rundskriv fra Vegdirektoratet

Nr 39 Rk. 9. september 1966 til vegsjefene ang. legitimasjoner ved utbetaling av sykelønn.

Nr 40 Pk. 9. september 1966 til vegsjefene og de bilsakkyndige ang. erstatning ved dødsfall som følge av arbeidsulykker i statens tjeneste og ved ulykker som følge av militær tjenestegjøring.

Nr 41 Bk. 15. september 1966 til vegsjefene ang. samordning av utbygging av havner og/eller veg/bruforbindelser i kyststrøkene.

Nr 42 Pk. 23. september 1966 til fylkesmennene og vegsjefene ang. pensjonsordningen for Statens arbeidere. Regulering av pensjonsavgiften pr 1. mai 1966.

Nr 43 Pk. 26. september 1966 til vegsjefene ang. regulering av vegoppsynsmennenes kompensasjonstillegg.

Nr 44 Lab. 6. oktober 1966 til vegsjefene ang. teleundersøkelser 1966/67.

Nr 45 Bru. 10. oktober 1966 til vegsjefene og de bilsakkyndige ang. dispensasjon for motorvogner.

Nr 46 S.reg. 12. oktober 1966 til politimestrene og Statens bilsakkyndige ang. Statens bilsakkyndiges etterlysning av motorvogner og kjennemerker.

Nr 47 Pk. 27. oktober 1966 til vegsjefene ang. tegning av andeler i boligbyggelag.

Nr 48 Jur. 15. oktober 1966 til vegsjefene om endring av og tillegg til forskrifter om behandling av saker om eiendomsinngrep etter vegloven, fastsatt ved Kronprinsregentens resolusjon den 15. januar 1965, Jfr. rundskriv nr 6/65 V.

Nr 49 Bru. 25. oktober 1966 til vegsjefene og de bilsakkyndige ang. dispensasjon for motorvogner. Korreksjon av rundskriv nr 45/46 Bru.

Nr 40 M. 19. september 1966 til Statens bilsakkyndige. Mekanisk påløpsbrems med hydraulisk støtdemper fabrikkat Peak Trailer and Chassis Ltd., type PCB 1.

Nr 41 M. 21. september 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt International.

Nr 42 M. 22. september 1966 til Statens bilsakkyndige. Brøytelys.

Nr 43 M. 23. september 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt Saab 95 V 4.

Nr 44 M. 24. september 1966 til politimestrene og Statens bilsakkyndige. Taxi-lykt for montering på taket av drosjer.

Nr 45 M 12. oktober 1966 til Statens bilsakkyndige. Regler om transport av levende dyr.

Nr 46 M 13. oktober 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt M.A.N., modell 21215 DHK og DHKA.

Nr 47 M 13. oktober 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt Opel.

Nr 48 M 17. oktober 1966 til vegsjefene, politimestrene og Statens bilsakkyndige. Godkjenning av Carmax motorvarmer type 2612.

Nr 49 M 17. oktober 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt Hanomag Matador «E».

Nr 50 M 25. oktober 1966 til Statens bilsakkyndige. Avgift til statskassen ved registrering av biler som er bygget opp her i landet.