

Särtryck ur  
Elteknik med  
aktuell elektronik  
6 april 1977

**Tungt vägs lätt  
med mobil vågstation**

av *Per Christiansson*

Med en ny vågstation kan man registrera fordons axellaster utan att störa trafikströmmen.

# Tungt vägs lätt med mobil vågstation

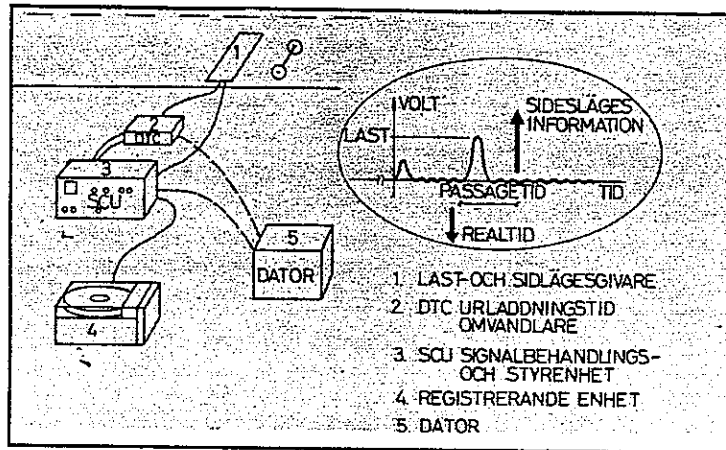
Vi presenterar här en vågstation för trafikmätningar. Med hjälp av en speciell givare kan man mäta och registrera fordonens axellaster, axelhastigheter och lägen i sidled. Man kan dessutom anteckna passagetiden och hela proceduren kan genomföras utan att man stör trafikströmmen. Den mobila vågstationen beskrivs av en av konstruktörerna, tekn dr Per Christiansson vid Tekniska Högskolan i Lund. Vågstationen med tillhörande elektronik har övertagits i prototypstadiet av Telub i Växjö.

Vågstationen utvecklades i samband med att man genomförde teoretisk forskning rörande modeller för beskrivning av laster och lasteffekter som påverkar vägbroar. Forskningsprojektet (2) har bedrivits vid institutionen för Byggnadsteknik II, Lunds Tekniska Högskola och finansierats av Statens Vägverk, Brosektionens utvecklingsavdelning.

För att de framtagna teoretiska last- och lasteffektmodellerna skall kunna testas på dagens trafikförhållanden krävs dels uppgifter om de lasteffekter som uppträder i en brokonstruktion, dels om de fordonslaster som orsakar påkänningarna. Påkänningsvariationerna kan registreras med känd teknik medan däremot mätning av motsvarande laster inte kan göras enkelt.

## Givarprototyp

Givaren, figur 1, som spikas eller skruvas fast i vägbanan, är av kapacitiv typ och lämnar under axelpassage en med ti-



Figur 1. Schematisk skiss av givarprototyp med elektronikenheter.

den varierande kapacitans proportionell mot den verkande lasten. En elektronikenhet, DTC, ser till att den uppkomna kapacitansändringen blir omvandlad till en analog spänning. Kontrollenheten, SCU, omvandlar den maximala axellasten till en sifferkod och tar emot information från sidlägesgivaren, vilken befinner sig i lastgivarens avfartsramp. Vidare beräknar kontrollenheten tiden för passage av givaren och registrerar klockslaget för axelpassagen. Axeltryck, sidläge, klockslag och passagetid för varje axel, som är tyngre än en förinställbar nivå, lagras i ett minne i kontrollenheten för vidare utmatning till registrerande utrustning, en remsstans eller kassetbandspelare. Den registrerande utrustningen kan även ersättas av en dator, vilken kan administrera ytterligare aktiviteter t ex registrering av påkänningsvariationer i olika punkter i en brokonstruktion.

## Lastgivarelement

Den valda principen för lastgivare grundar sig på teorin för gummilager och på funktions sättet för plattkondensatorer. Olika utformning av givarelementen (strimlorna) har testats statistiskt i en 100 kN handdriven hydraulisk press. Dessutom har försök med upprepade belastning av givarelement gjorts.

När strimlan påverkas av en vertikal kraft, som ger ytrycket  $p$ , blir deformationen

$$\delta = p \cdot t^3 / G \cdot b^2$$

enligt teorin för gummilager och innebär att gummit endast formändras ( $p$ :s utbredning i strimlans längsled är stor jämfört med  $b$  ( $>3 \cdot b$ )).

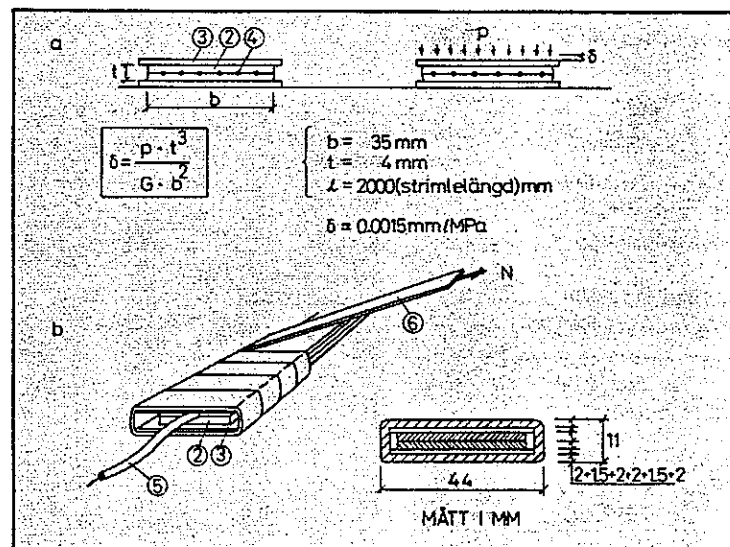
På grund av att det mellersta "metallsiktet", trådarna, inte erbjuder motstånd mot den horisontella deformationen erhålles en större deformation än om dessa utbytes mot ett metallskikt. Och eftersom ett relativt mjukt lim, kontaktlim, används uppstår ej heller skjuvkrafter mellan gummi och lim.

Som synes är deformationen linjär med yttre last. Den relativa volymförändringen mellan plåtarna blir per kN (sorter mm, N)

$$\begin{aligned} \frac{\delta}{t} &= \frac{p \cdot t^2 \cdot 1000}{G \cdot b^2 \cdot p \cdot l \cdot b} \\ &= \frac{1 \cdot (4)^2 \cdot 1000}{0,35 \cdot (35)^2 \cdot 2000 \cdot 35} \\ &= 0,053 \% / \text{kN} \end{aligned}$$

Den elektriska uppbyggnaden av strimlan kan ses som två kondensatorer med gemensam "varm" plåt, nämligen trådarna. På grund av att de "kalla" plåtarna omger den varma, är strimlorna praktiskt taget okänsliga för störningar. (Med "kall" plåt avses plåt med nollpotential.) Kapacitansen för vardera kondensatorhalvan kan bestämmas till  $C=1,7 \text{ nF}$ .

Det har emellertid visat sig att en reduktion av kapacitansen måste göras när plåt ersättes av trådar (randfenomen). Ju glesare trådarna ligger



Figur 2a och b: Strimlorna är uppbyggda av 2 lager 2 mm naturgummi (2), hårdhet 40 shore och skjuvmodul  $G=0,35 \text{ MPa}$ , samt två 1,5 mm tjocka plåtar (3), limmade mot vardera gummistrimlorna. För hoplimningen av strimlehalvorna, med kontaktlim, fixeras 6 st pianotrådar (4) med diametern ungefär 0,25 mm, mellan halvorna, samt pålödes en tvärförbindning och på denna en koaxialkabel (5). Den sålunda erhållna strimlan lindas därefter med en spänd gummistrimla av naturgummi (6), ungefär 3 mm tjock och 30 mm bred, så att gummit (2) i strimlan blir utsatt för en förspänning av ungefär 0,3 MPa. Alternativa former för förspänning är också tänkbara.

ju större blir reduktionen. Aktuellt C är omkring 800 pF. Förutom att strimlan blir störokänslig blir den påverkbara kapacitansen större genom att trådarna inlägges. Detta skall ses mot bakgrunden av att givaren skall göras så låg som möjligt, för att minimera de dynamiska effekterna av fordons-påfarten.

Kapacitansändringen är, för små deformationer, linjär med sammantryckningen  $\delta$ . Den totala kapacitansändringen blir därmed proportionell mot volymförändringen. Således erhålles per strimla

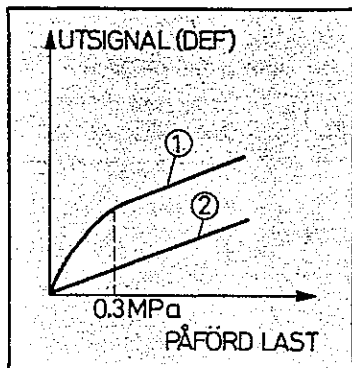
$$\frac{800 \cdot 0,053}{100} = 0,4 \text{ pF/kN}$$

På grund av gummits molekylära uppbyggnad erhålles det principiella sambandet mellan påförd last och utsignal enligt figur 3 där knäet, för strimlor med höjd och bredd av inre gummit enligt ovan, ligger vid ungefär 0,3 MPa. Denna olinäritet beror på att gummit kan ses som uppbyggt av mjukare och hårdare fjädrar. Efter förspänning erhålles linjär utsignal.

### Elektronikenheterna

Av elektronikenheternas funktion skall här endast urladdningstidomvandlarens arbets-sätt kortfattat beröras. Signalbehandlings- och styrenheten 3 behandlas utförligt i (1).

Varje strimla försörjes med en 20 KHz fyrkantspänning, figur 5. Vid passage av fordon över givaren ändras kapacitansen och därmed varje strimlas urladdningstid över en bestämd resistans. Genom att studera en del av urladdningskurvan och översätta ändringen till en tid och sedan en spänning, erhålles en med kapacitansändringen varierande analog signal. Detta sker i DTC-enheten. Den analoga signalen sändes vidare till SCU:n för att där förstärkas i önskad grad.

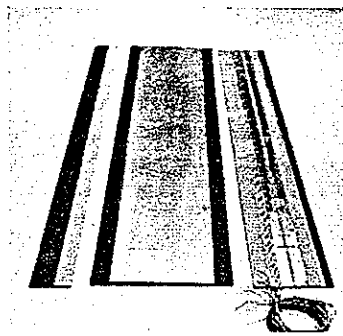


Figur 3. Utsignalens variation med påförd last före, ①, och efter, ②, förspänning.

Med valda givarelementdimensioner (styvhet) lämnar DTC:n för närvarande ungefär 5 mV per pF kapacitansändring över en total lastgivar-kapacitans av ungefär 5 600 pF. Enligt ovan motsvarar 1 pF ungefär 2,5 kN vilket även utgör nuvarande upp-lösning.

### Trafikanalysystem

Om givaren passerar av en kö av lastbilar (korta tidsavstånd) kan det vara svårt att separera fordonen. Emellertid ger sidlägesgivaren information om axeln är försedd med singelhjul eller tvillinghjul, eftersom antalet aktiverade bleck i sidlägesgivaren blir olika (upp-lösningen för prototypens sidlägesgivare är 100 mm, dvs bleckens bredd). Sålunda kan följande tes uppställas: om axellasten är tillräckligt hög och axeln försedd med singelhjul är sannolikheten stor att axeln ifråga sitter fram på en lastbil. Urvalsmetoderna kan ytterligare förfinas genom införandet av andra algoritmer i datorns analysprogram (exempelvis uteslutande av "lastbilar" med tvillinghjul på framaxel och singelhjul på bakaxel).



Figur 4. Givarprototyp före hopsättning. Från vänster uppåt, täckplåt och avfart med sidläges-givare utan täckgummi. Givarelementen limmas mot täckplåtens undersida. (Ingen hålltagning gjord.)

En mera detaljerad insamling av speciella fordonskarakteristika kan exempelvis omfatta:

- viktfordelning på axlar som funktion av fordonsbruttovikt
- axelavståndsfördelning som funktion av fordonsbruttovikt
- fordons-hastighetsfördelning som funktion av fordonsbruttovikt

Trafikkaraktistika kan lagras som:

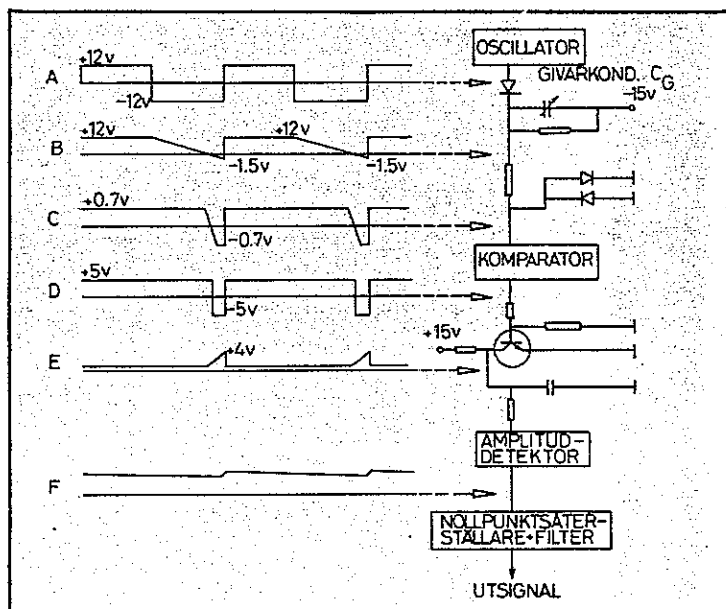
- fördelning av tidsavstånd mellan fordon
- fördelning av antalet fordon i köer
- fördelning av tidsavstånd mellan köer och inom köerna
- sidlägesfördelning som funktion av fordonsbruttovikt och fordonstyp.

### Fördelar

Den beskrivna givarelementutformningen lämpar sig speciellt för laster med yttryck på maximalt 1 à 2 MPa. Genom att göra strimlans bredd/höjdförhållande mindre (givarelementens förhållande är  $35/4 = 8,75$ ) erhålles större deformation och därmed bättre utsignal/brus-förhållande. Omvänt kan det mellan plåtarna liggande gummits hårdhet ökas om högre yttryck förväntas. En av lastgivarens fördelar är att den kan mäta laster som är utbredda över en yta trots att höjden ligger runt 10 mm. En kort strimla (200 mm) kan även fungera som en låg lastcell. Man kan även tänka sig att lastgivaren utgör upplag eller del av ett upplag som bygges in i en konstruktion. Därefter kan man under viss tidsrymd mäta lastförändringar på den konstruktion som lagret bär upp.

### Referenslista:

- 1 Christiansson, Per. Göteson, Bengt: "Mobil vägstation för mätning av fordons axellaster, axelhastigheter samt sidlägen i verklig tid." Institutionen för Byggnadsteknik II, Lunds Tekniska Högskola, 1976.
- 2 Christiansson, Per: "Probabilistic models for calculation of load spectra and load-effect spectra for highway bridges." Report 71. Division of Building Technology, Lund Institute of Technology, 1976. ■



Figur 5. Urladdningstidomvandlaren, DTC. Den negation pulsen (kurva D) minskar i bredd vid ökat kondensatorvärde  $C_G$ . Därmed minskar höjden på pulsen (E) och därmed även utsignalen. Den olinäritet som finns på kurvornas logaritmiska utseende är i detta fallet acceptabel. (Efter Bengt Göteson)