

Anders Lenngren, VBv
24 februari, 1987
Långtidsprojekt

LASER-RST. UTVECKLING PÅ LÅNG SIKT

Inledning

Laser RST som system medger insamling av stora mängder av data. Det är dessutom relativt enkelt att ändra beräkningsrutiner, införa nya parametrar eller att ändra insamlingstäthet etc. Det är med andra ord frestande att försöka samla mängder av parametrar som beskriver vägens tillstånd på alla möjliga sätt. Allt med det självklara syftet att främja vägens underhåll.

Emellertid är det viktigt att fastslå konsekvenserna av att införa nya uppgifter för mätfordonet. Eftersom datainsamlandet som regel skiljer sig från klassiska uppskattningar av den önskvärda mätparametern måste särskild uppmärksamhet iakttagas beträffande effekten av mätförfarandet. Möjligheten att genom helt nya koncept bättre beskriva vägens tillstånd måste vägas mot de erfarenheter som hittills gjorts med andra mätmetoder så att kontinuiteten bevaras. Det är också viktigt att inse att varje parameter konkurrerar med varje annan parameter vad beträffar upplösning och precision.

Mätbilens uppgifter

Inom ramen för systemteknisk väghållning kan man framhålla två alltigenom väsentliga inriktningar av fordonets användning. Den ena är mätning av tillstånd på vägnätsnivå, något som de facto pågår kvantitetsmässigt. Därmed förstås att utvecklingen ska syfta till kvalitetskontroller. Kapaciteten är och förblir hög på vägnätsnivån. Vad beträffar den andra inriktningen, objektsnivån, ställs högre krav på systemet. Kravet på representativa och determinativa parametrar är högre och dessutom fordras en betydligt större resurs i mätkapacitet. Mellanting mellan de beskrivna nivåerna finns också. Det kan till exempel finnas anledning att detektera vissa förekomster som fordrar särskild uppmärksamhet eller omedelbar åtgärd. Detta kan dock inte vara huvuduppgiften för systemet eftersom det då får karaktären av övervakning och kräver tätt återkommande mätningar. Detta utesluter inte att förfarandet kan komma ifråga för en liten men viktig del av vägnätet. Självfallet kan också många parametrar vara av intresse i speciella fall till exempel kontroll av utförda arbeten.

Ultima Thule

Det viktigaste målet med ett mätfordon av denna typ är att fungera som objektiv grund för beslutsunderlag på såväl vägnätetsnivå som objektsnivå i systemteknisk väghållning. Utvecklingen av fordonet bör därför inriktas på denna uppgift.

Forskningen inom detta område visar att beträffande asfaltbundna beläggningar finns det tre egenskaper avhängiga av vägytan som mycket kvalificerat beskriver en vägs nedbrytning. Dessa är:

- Jämnhet
- Spårbildning
- Sprickbildning

Den första egenskapen, jämnheten, beskriver det funktionella tillståndet hos vägen eftersom oönskad kraftpåverkan (i huvudsak i vertikal riktning), på fordon, passagerare och gods är beroende av ytans längsgående variation. Således kan en väg som medger hög och jämn transporthastighet anses fylla en god funktion och en väg som är i så dåligt skick att transporten knappt kan ske inte kunna fylla sin funktion alls. Däremellan finns varierande grader av funktionellt tillstånd.

En väg som inte underhålls försämrar gradvis på grund av trafik och klimatpåverkan varför insatser måste göras för att vidmakthålla det funktionella tillståndet. Därför är detta funktionella tillstånd ett utomordentligt bra mått på vägens värde och förändringen av det beskriver vägens eller vägnätets ständiga nedbrytning.

Emellertid är det funktionella tillståndet inte tillräckligt för att beskriva eventuella åtgärder som kan bli nödvändiga för att vidmakthålla vägens skick. Det kan tänkas att ett visst funktionellt tillstånd uppstått på grund av någon defekt i vägkroppen, men ingen information finns för att närmare beskriva var och hur defekten uppstått. Därför är det nödvändigt att beskriva vägens strukturella tillstånd. Detta låter sig göras genom kvalificerad bedömning av sprickor och spår i vägytan. Att just dessa defekter är speciellt lämpade beror på att nedbrytningsförloppet kan beskrivas som en funktion. Upprepade mätningar behöver därmed inte vara en nödvändighet. Dessutom kan kännedomen om arten av spår eller sprickor leda till en kvalificerad bedömning av orsaken och leda till en preciserad åtgärd.

Det funktionella tillståndet

Eftersom det funktionella tillståndet beskriver fordonets, eventuellt människans uppfattning om vägens kvalitet har det legat nära till hands att bygga mätfordon, vilka i den normala trafikens hastighet kunnat mäta diverse påkänningar från vägen. PCA-mätaren och den sk bumpmätaren är några kända exempel på detta. Typiska problem med dessa mätfordon är hastighets- och åldersberoende. Det sista speciellt svårt då såväl fjädring som rörelsedämpning förändras med tiden.

Förutsatt att den längsgående profilen, (t ex i något hjulspår) kan bestämmas går det dock att beräkna ett fordons vertikala rörelser om man gör vissa antaganden om fjädring, dämpning, massa, hastighet och relevanta våglängdsintervall. Eftersom den vertikala accelerationen och avståndet från accelerometer till vägbana kan mätas uppfyller LASER-RST förutsättningarna för att beräkna det funktionella tillståndet. Resultatet kan uttryckas i den niogradiga komfortskala som använts en tid i Sverige. Ett bättre index är antagligen "quarter-car" eftersom det kan förväntas få en internationell spridning. På så sätt kan Sveriges vägnät lättare jämföras med andra. Naturligtvis kan vilket index som helst beräknas ifall längsprofilen är känd. Frågan är dock vilka rådata som skall sparas, vad beträffar våglängdsintervall och upplösning.

Quarter-car index medför vissa komplikationer ty det förutsätter att man mäter profilen i ett hjulspår. Därmed ställs krav på dem som utför mätningen att de verkligen mäter på samma ställe vid återkommande mätningar. Dessutom kommer en jämn men spårig väg att tilldelas samma funktionellt tillstånd som en jämn väg utan spår. Det synes alltså tilltalande att införa även ett jämnhetsmått i tvärled med syftet att komplettera längsmätningen och att bättre beskriva trafikens olägenheter härav. Man kan göra invändningen att spår är en strukturell defekt och ska därför ingå i den noggranna mätning som erfordras på objektsnivån. Detta är i och för sig riktigt, men spårbedömning fordrar en betydligt större insats än vad som görs för närvarande med LASER-RST, vilket beskrivs senare i kapitlet om spår. Ett alternativ till spårdjupsmåttet är att uttrycka ett jämnhetsmått i tvärled. Jämnheten i tvärled har den fördelen att den kan anges med nuvarande laserkonfiguration eftersom kravet på täthet inte är lika stort som för spårbedömning. Dessutom kommer man tillrätta med de speciella problem som uppstår vid spårslagningar, felaktiga tvärfall, välvda profiler m.m. Alla dessa defekter kan komma att representeras bättre för den funktionella beskrivningen. Det spårdjupsmått som nu används och tilldelas ett bristindex är ju i själva verket inget annat än ett specialfall av en ojämnhet i tvärled.

Det strukturella tillståndet

Det strukturella tillståndet hänför sig till vägens fysiska egenskaper dvs de ingående materialens kvalitet och kvantitet om man så vill. En omfattande utgrävning och tagning av prover krävs för att faktiskt bestämma dessa egenskaper och det är underförstått att detta inte är praktiskt möjligt i någon större omfattning. Emellertid kan vissa slutsatser dras genom noggrann analys av uppkomna defekter och som nämnts ovan är sprickor och spårbildning de som hittills visat sig bäst beskriva tillståndet hos asfaltbundna beläggningar. Genom kännedom om det strukturella tillståndet kan den funktionella motsvarigheten beräknas genom att tilldela vissa skador poäng som multipliceras med sin respektive omfattning och sammanväges och adderas till ett bristindex vilket dras ifrån ett idealtillstånd. Ett känt exempel är PSI som bräknas på detta sätt och som jämföres med PSR som är en direkt betygsättning av trafikanter. (PSI = Present Serviceability Index, PSR = Present Serviceability Rating). Det är underförstått att man genom denna omräkning förlorar information om skadans art. Det strukturella tillståndet kan ge anvisning om åtgärder vilket är omöjligt med ett bristindex. Alltså kan det strukturella tillståndet anses vara förknippat med objektsnivån, medan det funktionella tillståndet kan knytas till vägnätsnivån.

Spårbildning

Spårbildning som begrepp ter sig lättförståligt, man associerar enkelt spårens storlek med dess djup. Emellertid är spårbildning något mycket komplicerat även om antagandet om större nedbrytningsgrad vid större spårdjup är i huvudsak riktigt.

Då nedbrytningen sker långsamt är det svårt att fastställa någon bestämd gräns då vägen är otjänlig. Man har sökt uppställa kriterier för en sådan gräns och för spårdjup är det vanligt att ange 20 mm. Försök, bland annat i England, visar att nedbrytningsförloppet accelererar då detta djup har uppnåtts. Studier visar också att sprickor börjar utbildas vid ca 10 mm och att vid 20 mm har nästan alla spår sprickor. Då vatten tränger ned i sprickorna förstås att skadorna avlöser varandra. Med ett mjukare bindemedel uppstår inte sprickorna lika lätt och därmed skulle större spårdjup kunna tolereras. I sammanhanget bör noteras att man internationellt ofta använder relativt korta rättskivor, alltifrån AASHO:s 4ft till ca 1.8m, och därför kan dessa 20 mm motsvara 30 mm eller mera, då man mäter med en rättskiva som är längre än halva körfältsbredden eller med automatisk avkänning med exempelvis trådprincipen. Vidare gäller ovanstående riktlinjer spår som uppkommit på grund av deformationer

i överbyggnadens granulära skikt. Dubbdäckslitage, undergrundsbrött och deformation i bundna lager tillväxer under andra förutsättningar.

Med ovanstående konstaterande är det underförstått att inte bara spårdjupet utan även spårbredden och spårens konfiguration samt dessas variation är av intresse, inte minst när man söker efter en defekt i ett visst skikt. Detta tillsammans med kännedom om slitlagrets tjocklek är nödvändigt om man ska fastställa en lämplig gräns för till exempel förstärkning i ett rehabiliseringsprogram.

Tänkbara geometriska definitioner för spårbredd eller snarare spårtyp är avståndet mellan de punkter vilka innehar någon bestämd bråkdel av det maximala djupet. För att erhålla ett mått på spårvidden kan man bestämma vart spårs tyngdpunkt för vardera ytan i tvärprofilen. Detta kan ge värdefull information om vilken typ av fordonskategori, eller snarare kombination av fordonskategorier som orsakat skadan. Om denna huvudsakligen är orsakad av lätt trafik, så finns det anledning att vidta åtgärder för att minska ytslitaget. Då skadorna däremot är förorsakade av tunga fordon är det i stället motiverat att höja bärigheten. Detta kräver dock en noggrann profilering i tvärled och en utveckling av mätförfarandet torde vara motiverad.

Sprickbedömning.

Sprickbildning i likhet med spårbildning har ägnats mycken forskning. Detta beror på att man lyckats väl med att finna modeller för nedbrytningen i laboratoriet och i fält. I vissa fall har man till och med förenat teorierna om sprickor och spår och kopplat respektive defekt till bindemedlets hårdhet. I analogi med spårtillväxten är dock spricktillväxten inte okomplicerad då det förekommer ett antal anledningar och möjligheter till dess uppkomst. Vidare innebär detta att förekomsten av defekten kan användas på vägnätsnivå och att en kvalificerad bedömning kan utnyttjas på objektsnivå. Laserteknik utnyttjas för närvarande för att registrera sprickor tvärs vägens riktning. En total registrering krävs för en analys. En undersökning bör klargöra om lasertekniken praktiskt kan anpassas för detta syfte. Alternativ, t ex analoga system bör övervägas.

Makrotextur.

Mätning av makrotextur med hjälp av laserteknik korrelerar väl med andra metoder. Tekniken begränsas av krav på torr och ren vägbana. Om makrotextur ska registreras måste således kraven på god väderlek skärpas och mätkapaciteten begränsas då för andra parametrar. Man

bör därför överväga hurvida det är önskvärt att mäta hela vägnätet eller delar därav. Ett alternativ är ett specialfordon som mäter makro- och mikrotextur efter behov.

Mikrotextur.

Mikrotexturen ger tillsammans med makrotexturen förutsättningarna för friktion, bränsleförbrukning, däckslitage och buller. Mikrotexturen ställer dock högre krav på lasrar och utrustning gentemot makrotexturmätning och mätningen försvåras av detta. Bl a kan kapaciteten bli lidande. Det kan därför vara klokt att begränsa mätningarna till ett urval. Utvecklingen av mikro- och makrotexturmätning bör syfta till fortsatt validering av utrustningen och jämförelser med andra mätare. Underförstått är att man måste bygga upp ett stort material med jämförande mätningar med friktionsvagnar eftersom lasrarna är hänvisade till torra måttillstånd och endast ger förutsättningarna för våtfriktion.

Tvärfall.

Ett system för att mäta tvärfall är under utveckling. Tvärfall definierat efter valfritt sätt kan uträknas i efterhand. Kurvradier registreras inte i samma mätfordon varför data måste samköras med kurvaturregister. Nuvarande system kan tänkas användas för att mäta förändringar i tvärfall vilket kräver ofta återkommande mätningar och tillräcklig upplösning av profil i tvärled. Ett alternativ kan vara att mäta sidkrafter om syftet är att detektera felaktiga tvärfall. Sidkrafter kan också ingå i det funktionella tillståndet på vägnätsnivå. Behovet att mäta tvärfall som absolut mått ter sig störst vid utförandekontroll och före beslutad åtgärd. Mäthastigheten och kapaciteten kan då vara lägre och billigare, alternativa givare kan användas. Tvärfall som parameter i systemteknisk väghållning är tveksam. Sambandet mellan felaktigt tvärfall och nedbrytning ser inte ut att vara entydigt och skadan per se tycks inte tillföra åtgärds-kriteria något utöver jämnhetsmättet eller profilen. Innan tvärfallsparametern användes i produktionen måste detta klargöras.

Övriga parametrar

Utöver ovanstående finns det givetvis andra egenskaper och företeelser som kan vara lämpliga att mäta med eller i samband med laserteknik. Vatten, fukt, salthalt, löst smuts, buller och ljusreflektion är tänkbare kandidater. Nödvändigheten att mäta dessa i ett fast mätprogram eller efter behov måste övervägas. Mätning av nedböjning av en rullande last är också tänkbart. Självfallet kräver detta ett större, tyngre fordon, vilket naturligt föranleder att mätuppgiften delas på olika fordonstyper. Innan ett system tas i

bruk måste dock kopplingen mellan nedböjning och nedbrytning för svenska förhållanden klargöras. Hastighetsberoendet måste utredas vilket kan komma att kräva en stor mängd erfarenhet, och produktionsmätningar kan knappast komma ifråga inom den närmaste tioårsperioden.

Slutsats

Inom den kommande femårsperioden bör följande satsningar ske.

Fortsatta valideringsföroök. Under valideringsförsöken 1985-86 framkom flera brister i systemet. Dessa brister korrigeras successivt och innebär bl a att mätförutsättningarna ändras. Systemet är med andra ord fortfarande under utveckling och detta gäller samtliga parametrar. Det är därför nödvändigt med fortlöpande uppföljningar och kontroller.

Fortsatt programutveckling och kontrollrutiner. I takt med att ny kapacitet finns tillgänglig bör programutveckling ske för kontrollfunktioner. Dessa bör förfinas i samband med att erfarenhet byggs upp.

Handlingsprogram för mätparametrar. En strukturering av mätuppdrag är nödvändig innan nya mätparametrar tas i bruk. Man bör särskilja mätfordon som arbetar på vägnätsnivå, objektnivå eller mellannivåer. Vissa funktioner lämpar sig särskilt för utförande, kontroll eller förbearbetning.

Jämnhet. Nuvarande mått, RMS och Quarter-Car provas. Mätning i två spår bör övervägas. Ett mått anpassat efter referenshastighet likaså.

Spår. Utveckling mot objektsnivå bör provas på spårparametern. Detta innebär fler eller svepande lasrar. Samtidigt bör ett förenklat mått på tvärprofils rms provas som alternativ till nuvarande spårdjupsmått på vägnätsnivån.

Sprickor. Nuvarande sprickregistrering är otillräcklig för objektsnivån och användningen på vägnätsnivån är tveksam. Ett första ställningstagande måste göras för att klargöra om en förbättring av mättekniken är gångbar och lönsam. Alternativ till laserteknik bör övervägas.

Makro/Mikrotextur. Mikrotexturen ger tillsammans med makrotexturen förutsättningarna för friktion, bränsleförbrukning, däckslitage och buller. Mätning av makrotextur har visat sig korrelera väl med andra metoder. Mikrotexturen ställer dock högre krav på lasrar och utrustning och tekniken är ännu inte integrerad i

Laser-RST. En begränsning för båda våglängdsområdena är kravet på torr och ren vägbanan. Om de ska registreras måste således kraven på god väderlek skäpas och mätkapaciteten begränsas då för andra parametrar. Man bör därför överväga hurvida det är önskvärt att mäta hela vägnätet eller ett urval med ett speciellt fordon utanför ordinarie mätprogram. Utvecklingen av mikro- och makrotexturmätning bör syfta till fortsatt validering av utrustningen och jämförelser med andra mätare. Underförstått är att man måste bygga upp ett stort material med jämförande mätningar med friktionsvagnar eftersom lasrarna är hänvisade till torra mättillstånd och endast ger förutsättningarna för våtfriktion.

Tvärfall. Nuvarande system för att mäta tvärfall är under utveckling. Tvärfall definierat efter valfritt sätt kan uträknas i efterhand. Kurvradier registreras inte i samma mätfordon varför data måste samköras med kurvaturregister för att jämföras med norm. Förutsatt att mätresultatet är reliabelt kan förändringar registreras, vilket kräver ofta återkommande mätningar. Ett alternativ kan vara att mäta sidkrafter, som jämföres med en funktionell standard. Behovet att mäta tvärfall ter sig störst vid utförandekontroll och före beslutad åtgärd. Mäthastigheten och kapaciteten kan då vara lägre och alternativa givare kan användas. Tvärfall som parameter i systemteknisk väghållning är tveksam. Sambandet mellan felaktigt tvärfall och nedbrytning ser inte ut att vara entydigt och skadan per se tycks inte tillföra åtgärds-kriteria något utöver jämnhetsmålet eller profilen. Innan tvärfallsparametern användes i produktionen måste detta klargöras.

Nedböjning. Mätningen av nedböjning av en rullande last har föreslagits. Självfallet kräver detta ett större, tyngre fordon, vilket naturligt föranleder en uppdelning av mätuppgifterna på olika fordonstyper. Innan ett system tas i bruk måste dock kopplingen mellan nedböjning och nedbrytning för svenska förhållanden klargöras. Underlag för tolkning av deflektionsdata måste finnas. Detta material synes inte vara tillgängligt inom de närmaste två till tre åren varför lönsamheten är osäker. Hastighetsberoendet måste utredas vilket kan komma att kräva en omfattande försöksverksamhet.

Övrigt. Utöver ovanstående finns det andra egenskaper och företeelser som kan vara lämpliga att mäta med eller i samband med laserteknik. Vatten, fukt, salt-halt, löst smuts, buller och ljusreflektion är tänkbara parametrar. För alla gäller att avsikten med parametern måste definieras så att man kan fastställa om den ska ingå i ett fast mätprogram eller om den ska mätas efter behov.