

VTI notat

Till Herra T. Jakobsson från Lf-f.

Nr V191

Utgivningsår: 1994

Titel: Asfalttöjningskriterium baserat på fältstudier

Författare: Lennart Djärf

Programområde: Vägteknik (Vägonstruktion)

Projektnummer: 60060

Projektnamn: Kriterium för påkänningar i asfaltbeläggningar

Uppdragsgivare: Vägverket

Distribution: Fri



**Vägoch transport-
forskningsinstitutet**

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

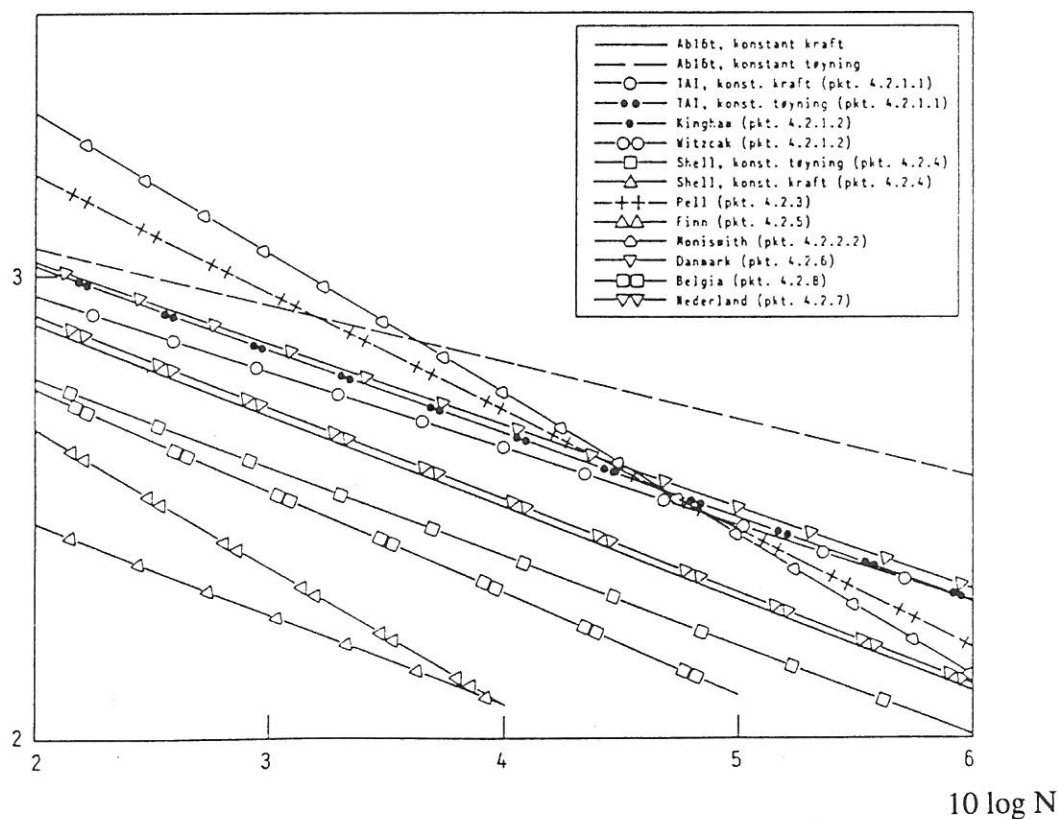
Sida

1	BAKGRUND OCH SYFTE	1
2	METODIK	2
3	UPPFÖLJNING	3
3.1	Nedsjunkningsmätningar (FWD)	3
3.2	Differentierande trafikmätningar	6
4	BELÄGGNINGSDATA	8
5	SPÅR OCH JÄMNHET	9
6	DRAGTÖJNINGAR I UNDERKANT	
	BELÄGGNING	12
7	FORTSATT ARBETE	14
8	REFERENSER	15

1 BAKGRUND OCH SYFTE

Vid dimensionering av vägöverbyggnader och påbyggnads- (förstärknings-) dimensionering användes bl a ett kriterium för tillåten påkänning (dragtöjning) i beläggningen. Sådana kriterier finns i mycket stort antal varav några sammanställs i figur 1. I samband med Vägverkets övergång till en flexibel dimensioneringsmetod ställdes man inför frågan om det fanns något kriterium som var tillämpligt på svenskt bitumenbundet bärlager som i internationell jämförelse är magert (låg bindemedelshalt), har mjukt bindemedel (B 180) och – åtminstone förr i världen – högt hålrum (i medeltal ca 8 %).

$$10 \log (\epsilon \times 10^6)$$



Figur 1 Jämförelse mellan ett antal asfalttöjningskriterier. Efter J. Myhre (1).

Mot bakgrund av figur 1 kan man konstatera att frågan ovan ej är lätt att besvara. Emellertid – även om man valt ett kriterium – så hade en kalibrering mot den svenska verkligheten ändå krävts.

Anm.

Kriterierna i figur 1 representerar såväl laboratorie- som fältförhållanden (huvudsakligen det förstnämnda). Många förklaringar till den stora spännvidden finns – olika sammansättningar (mixar), olika provningsmetoder, olika brottdefinitioner m m, m m. Dock finns ingen anledning att behandla den frågan här.

Mot bakgrund av ovanstående insågs nödvändigheten av att utveckla ett "svenskt" asfalttöjningskriterium gällande för svensk mix och under svenska klimatiska förhållanden.

2 METODIK

För att "ta fram" ett asfalttöjningskriterium tillämplbart på svenska bitumenbundna bärlager har tre till sex kilometer långa avsnitt valts ut på tolv st nybyggda vägar. Dessa följes upp genom nedsjunksmätningar, differentierande trafikräkningar, jämnhets- och spårdjupsmätningar samt årliga manuella skadekarteringar. Emedan syftet är att utveckla ett utmattningskriterium (sprickkriterium) kan jämnhets- och spårdjupsmätningarna ses som kompletterande information.

Töjningarna i beläggningsen beräknas med hjälp av en regressionsekvation (2) baserad på sjunktrattens geometriska form.

De differentierande trafikräkningarna i kombination med axellastmätningar genomförda på motsvarande typ av vägar lägges till grund för skattning av trafikbelastningen.

Från 11 st vägar har också borrhärdar tagits (20 st per väg). Syftet med dessa är att – förutom kontroll av verkliga beläggningstjocklekar – på laboratorium bestämma dels styvhets- och utmattningsgenskaper vid olika temperaturer och töjningsnivåer dels också faktiska bindemedelshalter och hålrum.

Det geografiska läget av sträckorna framgår av figur 2.



Figur 2 Geografisk lokalisering av vägsträckor för utveckling av ett asfalttöjningskriterium.

Sträckorna ligger som framgår i södra halvan av landet men täcker icke desto mindre in ca 2/3 av trafik- och transportarbetet i Sverige. Underlaget kommer därtill att kunna kompletteras med data från några provsträckor belägna i norrländskt inlandsklimat.

3 UPPFÖLJNING

Nedan redovisas i illustrerande syfte resultat från de olika aktiviteterna.

3.1 Nedsjunktionsmätningar (FWD)

Nedsjunktionsmätningar – vilka har utförts med en fallviktsdeflektometer av fabrikat "KUAB" – har genomförts under olika årstider, huvudsakligen under de två första uppföljningsåren. Uppföljningen igångsattes år 1987. Vid denna tidpunkt mättes nedsjunkningen i fyra punkter – i belastningscentrum resp på avstånden 300, 600 resp 900 mm därifrån. Utifrån teoretiska beräkningar av å' ena sidan dragtöjningen i beläggningen och å' andra sidan nedsjunkningen i belastningscentrum och på olika avstånd från centrum resp beläggningens tjocklek (2) har

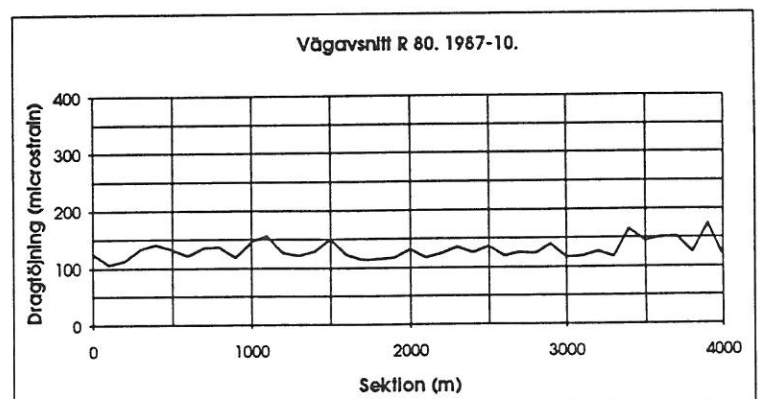
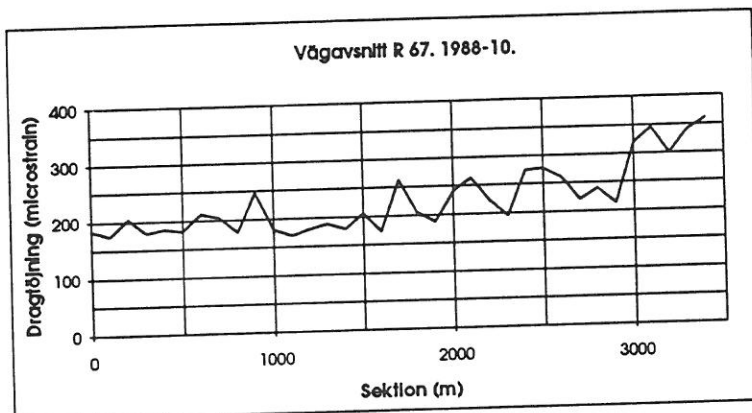
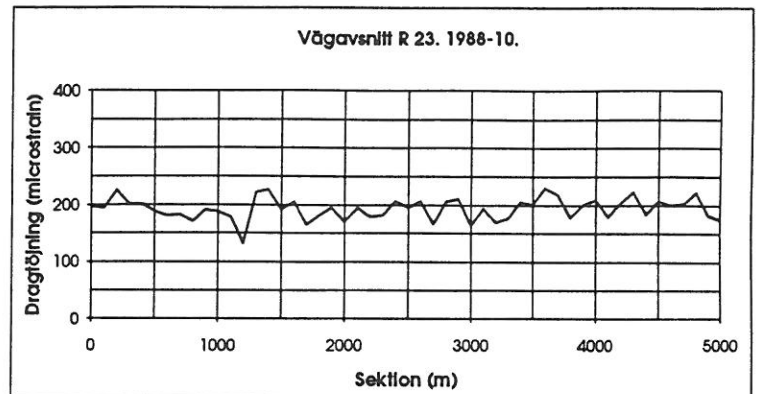
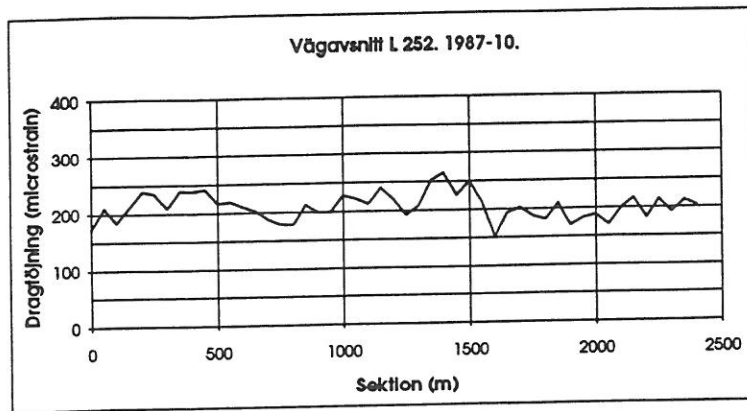
följande regressionsekvation valts för skattning av beläggningstjörningen utifrån fallviktsmätningar (beläggningens tjocklek inom aktuellt tjockleksintervall förbättrar sambandets styrka marginellt):

$$\varepsilon = 37,4 + 988 \times d_0 - 553 \times d_{300} - 502 \times d_{600} \quad \text{där}$$

ε = μ strain, dragtjörning i underkant beläggning,

d_0, d_{300}, d_{600} = nedsjunkningen i belastningscentrum resp på avstånden 300 och 600 mm därifrån, mm

I figur 3 visas några exempel på beräknad dragtjörning i underkant beläggning. Diagrammet upp/vänster visar ett parti av förbifart Hallstahammar. I det mest påkända avsnittet kring sektion 1400 uppstod belastningsskador (sprickor, krackele-ring) efter fyra år, bild 1. Upp/höger representerar en fem kilometer lång sträcka vid Älmhult. Även här uppstod sprickbildning intermittent längs hela sträckan efter fyra år. Tjörningen är också påfallande "sågtandad". Detta förklaras av variationer i undergrunden som består av blockrik sandig och sandig, moig morän. I diagrammet ned/höger som är hämtat från riksväg 80 strax norr om Falun ligger tjörningen på en jämn och låg nivå. Belastningsbetingade sprickor förekommer i mindre omfattning efter fyra år. På sträckan har också ett antal temperatur- och tjälsprickor gjort entré. Sträckan är den nordligast belägna (se figur 1). Diagrammet ned/vänster slutligen väcker på sitt sätt ett visst intresse genom de mycket stora variationerna inom relativt korta partier. Med efterhandskännedom om byggnadstekniska problem (lös undergrund) förklaras "berg- och dalbanan" sannolikt av stora variationer i förstärkningslagrets tjocklek. Bärighetsskador (sprickor, deformationer) uppstod kring sektion 2500 efter två år. Efter tre år hade sprickor slagit upp intermittent längs hela andra halvan av sträckan och efter fyra år fläckvis över hela sträckan.



Figur 3 Beräknade dragtöjningar i underkant beläggning. Exempel.

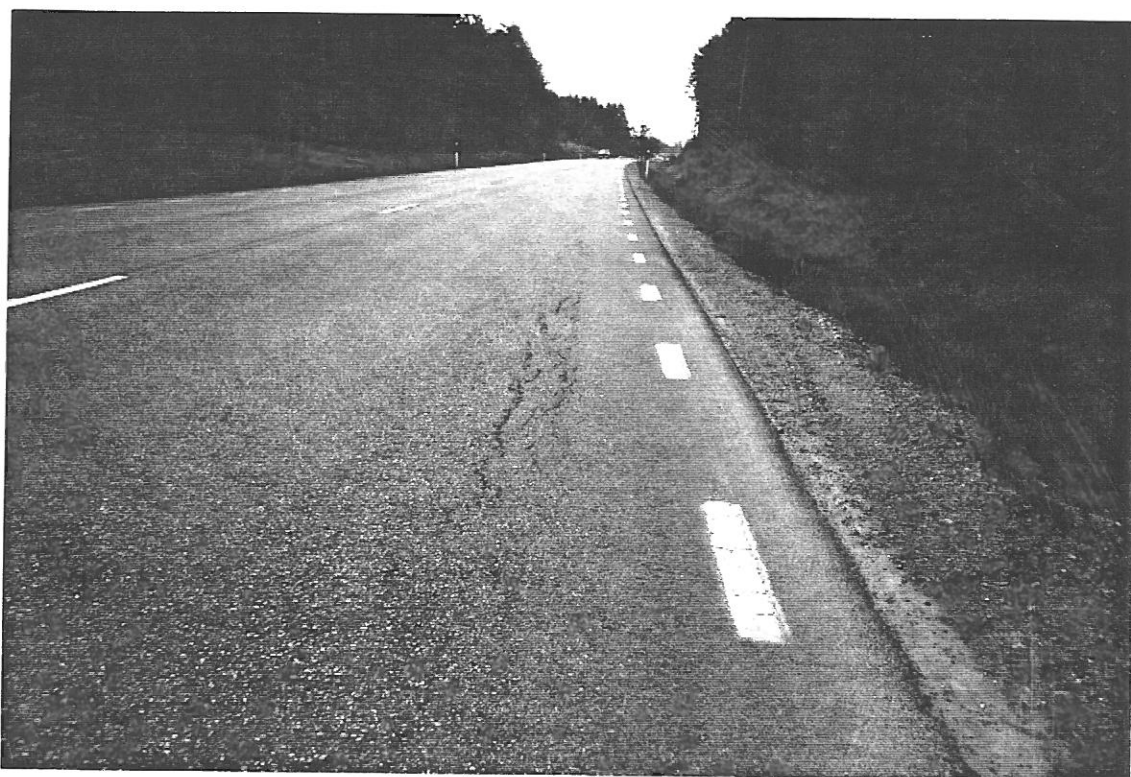


Bild 1 Belastningsskador efter 4 år. Förbifart Hallstahammar.

3.2 Differentierande trafikmätningar

Trafikmätningar har genomförts regelmässigt med VTI's trafikanalysator, modell 123 (TA 123) som bygger på "treslangsprincipen". Strävan har varit att varje mät-tillfälle skulle omfatta två vardagsdygn.

Vid kvantifieringen av trafikbelastningen har det ekvivalenta antalet 100 kN:s axlar (N_{100}) skattats med utgångspunkt från faktorn 0,28 N_{100} per tung axel. Denna är baserad på axellastmätningar utförda vid VTI under tidsperioden 1975-85 och avser vägar med blandad tung trafik. Av VV genomförda axellastmätningar under 1980-talets sista år har givit faktorn 0,26 vilket tyder på att inga signifikanta förändringar av axellasterna inträffat under ovannämnda tidsperiod. För att beakta olika axel- och hjulkonfigurationers skillnad i skadlighet har vidare förutsatts att en framaxel på 70 kN, en axel med breddäck på 80 kN resp en

tandemaxel på 180 kN är ekvivalent med en singelaxel med parmontage och lasten 100 kN. Om andelen framaxlar sättes till 22,5 % (i medeltal 4,5 axlar/tungt fordon), andel axlar med breddäck till 5 % (enligt en VV-studie på motsvarande typ av vägar på vilka observationssträckorna ligger) samt andelen axlar i tandem till 25 % erhålles antalet N_{100} per tung axel till 0,48.

Den skattade trafikbelastningen har korrigerats med avseende på tvärfördelningen. Denna är beroende av ett antal faktorer men den avgörande faktorn är typsektionen. Korrigeringsfaktorer har framtagits genom mätning med två slangar placerade vinkelrätt mot vägen kompletterade med en mellanliggande diagonal (3).

De här aktuella typsektionerna är 13 meter med bred vägren, 9 och 8 meter. Den skattade trafikbelastningen skall för dessa sektioner korrigeras med faktorn 0,6, 0,7 resp 0,7 för att trafikbelastningen i mest ansträngda snitt skall erhållas.

Vidare har förutsatts att inget nedbrytningsarbete inträffar under tjälad period. Detta innebär att avbördad trafikbelastning endast medtagits för 8 à 9 månader per år beroende på sträckornas geografiska läge (köldmängd).

4 BELÄGGNINGSDATA

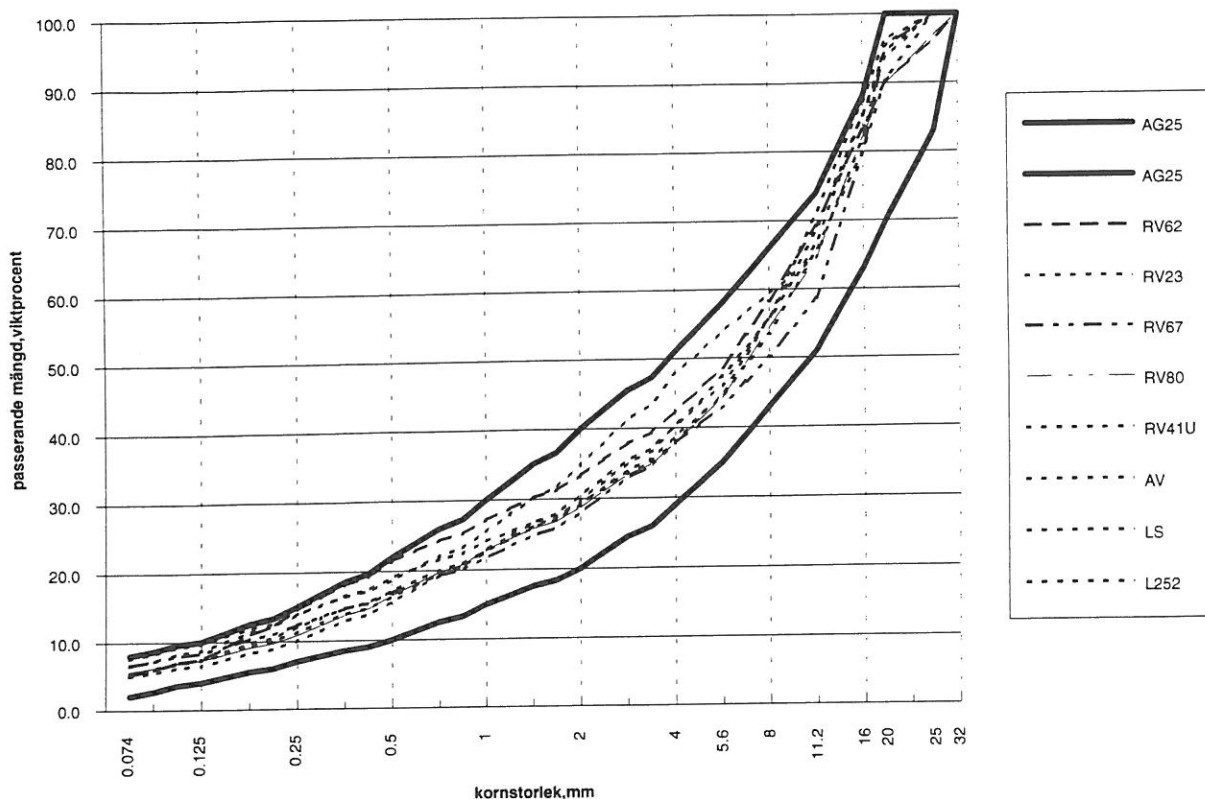
Nedan redovisas resultat för belägningsparametrarna tjocklek, bindemedelshalt och hålrums i tabellarisk form, tabell 1.

Tabell 1 Sammanställning av faktiska beläggningstjocklekar, bindemedelshalter och hålrums.

Väg	Belägnings- tjocklek mm	Variations- koefficient	Bindemedels- halt (nom 4,2 %)	Hålrums
E66	128	0,09	4,9	3,0
L117	71	0,19	4,2	8,6
R23	71	0,12	4,4	5,5
R41, U R41, Ö	130	0,05	3,9 5,1	9,4 6,7
R50	129	0,07	4,8	9,8
L252	87	0,10	5,0	4,5
R67	83	0,08	4,4	5,4
R62	76	0,12	4,2	5,2
R70, A	136	0,09	4,4	4,8
R70, L	93	0,21	4,6	5,8
R80	131	0,09	4,6	4,5

Siffermaterialet enligt tabell 1 kan karaktäriseras som "normalt". Hålrumshalten ligger dock i de flesta fall nära eller strax under den undre gränsen enligt kravet i BYA-84 (medelvärde skall ligga i intervallet 5-10 %). Effektivare värtar i jämförelse med 1970-talet, då hålrumshalten i genomsnitt låg vid ca 8 %, i kombination med något förhöjda bindemedelshalter är sannolika förklaringar.

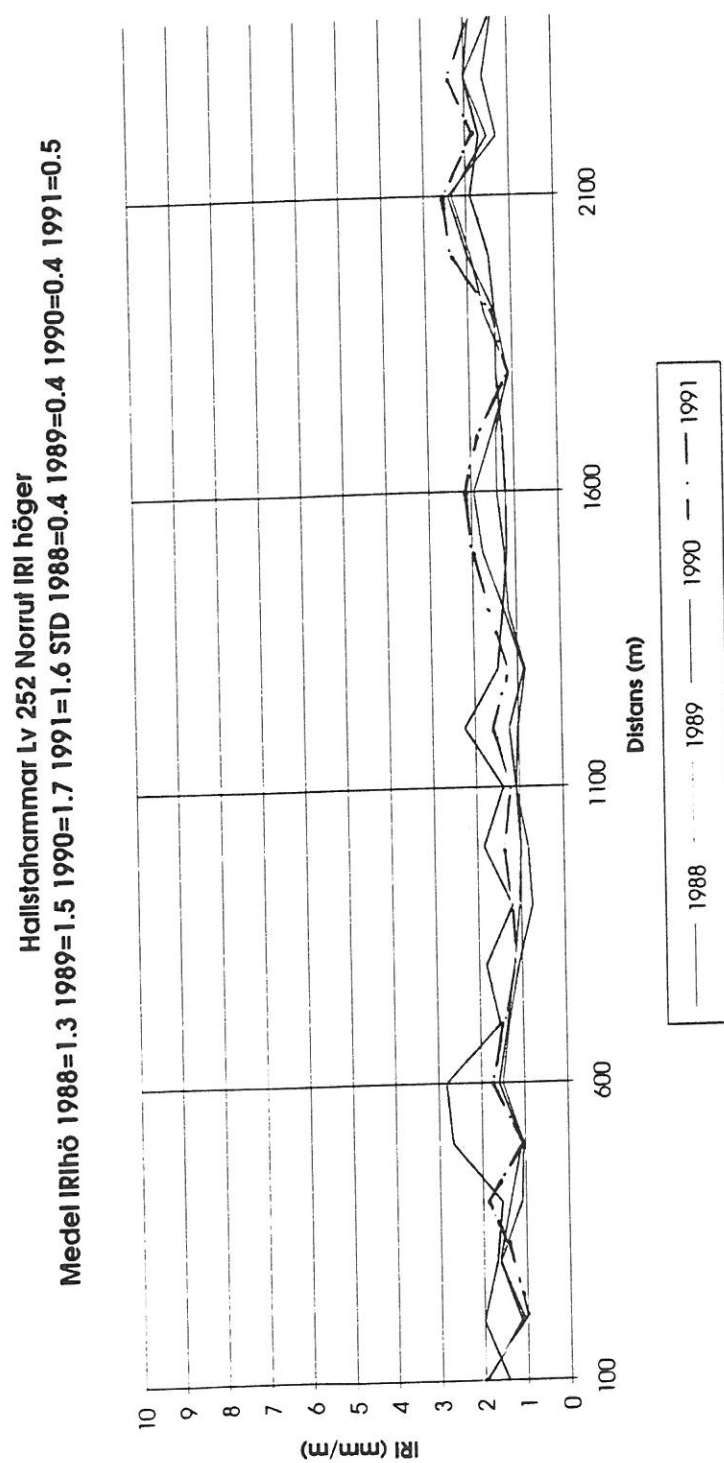
I figur 4 visas ett flertal exempel på siktkurvor för stenmaterialet. Samtliga ligger inom kraven enligt BYA-84, men "hänger" något. Detta kan vara en följd av "nedsågning" vid borringen (borrkärnor $\varnothing$ 100 mm).



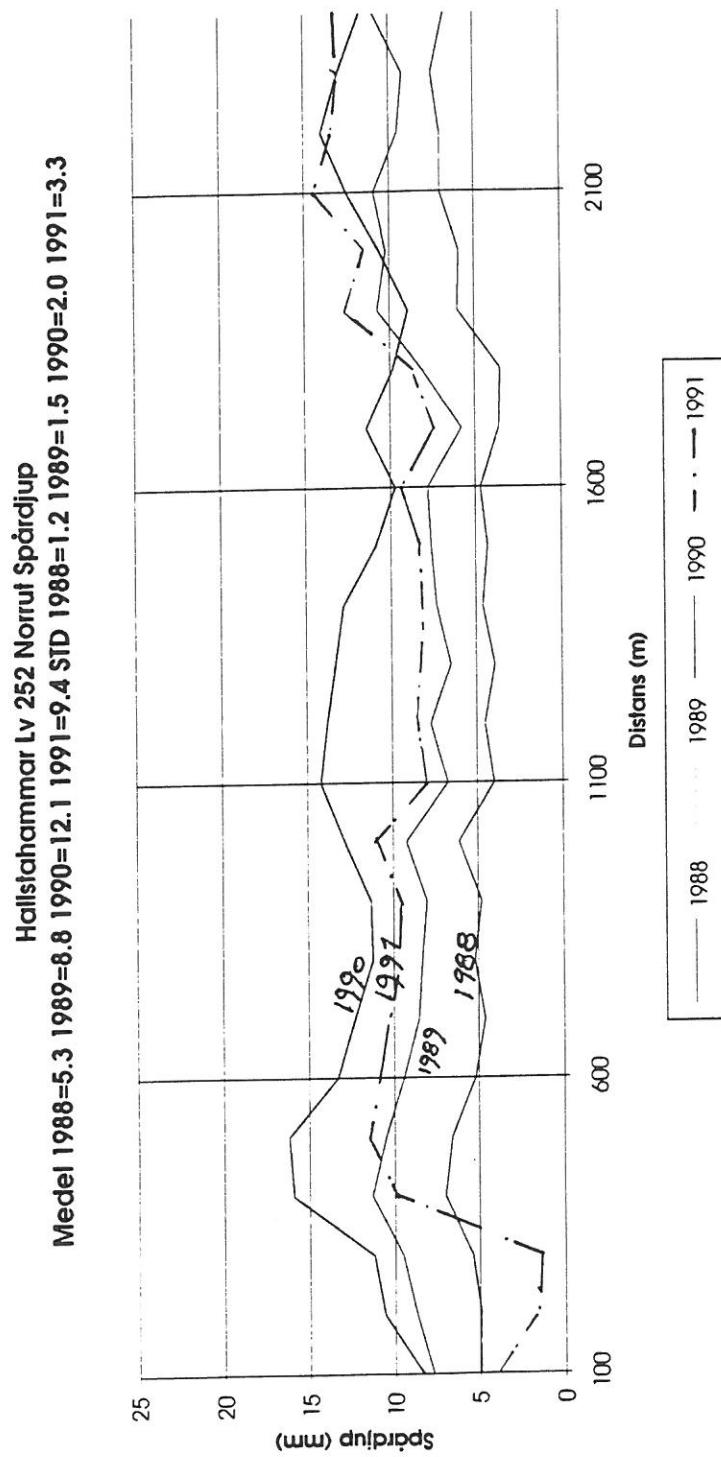
Figur 4 Siktcurvor för stenmaterialet på ett antal sträckor.

5 SPÅR OCH JÄMNHET

Spår- och jämnhetsförändringar har följts upp genom mätningar med Laser-RST. **Sammantaget** är spårdjupen efter 4 till 6 års trafik moderata, ≤ 8 mm, och jämnheten mycket god, $IRI \leq 1,5$. Den ojämnnaste sträckan och även den med de största spårdjupen ligger på länsväg 252, förbifart Hallstahammar. I figur 5 och 6 redovisas förändringen på denna väg fram till år 1991 (byggtopp 1985, åtgärder: sektion 0-300 år 1991, 300-2400 år 1992).



Figur 5 Förändring av IRI (jämnheten i längsled) på väg 252 från år 1985 till 1991.

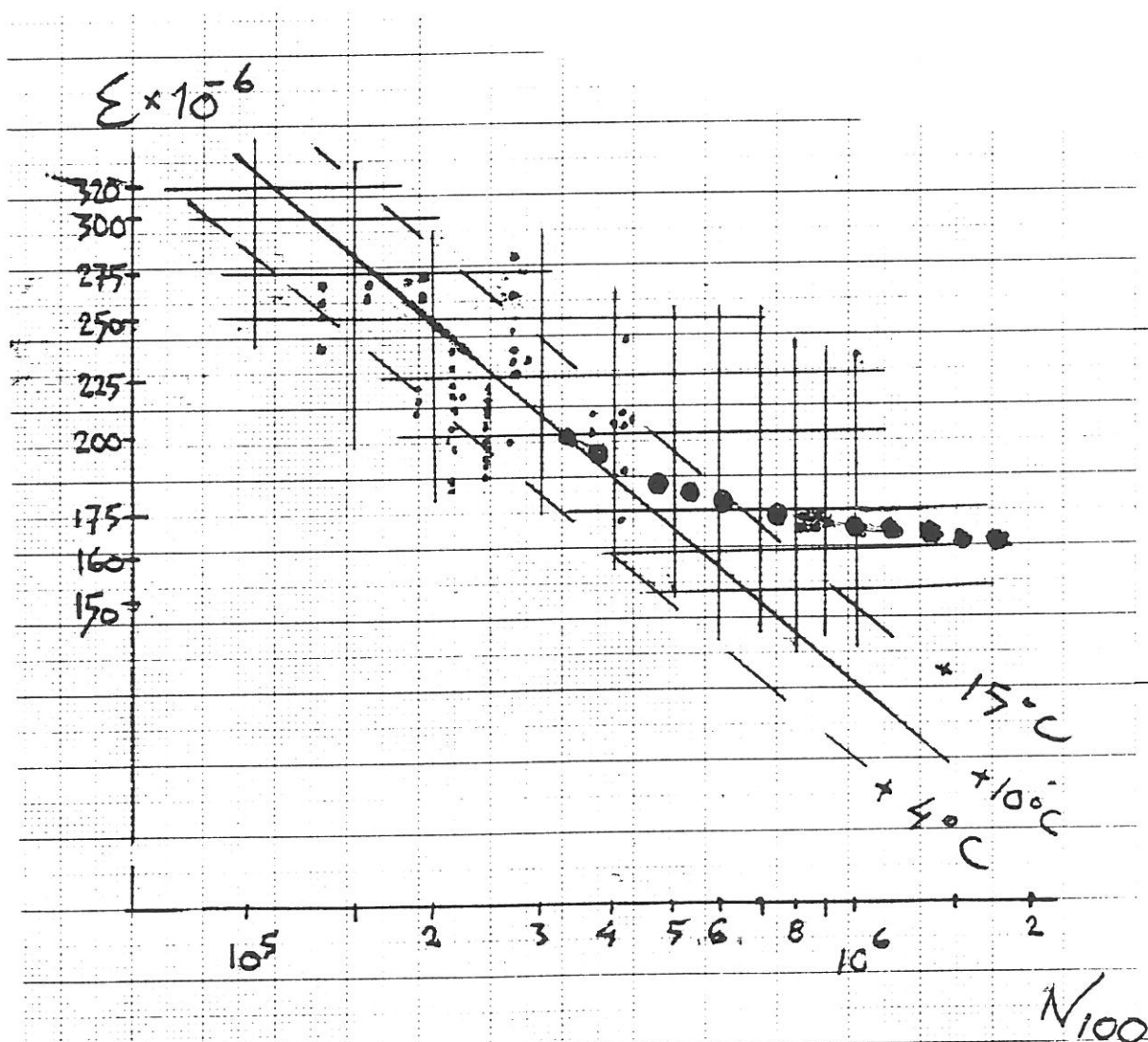


Figur 6 Förändring av spårdjup på väg 252 från år 1985 till 1991.

DRAGTÖJNINGAR I UNDERKANT BELÄGGNING

Dragtöjningen i underkant beläggning har som ovan nämnts beräknats med utgångspunkt från nedsjunkningarna D_0 , D_{300} resp D_{600} . Töjningsberäkningarna är baserade på höstmätningar emedan de yttre förutsättningarna – särskilt m a p temperaturförhållandena – är stabilast under denna årstid.

I figur 7 har ackumulerat N_{100} korrigerat för typsektion uppritats mot dragtöjningen. Kurvan för $+10^\circ\text{C}$ representerar fältobservationer. Kurvorna för $+4$ resp $+15^\circ\text{C}$ är baserade på laboratorieprovningar (4). Laboratoriekurvorna, som i realiteten ligger en faktor ca 10 åt vänster i diagrammet, har parallellförskjutits för att "omsluta" fältkurvan.



Figur 7 Samband N_{100} – dragtöjning i underkant beläggning.

Ekvationen med N_{100} som funktion av töjning och temperatur blir:

$$N_{100} = 1,03 \times 10^{10} \times \varepsilon^{-2,14} \times T^{0,43} \quad (1) \quad \text{där}$$

$\varepsilon = \mu\text{strain}$ och

$T = ^\circ\text{C}$

Ett bitumenbundet materials styvhet är (allt annat lika) beroende av temperaturen. Ett sådant samband har framtagits på laboratoriet baserat på temperaturer mellan 0 och $+20^\circ\text{C}$ och har formen (5):

$$E = 1,79 \times 10^4 \times e^{-0,071 \times T^\circ\text{C}} \quad (2) \quad \text{där}$$

$e =$ basen för naturliga logaritmen

Om "T" i ekv (1) ersättes med E beräknat enligt ekv (2) vid temperaturerna $+4$, $+10$ resp $+15^\circ\text{C}$ erhålles:

$$N_{100} = 3,66 \times 10^{13} \times \varepsilon^{-2,17} \times E^{-0,78} \quad (3) \quad \text{där}$$

ε i μstrain och

E i MPA

En närmare studie av figur 7 visar att kurvan för fältobservationerna ej är särskilt väl anpassad vid låga töjningar (lång livslängd). Den gjorda ansatsen är dock av konventionell typ. Emellertid – rent intuitivt (eller förnuftsmässigt) – förefaller det kunna förhålla sig på det sättet att en undre gräns, under vilken utmattning ur **praktisk synvinkel** är försumbar, skulle kunna existera. Detta skulle innebära att töjningen går mot ett asymptotiskt undre värde. En analogi kan här göras med betongbeläggningar. Laster vilka ianspråktager mindre än 50 % av betongens böjdraghållfasthet anses icke bidra till utmattning och försummas följaktligen. Om detta synsätt förlänges på så sätt att det tillses att även de av de största lasterna inducerade påkänningarna underskrider kriteriet ovan ($<50\%$ av böjdraghållfastheten) så är utmattningsaspekten praktiskt sett ointressant.

Ytterligare en aspekt som styrker denna "tes" är att utmattningsprovningar i laboratoriet vid "konstant-töjnings"-försök (representativt för svenska relativt tunna beläggningar) och låga töjningsnivåer "aldrig" går till brott.

Resonemanget ovan leder i slutänden till att exponenten i ett utmattningskriterium för bituminösa material icke är en konstant utan varierar med påkänningsnivån (här töjningsnivån). Vid stora påkänningar (kort livslängd) är exponenten låg (mellanting mellan utmattning och hållfasthetsbrott) medan vid lägre påkänningar utmattningsfenomenet blir mer accentuerat.

I figur 7 har en visuellt skattad kurvform (punktad) inritats. Härur inses att en rät linje skulle erhållas i ett dubbellogaritmiskt diagram. Emellertid har här en enkel ansats till korrigeringsterm av formen $1 + K1 \times \epsilon^{K2}$ gjorts. Detta ger en utmattningsmodell av följande principiella utseende:

$$N = K1 \times \epsilon^{K2} \times T^{K3} \times \underbrace{(1 + K4 \times \epsilon^{K5})}_{1 + 2.3 \times 10^4 \times \epsilon^{-5.0}} \quad T > 0$$

) ϵ i mikrom

7 FORTSATT ARBETE

Det ovan redovisade skall betraktas som en lägesrapport. Fortsättningsvis skall utmattningskriteriets matematiska form vidarebearbetas (kontinuerligt föränderlig exponent) om beskriven tendens "håller i sig".

Vidare skall eventuell inverkan av faktiska beläggningstjocklekar, bindemedels-halt, hålrum, klimatzon m m på beläggningarnas prestation analyseras.

8 REFERENSER

1. **Myhre, J:** "Utmattning av asfaltdekker", Norges Tekniske Høgskole, Doktor Ingeniør Avhandling, Trondheim 1988.
2. **Jansson, Håkan:** "Regressionssamband för beräkning av påkänning i asfaltläggning ur deflektioner mätta med fallvikt". Väg- och Trafikinstitutet, Notat V190, Linköping 1992.
3. **Ydrevik, K:** "Dimensionerande trafiklast. Beräkning av korrektionstal för några olika svenska vägtyper". Väg- och Transportforskningsinstitutet, Notat Nr 17-1994, Linköping 1994.
4. **Djärf, L och Said, S:** "Laboratory Fatigue Properties Compared with Field Performance". Väg- och Trafikinstitutet, Särtryck Nr 191, Linköping 1993.
5. **Said, S:** "Arbetspapper", Väg och Transportforskningsinstitutet, Linköping 1994.

