

VTI notat 1-2005

Tillståndsuppföljning av observationssträckor

Datainsamling, lägesrapport 2004-12



Foto: Nils-Gunnar Göransson, VTI

Författare	Nils-Gunnar Göransson Lars-Göran Wågberg
FoU-enhet	Drift och underhåll
Projektnummer	60124
Projektamn	LTPP-VV
Uppdragsgivare	Vägverket

Förord

Vägverket finansierar VTI:s uppföljning av observationssträckor. Dessa är utvalda från normenligt byggda objekt, ingående i det statliga belagda vägnätet. Målsättningen är att samla in, bearbeta och leverera data av hög kvalitet som primärt skall kunna användas vid utveckling av modeller som beskriver vägars tillståndsförändring. Inriktningen är i första hand fokuserad på nedbrytningen som orsakas av tung trafik. Detta innebär att en databas byggs upp innehållande en mängd data som beskriver en vägs tillstånd och vad den utsätts för, från nybyggd och framåt i tiden.

Årligen sammanställs en lägesrapport, i form av VTI notat, som huvudsakligen beskriver insamlingen av nya data. Kontaktperson från Vägverkets sida är Sten Pettersson och projektledare vid VTI är Lars-Göran Wågberg. För insamling, bearbetning och sammanställning av uppgifter och mätresultat svarar Nils-Gunnar Göransson.

Ett stort tack riktas till personal inom Vägverket som bistått med allehanda uppgifter samt till de medarbetare vid VTI som medverkat vid mätningar som ligger till grund för innehållet i databasen. Mätningar, under år 2004, med:

- vägytemätbil, utfördes av Thomas Lundberg och Nils-Gunnar Göransson
- fallvikt, utfördes av Håkan Carlsson och Mikael Bladlund
- tvärprofilmätare, utfördes av Romuald Banek.

Vid framtagandet av trafikuppgifter medverkade Poul Holmgren, Vägverket. De okulära tillståndsbedömningarna, besiktningarna, gjordes av författarna till föreliggande notat.

Linköping december 2004

Nils-Gunnar Göransson
Forskningsingenjör

Lars-Göran Wågberg
Forskningsledare

Innehållsförteckning		Sid
Sammanfattning		5
1	Inledning	6
2	Projektbeskrivning	7
3	Verksamheten under år 2004	7
3.1	Åtgärdade objekt	10
3.2	Mätprogram	10
3.2.1	Mätning av bärförmågan med KUAB-FWD	10
3.2.2	Mätning av vägytan med LASER-RST	11
3.2.3	Okulär bedömning av tillståndet	11
3.2.4	Registrering av tvärprofil (spårdjupsmätning)	12
3.2.5	Mätning av trafik	12
3.3	Databas	12
4	Referenser	14
 Bilaga		

Sammanfattning

Målsättningen med projektet är att samla in, bearbeta och leverera högkvalitativa data, primärt till utveckling av tillståndsförändringsmodeller. Uppföljningen av observationssträckor (100 meter långa) har, på uppdrag av Vägverket (VV), pågått sedan 1984. Inriktningen är i första hand fokuserad på nedbrytningen som orsakas av tung trafik. De första åren utfördes mätningar på ett begränsat antal sträckor. Antalet har sedan, efterhand som projektet fortskridit, utökats och uppgick vid utgången av år 2004 till 655 stycken fördelade över 66 olika objekt, ingående i det statliga belagda vägnätet. Under årens lopp har antalet bevakade sträckor ändrats så till vida att några utgått och andra tillkommit. En översyn av samtliga sträckor gjordes i början av år 2000. Antalet som fortsättningsvis skulle bevakas, minskades med en fjärdedel. Förändringarna gjordes dock på sådant sätt att högkvalitativa och användbara data fortfarande erhålls från de sträckor som är kvar i uppföljningsprogrammet. Idag är 359 aktiva, fördelade över 36 objekt.

Som exempel på användning kan nämnas att VTI under år 2000, på uppdrag av KFB, utvecklade sprickinitierings- och sprickpropageringsmodeller för sprickor som uppstår på grund av trafikbelastning. Tillvägagångssättet liknade till stor del det som tidigare använts inom EU-projektet PARIS (Performance Analysis of Road InfraStructure). Till grund för dessa modeller låg data som samlats in i detta projekt. Ett annat exempel är att VTI, på uppdrag av VV, utfört validering av beräkningshjälpmedlet för dimensionering av vägars bärighet, PMS Objekt. I första etappen ingick delmomentet för nybyggnation. Arbetet pågick under 2003 och 2004. Andra etappen behandlar delmomentet förstärkning och pågår i skrivande stund.

Under år 2004 genomfördes följande aktiviteter:

- **Besiktning** av samtliga sträckor (undantaget de som åtgärdades under 2003). Vid denna, som görs till fots, identifieras, klassificeras och kvantifieras förekommande skador och defekter enligt "Bära eller brista", handboken för tillståndsbedömning av belagda vägar.
- Mätning med **vägytemätbil** (RST) genomförs av ekonomiska skäl endast ca vartannat år. Det innebär att mätningar gjordes på drygt hälften av objekten. Spårbildning och utveckling av längsojämheter följer ett relativt linjärt förlopp varför förlusten av årliga mätdata bedöms kunna accepteras i detta läge.
- På objekt som åtgärdats under år 2003 genomfördes **fallviktsmätning** (KUAB-FWD) och vägytemätning.
- På ett objekt, där åtgärd planerats under år 2004, utfördes **tvärprofilering** (PRIMAL) samt fallviktsmätning.
- **Klimatdata** hämtades från SMHI:s väderstationer (enligt 'Årstabellen').
- **Trafikdata** inhämtades.
- Insamlad data bearbetades, kvalitetskontrollerades och samlades i **data-basen, LTPP-2004** (Microsoft Access 2000).

Saknas i 2004 års program gör uppföljningen av under året utförda underhålls-åtgärder, beroende på att inget av objekten utsattes för någon åtgärd. Överföring av den uppgraderade databasen till Vägverkets hemsida kommer att ske i början av år 2005. Som guidning till innehållet finns där också en manual att tillgå. I detta notats bilaga kan exempel på uppföljning och tillståndsutveckling studeras.

1 Inledning

Det är ofta svårt att motivera och generera medel för underhåll av befintliga gator och vägar. Investering i nya vägar är ofta politiska beslut som fattas utifrån många aspekter. För att motivera medel till underhåll krävs däremot i regel någon form av konsekvensbeskrivning av det framtida scenariot vid oförändrade, minskade eller uteblivna medel för underhållsåtgärder. Det ställs också höga krav på prioritering och planering, för att använda tilldelade medel på ett optimalt sätt. Det finns därför ett stort behov av väl fungerande planeringssystem för underhåll av vägar och gator.

Ett planeringssystem består i huvudsak av två olika delar: en administrativ del som hanterar beräkningar, prioriteringar, presentationer m.m., en del som består av prognosmodeller för vägkonstruktioners tillståndsutveckling och livslängd samt kostnadseffekter av olika tillstånd hos vägen.

Den administrativa delen av planeringssystem är av mer allmän karaktär vilket innebär att de inte nödvändigtvis behöver utvecklas inom landet, även om det är att föredra, eftersom prognosmodeller och effektsamband är mycket känsliga för faktorer som är beroende av geografiska förhållanden, klimat, trafikbelastning, vägbyggnadsmaterial samt typ av konstruktion.

Att utveckla prognosmodeller som på ett tillfredsställande sätt beskriver tillståndsförändring och förutsäger livslängd för beläggningsåtgärder och vägkonstruktioner ställer stora krav, både kvalitativt och kvantitativt, på de data som bildar underlag. Väl underbyggda och fungerande prognoser och planeringssystem ger stora vinster genom förbättrad prioritering, optimering och planering utifrån tillgängliga resurser. Det ger också en möjlighet att beskriva konsekvenserna av nedskärningar gentemot satsningar på upprustning av ett vägnät.

Prognoser för svenska förhållanden måste grundas på modeller i flera delar som i första hand beskriver utvecklingen av spår och sprickor samt ojämnheter i vägens längdriktning. Hänsyn måste tas till om spårbildning i huvudsak orsakats av trafik med dubbdäcksförsedda fordon eller av tung trafik. Modeller för sprickor bör dels omfatta tidpunkten för den första sprickans tillkomst, dels hur sprickorna därefter utvecklas.

Det finns också ett stort behov av modeller som värderar den strukturella effekten av underhålls- och förstärkningsåtgärder, framförallt inom det "icke-byggda" vägnätet.

Detta notat behandlar i huvudsak den insamling av data som skett under år 2004 som tillsammans med tidigare års arbete kan ligga till grund för prognosmodeller som beskriver tillståndsförändring och/eller förutsäger livslängder för beläggningsåtgärder och vägkonstruktioner.

2 Projektbeskrivning

Sedan 1984 pågår, vid VTI, projektverksamhet med målsättningen att samla in, bearbeta och leverera högkvalitativa data till utveckling av tillståndsförändringsmodeller för belagda vägar. Med hjälp av denna typ av modeller skall tillståndets förändring i tiden kunna förutsägas samt de skall medverka till att den lämpligaste underhållsåtgärden väljs och den utförs vid lämpligaste tidpunkt. Stommen i modellerna förväntas bestå av data som beskriver vägens aktuella tillstånd, dess styrka alternativt nominella uppbyggnad, trafikbelastning samt rådande klimat. Detta innebär att en databas byggs upp innehållande en mängd data som beskriver en vägs tillstånd från nybyggd fram till dagsläget.

I föreliggande notat, lägesrapport, beskrivs i första hand insamlingen av nya data som skett under år 2004. Föregående års lägesrapporter har tidigare publicerats som VTI notat (Göransson & Wågberg 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003) (Wågberg, 1991). Arbeta inom modellutveckling har publicerats som VTI notat (Djärf, 1988, 1993, 1997) (Wågberg, 2001).

Insamlingen av data förväntas fortsätta flera år framåt i tiden. Från och med 2002-02-11 blev databasen LTPP-ÅÅÅÅ.mdb tillsammans med Manual till LTPP-ÅÅÅÅ.pdf (Göransson & Wågberg) tillgängliga via VV:s hemsida (http://www.vv.se/templates/page3____7830.aspx). Tanken är att databasen ska uppdateras årligen. Således står ÅÅÅÅ för det senaste årtal som data insamlats under.

3 Verksamheten under år 2004

Arbetet omfattar uppföljning av tillståndsutvecklingen på ett stort antal, 100 meter långa, observationssträckor (i de flesta fall i båda köriktningarna). Detta arbete består av insamling av en mängd olika data som beskriver vägavsnittens tillstånd: synliga skador, ojämnheter längs och tvärs samt strukturell styrka. Dessutom insamlas en mängd uppgifter om vägens uppbyggnad, trafikens sammansättning, klimatförhållanden m.m. Samtidigt följs utförda underhållsåtgärder ingående.

Uppföljningsarbetet påbörjades 1984 på ett begränsat antal observationssträckor. Under årens lopp har antalet utökats kontinuerligt och uppgår, vid årsskiftet 2004/2005, till 655 st. fördelade över 66 objekt. Placering av objekten och deras namn samt antal ingående sträckor framgår av *figur 1*. Dock har uppföljningen avslutats på ett antal under de senaste 10 åren, *diagram 1*. Anledningen till detta har varit en snävare budget samt ombyggnad av vissa vägavsnitt, företrädesvis införandet av mötesfri väg, där trafiken flyttats i sidled. Inga objekt avslutades eller tillkom under året vilket innebär att 359 sträckor fördelade över 36 objekt kommer att vara aktiva.

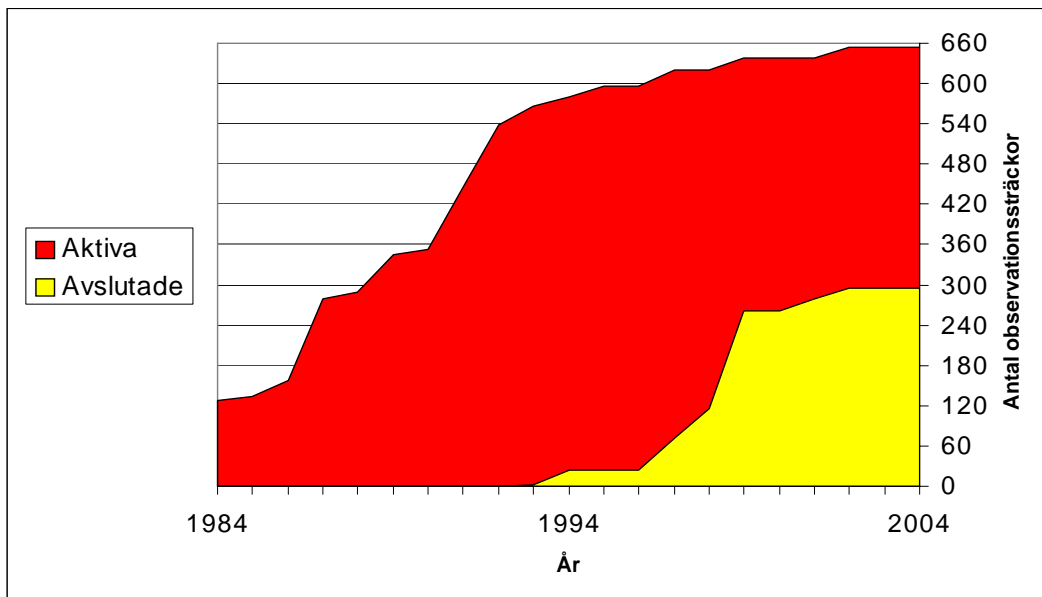
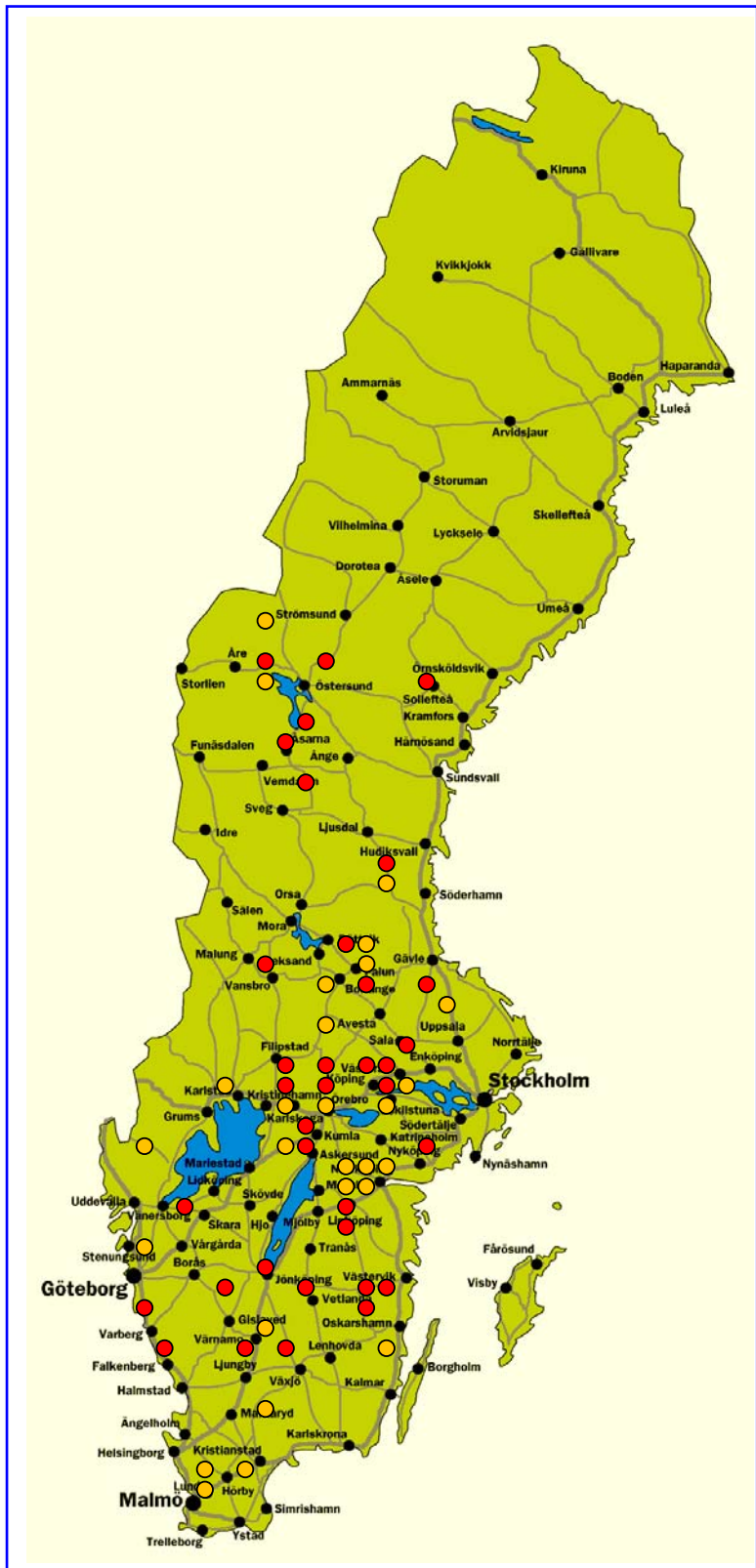


Diagram 1 Aktiv respektive avslutad uppföljning av observationssträckor för åren projektet har pågått.

Län	Väg	Objekt	Antal
C	292	Gimo	9
C	E4	Månkarbo	10
D	20	Eskilstuna	14
D	53	Kvicksund	18
D	53	Nyköping	10
E	34	Brokind	16
E	E4	Herrbeta	17
E	1173	Rejmyre	9
E	34	Skeda Udde	15
E	34	Skeda Udde	1
E	215/1153	Skärblacksa	6
E	36	Tift	12
E	55	Åby	7
F	195	Bankeryd	13
F	31	Nässjö	11
F	E4	Värnamo	21
F	E4	Värnamo	8
G	126	Moheda	11
G	23	Ålmhult	11
H	33	Ankarsrum	10
H	34	Mälilla	10
H	E22	Oskarshamn	11
H	33	Vimmerby	12
L	E22	Linderöd	12
M	103	Lund	6
M	11	Staffanstorp	9
N	E6	Frillesås	14
N	E6	Tvååker	10
P	166	Dals Ed	6
P	45	Lilla Edet	12
P	46	Trädet	9
R	44	Grästorp	10
R	E20	Hova	8
S	E18	Karlstad	13
S	E18	Kristinehamn	10
S	63	Saxån	3(11)
T	50	Askersund	6
T	207	Hjälmarsberg	11
T	205	Laxå	8
T	205	Gällersås	10
T	50	Lindesberg	10
T	68	Lindesberg	11
U	252	Hallstahammar	9
U	53	Kvicksund	11
U	580	Köping	8
U	67	Sala	10
W	80	Bjursås	10
W	60	Borlänge	1
W	60	Borlänge	10
W	60	Borlänge	1
W	850	Falun	1
W	60	Ludvika	10
W	880	Svärdsjö	1
W	266	Sörbo	12
W	71	Äppelbo	7
X	83	Arbrå	10
X	301	Bollnäs	13
X	67	Hedesunda	11
Y	90	Sollefteå	8
Z	675	Kaxås	12
Z	45	Lit	10
Z	321	Mattmar	12
Z	E14	Mattmar	10
Z	45	Svenstavik	11
Z	45	Asarna	8
Z	45	Överhogdal	8

	Uppföljning aktiv
	Uppföljning avslutad



Figur 1 Observationsobjektens/-sträckornas läge

3.1 Åtgärdade objekt

Av underhålls- och/eller förstärkningsprogrammet år 2004 berördes inga observationssträckor. Dock var en förstärkning av objektet X-RV67-1 vid Hedesunda planerad, vilket föranledde mätning med fallvikt och tvärprofilometer. Endast ett fåtal sträckor inom andra objekt lagades delvis. Observationsobjektet vid Köping U-580-1 är fortfarande föremål för utredning pga. belastningsskador (spår och sprickor/krackeleringar).

X-RV67-1 vid Hedesunda presenteras närmare i *bilaga 1* där en beskrivning av objektet görs samt en sammanställning av ett urval insamlad data (RST-mätningar, tvärprofil, tillståndsbedömning och trafik) visas.

3.2 Mätprogram

Mätningar och besiktningar utförs efter ett förutbestämt program, dock har vissa inskränkningar fått göras då utrymme saknats inom ramen för given budget. Besiktningarna har dock alltid högsta prioritet eftersom förändringar i form av sprickor och/eller krackeleringar är mindre förutsägbara och i regel har ett snabbare förlopp än vad exempelvis ojämnheter i tvär- respektive längsled har. Programmet för varje delmoment presenteras nedan.

3.2.1 Mätning av bärförmågan med KUAB-FWD

Mätningarna med **fallvikt**, tillverkad av KUAB, utförs i egen regi. Fallvikten är uppbyggd enligt 2-massesystemet och utrustad med belastningsplatta som mäter 30 cm i diameter. Mätning utförs, i höger hjulspår, i 5 förutbestämda sektioner (i vardera riktningen där så förekommer) per sträcka. Vid slag nummer 3 registreras kraften (fallhöjd vald så kraften hamnar omkring 50 kN) samt nedsjunkning i belastningscentrum samt 20, 30, 45, 60, 90 och 120 cm från centrum. Dessutom registreras luft-, yt-, beläggningstemperatur och väderförhållanden samt tidpunkten för varje belastning.

Målsättningen är att mätningar ska utföras på våren före åtgärd samt på hösten nästkommande år efter åtgärd. Eventuellt nya objekt mäts på hösten året efter de är medtagna i uppföljningsprogrammet, eller tidigare om tidsvinst kan göras vid resa till andra objekt, *tabell 2*.

Tabell 2 Utförda mätningar och anledning till mätning.

Objekt	Beteckning	Vår	Höst
Skeda Udde	E-RV34-2		Åtgärd 2003
Grästorp	R-RV44-1		Åtgärd 2003
Hedesunda	X-RV67-1	Planerad åtgärd 2004	

3.2.2 Mätning av vägytan med LASER–RST

LASER–RST har i standardversionen 17, på mätbil fast monterade, lasrar som används för att registrera ojämnheter i **tvärled**. Med VTI-forskningsbil finns dessutom möjligheten att använda 19 fast monterade lasrar. Mätbredden med 17 är 3,2 m, emedan 19 ger 3,6 m. En registrering sker varje 10:e cm i färdriktningen, varefter bl.a. spårdjupet beräknas (trådprincipen). Medelvärde för respektive sträcka och korrigerad höjd erhålls.

En stor mängd data beskriver även ojämnheter i **längsled**, där innefattas hela längsprofilen, med registrering var 10:e cm.

Mätobjektet videofilmas samtidigt som mätning sker. Kameran är placerad ovanpå bilen och riktad framåt. Bilden visar samtidigt ett urval mätdata. Dessutom sparas en digital videobild från varje 20-meterssektion.

Målsättningen är att ungefär hälften av objekten ska mätas under året. De objekt som ska åtgärdas innevarande år (samt närliggande objekt) mäts på våren. Mätning efter åtgärd sker nästkommande år, företrädesvis på hösten. Med andra ord utsätts varje enskilt objekt för mätning minst vart annat år. Detta år mättes 207 sträckor fördelade över 21 objekt i båda korrigeringsriktningarna samt 32 sträckor fördelade över 3 objekt i en riktning. Tonvikten låg på de som är belägna i mellansverige.

Sträckorna mäts alltid minst två gånger med 17 lasrar, varefter spårdjupet beräknas för 11 respektive 17 lasrar. Dessutom sker mätning minst två gånger med 19 lasrar, varefter spårdjupet beräknas för 15 respektive 19 lasrar. Vid utvärderingen jämförs data från mätningarna och riktigheten kontrolleras. I databasen sparas de mätningar, för lika antal lasrar, som givit störst spårdjup.

3.2.3 Okulär bedömning av tillståndet

Instruktionen för den **besiktning** som ligger till grund för tillståndsbedömningen lyder sålunda:

1. Gå till fots utmed sträckan. Bestäm läget för vidkommande observationer i längsled genom användning av mätjul och i tvärled genom okulär bedömning i förhållande till tvärsektionens utseende och spårbild.
2. Vilken skadetyper/defekt eller typ av lagning/försegling som ev. upptäckts avgörs (enligt "Bära eller brista", Wågberg, 2003):
 - Längsgående spricka i spår
 - Tvärgående spricka i spår
 - Spricka i spårkant
 - Krackelering
 - Spricka ej i spår (exempelvis tjälspricka)
 - Fogspricka i vägmitt
 - Fogspricka i vägkant
 - Spricka tvärs vägen
 - Spricka på vägren
 - Slaghål
 - Stensläpp
 - Blödning
 - Separation
 - Lappning
 - Försegling

3. Bedöm sprickans/krackeleringens svårighetsgrad (1–3) och ev. lagningsgrad i %.

 1. Hårfin, sluten/slutna. Inget material har lossnat från beläggnings
 2. Öppen/öppna. Inget eller endast lite material har lossnat från beläggnings
 3. Avsevärt öppen/öppna. Material har lossnat från beläggnings

4. Rita in läget för observationen i protokoll och ange skadetypens svårighetsgrad.

Varje sträcka besiktigas årligen med undantag av dem som åtgärdats heltäckande året innan, då risken för uppkomna skador kan anses som minimal.

Normalt besiktigas de sträckor vars slitlager består av asfaltbetong på hösten. De objekt som ska åtgärdas besiktigas på våren, likaså de vars slitlager består av ytbehandling, pga. att en viss risk för ”läkning” av eventuella sprickor under varma sommarkvarter förekommer. Samtliga besiktningar utförs av endast två samtränade personer (författarna), vilket borgar för hög kvalitet vad gäller enhetlig bedömning av exempelvis svårighetsgrad.

3.2.4 Registrering av tvärprofil (spårdjupsmätning)

Tvärprofilen mäts med ett på en mätvagn monterat mätjul som registrerar ytans profil i förhållande till en från mottagarstativet projicerad laserstråle. PRIMAL, VTI:s profilmätare används vid dessa mätningar. Utrustningen placeras ut vid 5 förutbestämda sektioner i vardera riktningen där så förekommer. Tvärsektionerna kan efter registrering sedan ritas upp i diagramform vilket gör att spårdjup, -area och -vidd lätt kan bestämmas.

Profilmätningen utförs innan en åtgärd ska utföras eller om uppföljningen ska avslutas, då spårdjupet är som störst, samtidigt med att fallviktsmätningen görs med tanke på att skyltningen (vägavstängningen) då kan samordnas. Under året utförda mätningar visas i *tabell 4*.

Tabell 4 Utförda mätningar.

Objekt	Beteckning	Anm.
Hedesunda	X–RV67–1	Planerad åtgärd 2004

3.2.5 Mätning av trafik

Trafikuppgifter för sträckor som i dagsläget är aktiva, inhämtades från VV. Mätningar utföres enligt uppgift normalt vart fjärde år på den typ av vägar som ingår i uppföljningen, Europavägar, Riksvägar och Primära Länsvägar (vägnr 100–499). Erhållna värden representerar årsmedeldygn vanligtvis 2 vardagsperioder om ett dygn och 2 vardag-helgperioder (tors–mån eller fre–tis). Tidigare har VTI:s utrustning för differentierad trafikräkning använts för detta ändamål, när inte någon av VV:s fasta mätstationer funnits i direkt anslutning till observationssträckorna.

3.3 Databas

Microsoft Access 2000, ett databashanteringssystem för relationsdatabaser för Microsoft Windows, används. Databasen innehåller en stor mängd mätdata och andra uppgifter om observationssträckorna. All mätdata och alla uppgifter finns registrerade som enskilda poster, men är uppdelade i flera **tabeller**, *tabell 5*, som i

sin tur kan kombineras med s.k. **frågor**. Detta under förutsättning att någon post är gemensam för den eller de tabeller som önskas kombineras. Frågorna används även vid urval, grupperingar och beräkningar. Inom systemet finns även möjlighet att utforma **formulär** och **rapporter**.

Som exempel på användning kan nämnas att VTI under år 2000, på uppdrag av KFB, utvecklade sprickinitierings- och sprickpropageringsmodeller för sprickor som uppstått på grund av trafikbelastning. Tillvägagångssättet liknade till stor del det som tidigare använts inom EU-projektet PARIS (Performance Analysis of Road InfraStructure). Beräkningshjälpmedlet för vägars bärighet, PMS Objekt, har med hjälp av ingående data kunnat valideras. Uppgifter har i ett flertal olika sammanhang använts av uppdragsgivaren, Vägverket. Databasen har dessutom, under flera år, legat som grund till flera doktorand- och examensarbeten vid tekniska högskolan i Stockholm, Lund, Linköping, Dalarna och Helsingfors. På senare tid har även företag i asfaltbranschen visat intresse och uttryckt sin uppskattning för LTPP-databas. En årligen uppdaterad databas tillsammans med en manual (Göransson & Wågberg), är tillgänglig via VV:s hemsida på Internet (se kapitel 2).

Tabell 5 Databasens innehåll.

Tabell	Antal poster (ökning 2004)	Innehåll
Objekt	66	Läge, klimat m.m. för varje objekt
Sträcka	655	Undergrund, överbyggnad m.m. för varje sträcka
Åtgärd	2 930 (4)	Asfaltbundna lager för varje sträcka
FWDpunkter	41 000 (360)	Fallviktsdata från varje mätpunkt
RST-11	15 000 (446)	Data för varje sträcka, riktning och mättillfälle; 11 lasrar, 3,2 m mätbredd
RST-15	5 380 (446)	Data för varje sträcka, riktning och mättillfälle; 15 lasrar, 3,6 m mätbredd
RST-17	5 550 (446)	Data för varje sträcka, riktning och mättillfälle; 17 lasrar, 3,2 m mätbredd
RST-19	3 900 (446)	Data för varje sträcka, riktning och mättillfälle; 19 lasrar, 3,6 m mätbredd
Profillinjer	22 000 (110)	Tvärprofildata från varje mätsektion
Trafikårsmedel	647	Trafikdata för varje sträcka
Besiktningar	51 600 (2 856)	Varje enskild observation per sträcka
Väderårsmedel	2 070 (75)	Årssammanställning från SMHI:s mätstationer
Sprickindex	8 380 (333)	Indexering av belastningsskador efter grad och utbredning per sträcka och besiktningstillfälle

4 Referenser

- Djärf, L: **Asfaltbelagda vägars nedbrytning**. VTI notat V77, 1988. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1988.
- Djärf, L et consortes: **Projekt "Modellutveckling", delprojekt inom huvudprojektet "Dimensionering vid förbättring och underhåll"**. Lägesrapport mars 1992. VTI notat V207, 1993. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1993.
- Djärf, L: **Tillståndsförändrings-(nedbrytnings-)modeller för asfaltbelagda och ytbehandlade vägar**. VTI notat 51-1997. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1997.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Överbyggnadsåtgärder – datainsamling. Lägesrapport 1991–12**. VTI notat V163, 1992. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1993.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Överbyggnadsåtgärder – datainsamling. Lägesrapport 1992–12**. VTI notat V209, 1993. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1993.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Dimensionering vid förbättring och underhåll – Datainsamling. Lägesrapport 1993-12**. VTI notat 19-1994. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1994.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Dimensionering vid förbättring och underhåll – Datainsamling. Lägesrapport 1994-12**. VTI notat 7-1995. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1995.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Dimensionering vid förbättring och underhåll – Datainsamling. Lägesrapport 1996-02**. VTI notat 12-1996. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1996.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Dimensionering vid förbättring och underhåll – Datainsamling. Lägesrapport 1997-01**. VTI notat 28-1997. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1997.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Dimensionering vid förbättring och underhåll – Datainsamling. Lägesrapport 1998-02**. VTI notat 1-1998. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1998.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Tillståndsuppföljning av observationssträckor – Datainsamling. Lägesrapport 1999-02**. VTI notat 1-1999. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1999.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Tillståndsuppföljning av observationssträckor. Datainsamling, lägesrapport 2000-02**. VTI notat 9-2000. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 2000.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Tillståndsuppföljning av observationssträckor. Datainsamling, lägesrapport 2001-02**. VTI notat 7-2001. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 2001.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Tillståndsuppföljning av observationssträckor. Datainsamling, lägesrapport 2002-02**. VTI notat 3-2002. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 2002.
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Manual till den svenska nationella LTPP-databasen**. VV:s hemsida (pdf-fil).
- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Tillståndsuppföljning av observationssträckor. Datainsamling, lägesrapport 2002-12**. VTI notat 1-2003. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping 2003.

- Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Tillståndsuppföljning av observationssträckor. Databasinsamling, lägesrapport 2003-12.** VTI notat 1-2004. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping 2004.
- Göransson, N-G : **Validering av PMS Objekt. Delmoment för nybyggnation.** VTI notat 2-2004. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping 2004.
- Holen, Å: **Simulerad rätskenemätning baserad på längdprofilmätning med Laser RST.** VTI notat 43-1995. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1995.
- Jansson, H & Djärf, L & Göransson, N-G: **Effekt av olika förstärkningsåtgärder på asfaltbelagda vägar. Delrapport 1.** VTI notat 41-1998. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1998.
- Jämsä, H, Wågberg, L-G, Hudson, R, Spoo, H & Göransson, N-G: **Development of Deterioration Models for Cold Climate Using Long-Term Pavement Field Data.** VTI särtryck 277, 1997. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1997.
- Jämsä, H: **Crack Initiation Models for Flexible Pavements.** Helsinki University of Technology. 2000.
- Offrell, P: **Crack Geometry Analysis in Asphalt Cores Using Computerised Tomography.** Kungliga Tekniska Högskolan, 2000.
- Wågberg, L-G: **Överbyggnadsåtgärder. Lägesrapport 1991-03.** VTI notat V143, 1991. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1991.
- Wågberg, L-G: **Utveckling av nedbrytningsmodeller. Sprickinitiering och sprickpropagering.** VTI meddelande 916, 2001. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 2001.
- Wågberg, L-G: **Bära eller brista. Handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar.** Svenska Kommunförbundet, VTI, Vägverket. 1991.
- Wågberg, L-G: **Bära eller brista. Handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar - ny omarbetad upplaga.** Svenska Kommunförbundet, VTI, Vägverket. 2003.
- Öberg, Gudrun (redaktör): **Statliga belagda vägar. Tillståndet på vägytan och i väggkroppen, effekter och kostnader.** VTI notat 44-2001. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 2001.
- PARIS, Performance Analysis of Road Infrastructure, Final Report.** Project funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme. 1998.

Bilaga

- 1 Beskrivning av objekt X-RV67-1
 - 1.1 Laser RST (11 lasrar)
 - 1.1.1 Spår djup, mätbredd 3,2 m
 - 1.1.2 IRIH
 - 1.2 Tvärprofilmätning
 - 1.2.1 Spår djup, hela körfältet
 - 1.2.2 Spårvidd
 - 1.3 Tillståndsbedömning – Belastningsskador
 - 1.4 Trafik

1 Beskrivning av objekt X-RV67-1

Väg 67 mellan Gysinge och Överhärde, delen Ålboån-Brunnsheden, öppnades för trafik 1987. De 11 observationssträckorna är utspridda över 1 170 m.

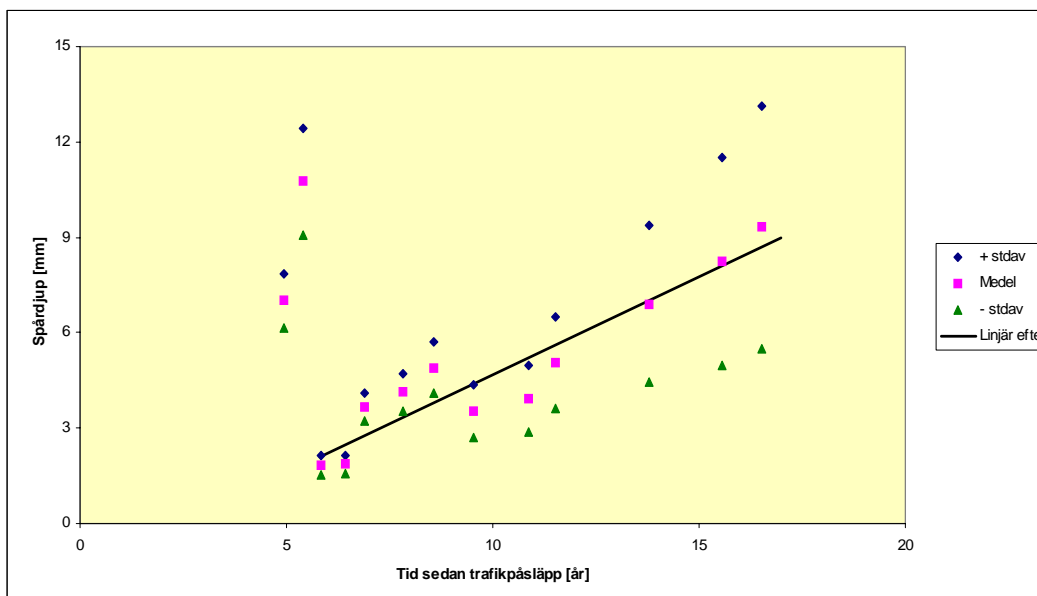
Konstruktionen består av en 600 respektive 700 mm tjock grus/bitumen överbyggnad på undergrund av sandig moig morän respektive lera. Avsnittet ligger omväxlande på bank respektive skärning, +2,0 till -2,0 m, med 525 respektive 625 mm obundet material i överbyggnaden. De bundna lagren bestod ursprungligen av 50 mm AG och 25 mm MABT12. På sensvåren 1993 sattes en beläggningsåtgärd in då betydande bärighetsskador i form av sprickor i hjulspår kraftig spårbildning upptäckts. Åtgärden innebar att de mest skadade partierna justerades med AG följt av att hela objektet lades över med MABT12. Nästföljande år (1994) utfördes en Y1B16. Tio år senare är det maximala spårdjupet i medeltal omkring 15 mm och bitvis är bärighetsskador i form av sprickor och krackeleringar betydande.

Medelårsdygnstrafiken utgörs år 2002 av ca 2 600 fordon, varav en så stor andel som 27 procent är tunga. Den tunga trafikbelastningen har under en 6-årsperiod ökat med i genomsnitt 3,9 % per år. Vägbredden är 9 m, med en normalsektion som betecknas K7,5 + 2V0,75.

Str	Undergrundsmtl	Bank/Skärn	Förstärkningsl:r	Bärlager	Beläggningslager
1	sandig moig Morän	Skärn 2 m	Grus 400 mm	Grus 125 mm	110AG, 50 mm (1987) 60MABT12, 25 mm, (1989) Flv AG+MaJuMABT12, ca 22 mm (1993) Y1B16 (1994)
2	Enligt ovan	Skärn 0,5 m	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan
3	Enligt ovan	Bank 1,5 m	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan
4	Enligt ovan	Bank 1 m	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan
5	Enligt ovan	Bank 1,5 m	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan
6	Enligt ovan	Bank 2 m	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan
7	Enligt ovan	Bank 1,5 m	Grus 500 mm	Enligt ovan	Enligt ovan
8	Enligt ovan	Bank 1 m	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan
9	Enligt ovan	Bank 1,5 m	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan
10	Lera	Skärn 1,5 m	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan
11	Enligt ovan	–	Enligt ovan	Enligt ovan	Enligt ovan

1.1 Laser RST (11 lasrar)

1.1.1 Spår djup, mätbredd 3,2 m

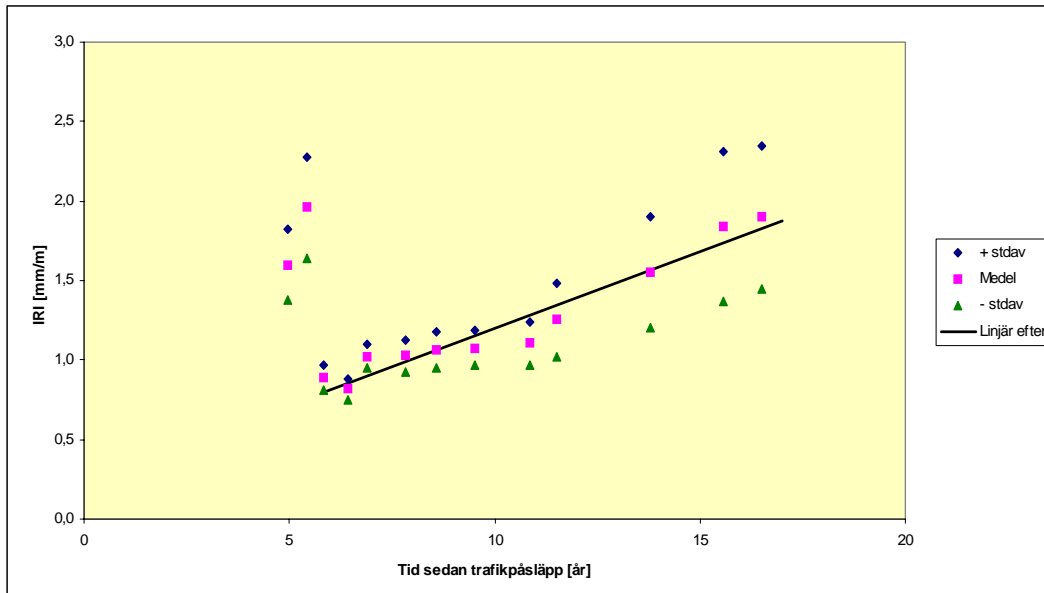


- Om spår djupsutvecklingen antas vara linjär, kan den **efter** åtgärden beskrivas enligt formeln:

$$RUT_{\text{efter}} = 0,6168 * \text{år} - 1,5016 \quad (R^2 = 0,8941)$$

Det innebär således en ökning av spår djupet med drygt 0,6 mm/år.

1.1.2 IRIH



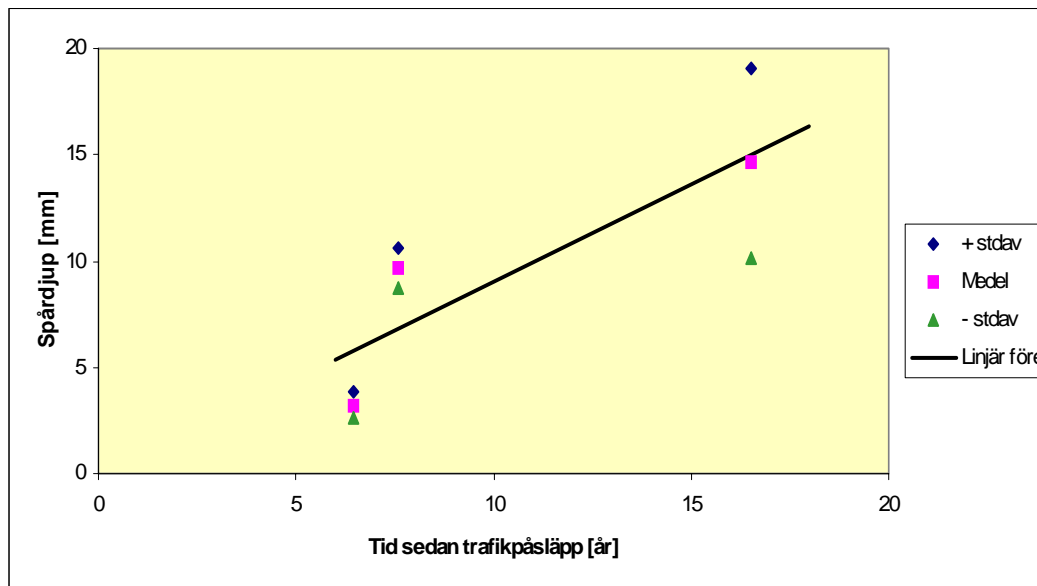
- Om ökningen av IRIH antas vara linjär, kan utvecklingen av längsojämheter **efter** åtgärden beskrivas enligt formeln:

$$IRIH_{\text{efter}} = 0,0965 * \text{år} + 0,2361 \quad (R^2 = 0,9357)$$

Det innebär således en ökning av IRIH med nästan 0,1 mm/m och år.

1.2 Tvärprofilmätning

1.2.1 Spårdjup, hela körfältet

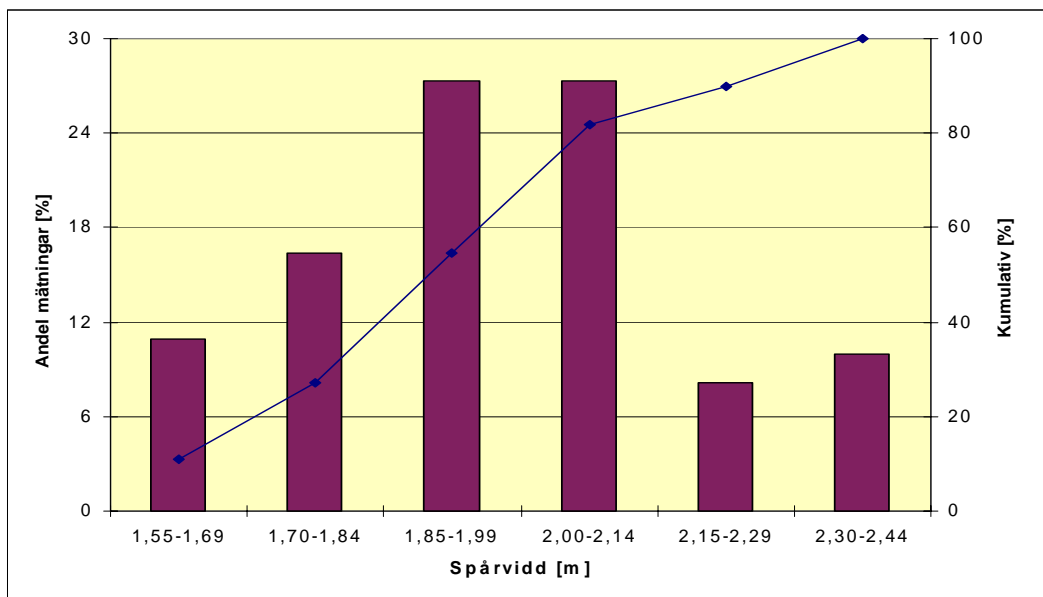


- Om spårdjupsutvecklingen antas vara linjär, kan den **efter** åtgärden beskrivas enligt formeln:

$$SPÅR_{\text{efter}} = 0,9137 * \text{år} - 0,1464 \quad (R^2 = 0,7747)$$

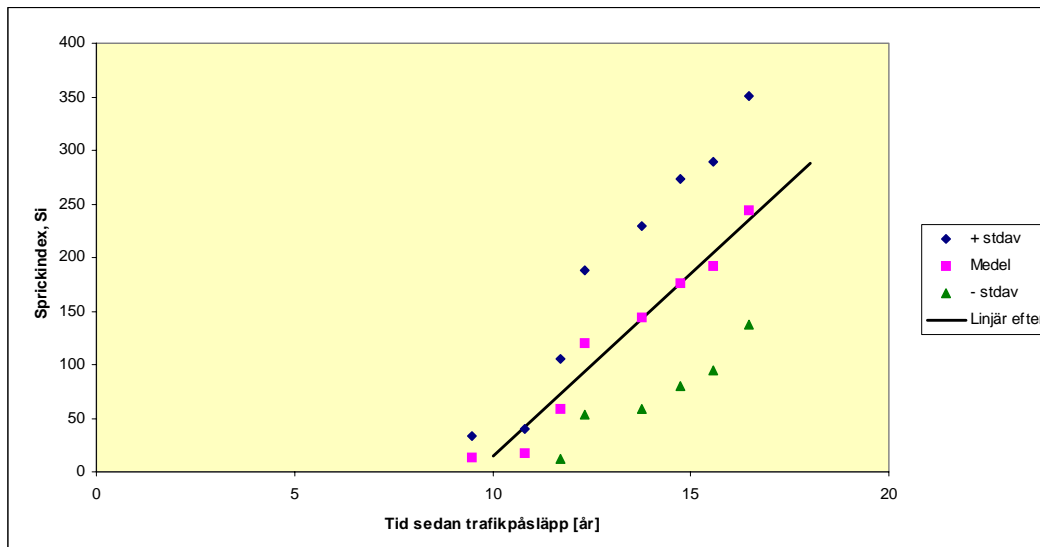
Det innebär således en ökning av spårdjupet med drygt 0,9 mm/år.

1.2.2 Spårvidd



Ungefär 90 % av mätta tvärprofiler (totalt 110 st.) uppvisar en spårvidd överstigande 1,69 m vilket bör betyda att spårbildning näst intill uteslutande berott på deformationer som orsakats av den tunga trafiken.

1.3 Tillståndsbedömning – Belastningsskador



De första belastningsbetingade sprickorna efter förstärkningsåtgärden upptäcktes tre år efter densamma.

- Om spricktillväxten antas vara linjär, kan den **efter** åtgärden beskrivas enligt formeln:

$$Si_{\text{efter}} = 34,1 * \text{år} - 326,12 \quad (R^2 = 0,9604)$$

Det innebär således en ökning med Si 34 per år.

Sprickindex beräknades enligt:

$$Si = 2 * Kr + LSpr + TSpr$$

där

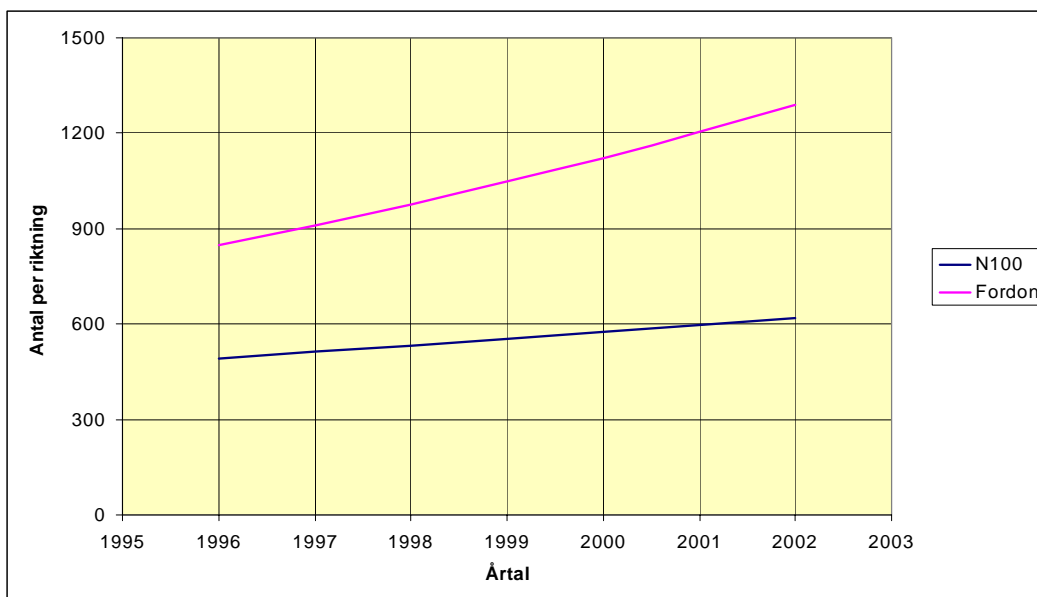
$$Kr \text{ (Krackelering)} = Kr_{\text{låg}} + 1,5 * Kr_{\text{medel}} + 2 * Kr_{\text{svår}}$$

$$LSpr \text{ (Längsgående sprickor)} = Lspr_{\text{låg}} + 1,5 * Lspr_{\text{medel}} + 2 * Lspr_{\text{svår}}$$

$$TSpr \text{ (Tvärgående sprickor)} = Tspr_{\text{låg}} + 1,5 * Tspr_{\text{medel}} + 2 * Tspr_{\text{svår}}$$

Låg, medel, svår = svårighetsgrad enligt "Bära eller brista"

1.4 Trafik



Det totala antalet fordon som passerade i en riktning var under ett medelårsdygn år 2002, 1 290 st, att jämföra med 850 år 1996. Detta innebär en årlig ökning med i medeltal 7,2 %.

Passerande ekvivalent antal standardaxlar, N100 i en riktning, var under ett medelårsdygn år 2002, 620 st, att jämföra med 493 år 1996. Detta innebär en årlig ökning med i medeltal 3,9 %.