

Provväg Skänninge:

Spårdjup 9:e oktober 2033?*

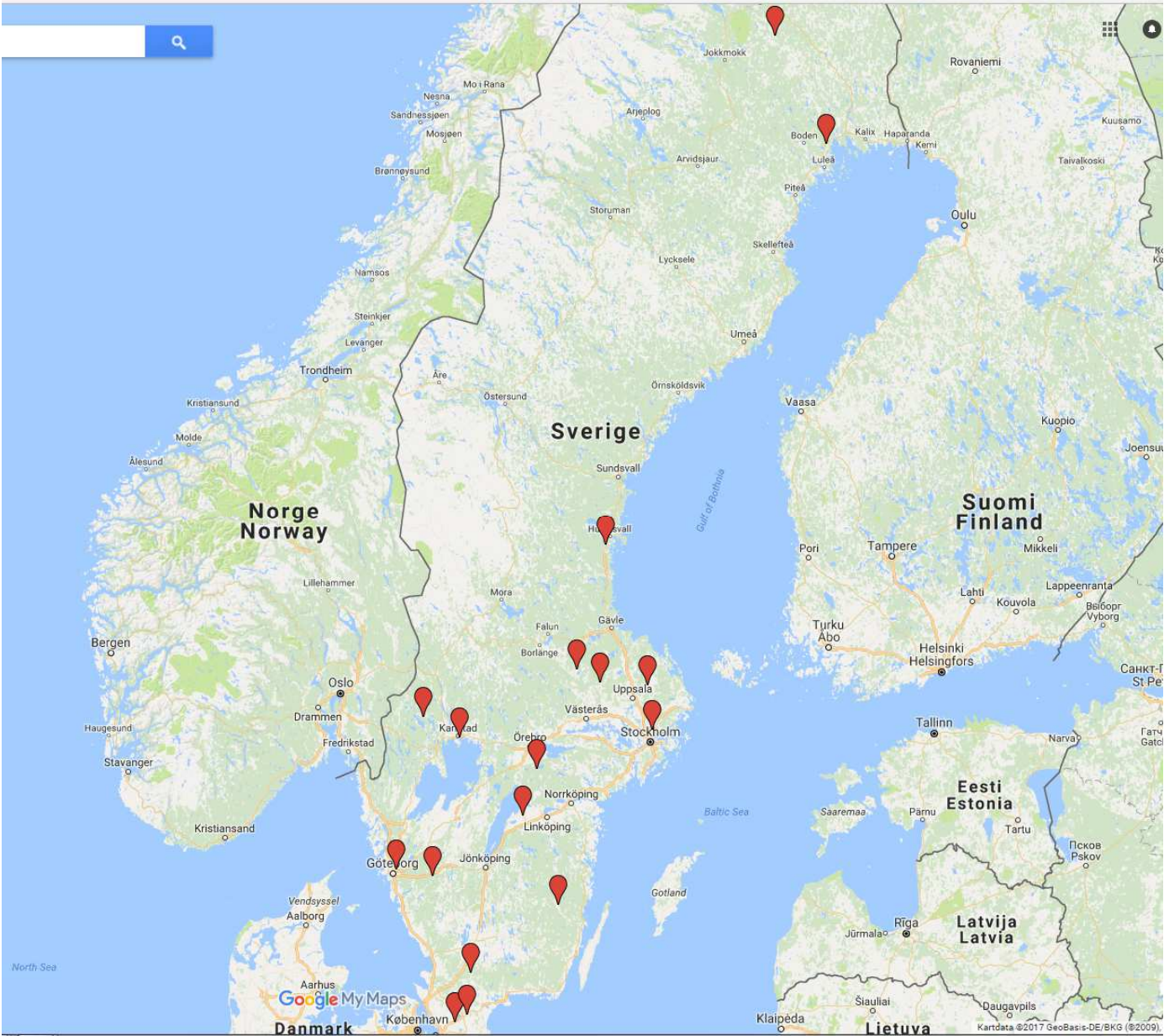


* ”Strax innan klockan 14”

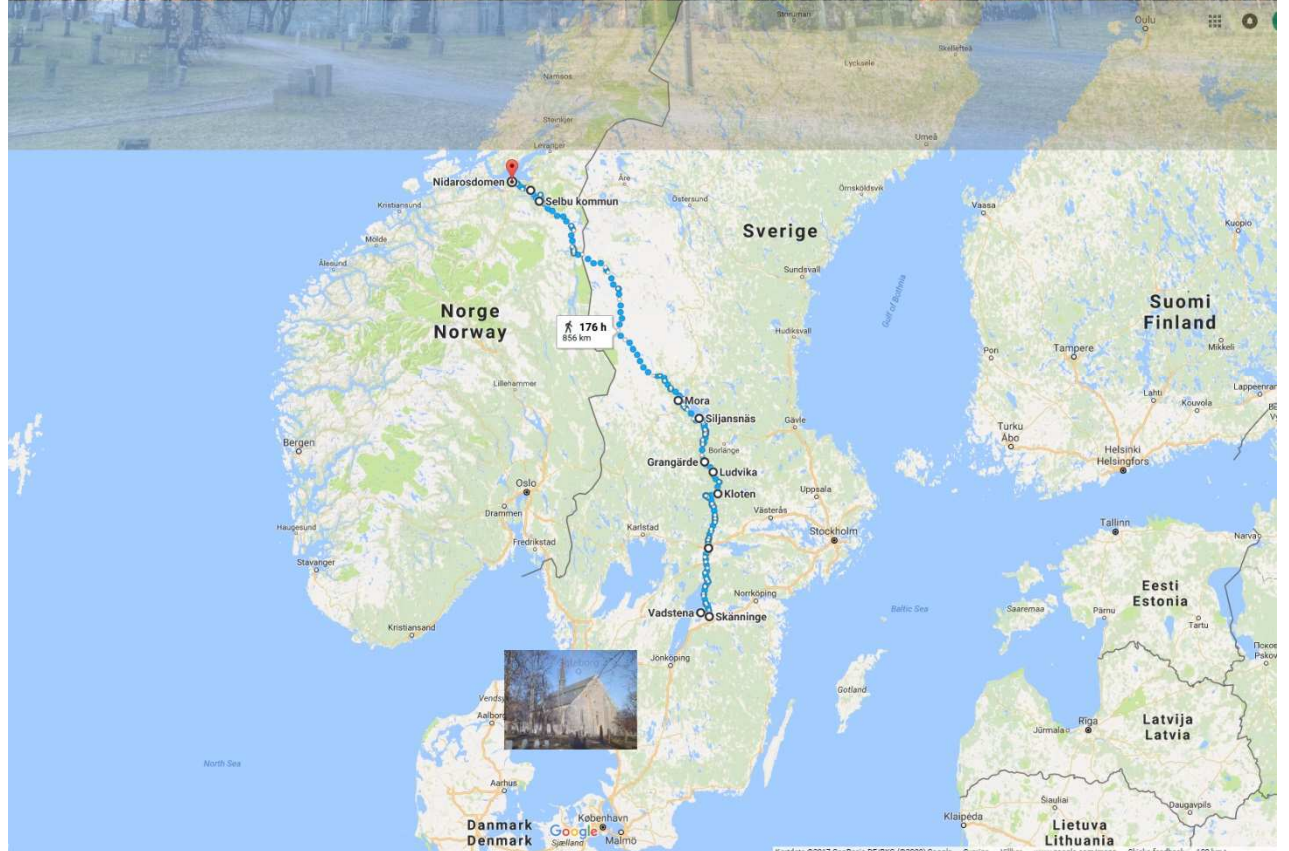
NCC Industry och Nynas bitumen
medfinansiärer av uppföljning:

Trafikverket
SBUF Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond

Totalentreprenader



Pilegrim till Nidaros domkirke



... kvantifiera (den positiva) effekten av att använda **polymermodifierade bindemedel** i termer av vägytans jämnhet

Based on a true story ...

Seely, B.E. 1984

The Scientific Mystique in Engineering: Highway
Research at the Bureau of Public Roads

Technology and Culture 25(4): 798-831

over these roads by motor truck; and third, by the transportation to tidewater of a large number of motor trucks **intended for service in France.** These motor trucks came loaded with parts, which made the total load in the neighborhood of 10 tons.



With the **rational** design of road surfaces as a goal, the **Bureau of Public Roads** has begun experiments to find out something of the **fundamentals** affecting road design
(BPR, 1919)

subjected to entirely dissimilar conditions. Let us establish the art of road building as an exact science and to this end let us obtain and use the underlying, fundamental facts.

(Goldbeck, BPR, 1922)

Belastningsmätning (1919)



Belastning betongplattor (1920)

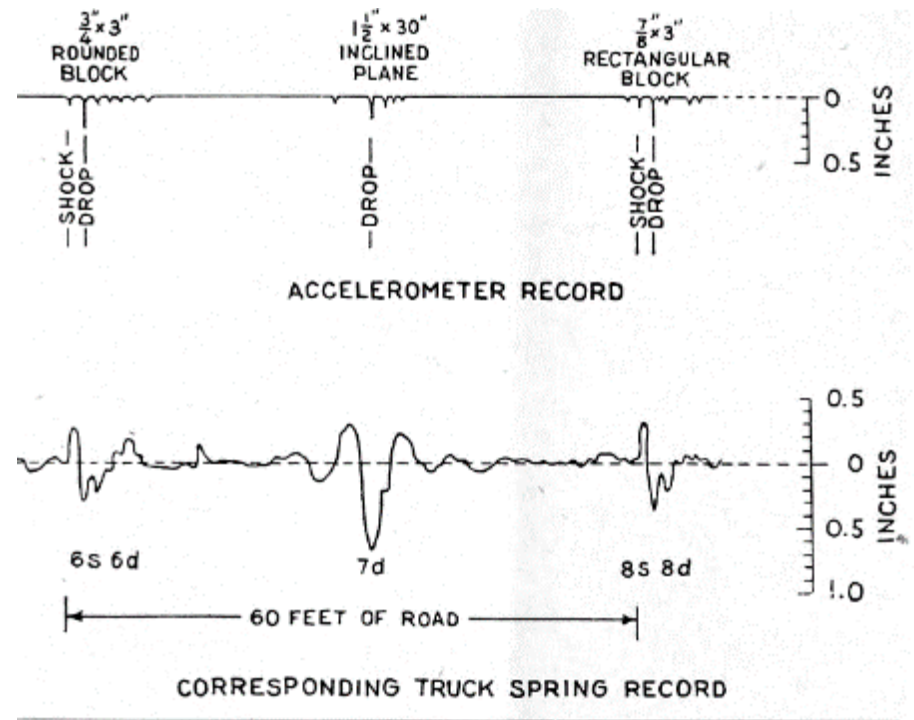
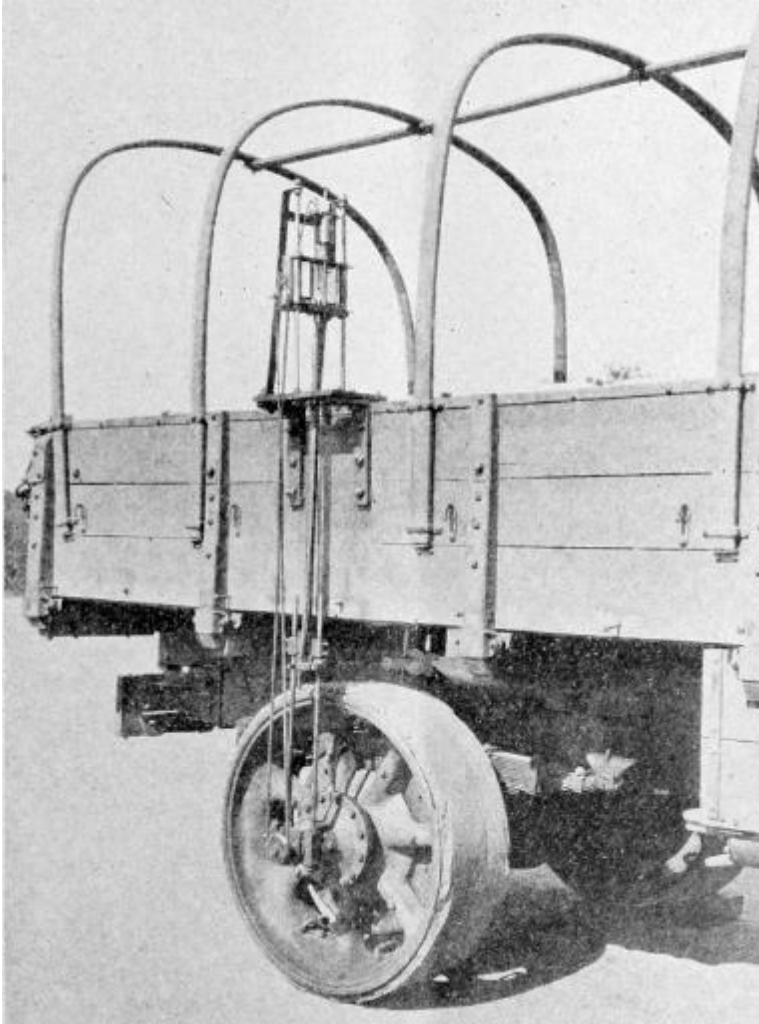


Another obvious reason is that the slab resistances used were derived from tests in which the impact was delivered only to **the centers** of the 7-foot slabs, and it is known that this is the most **favorable condition**.

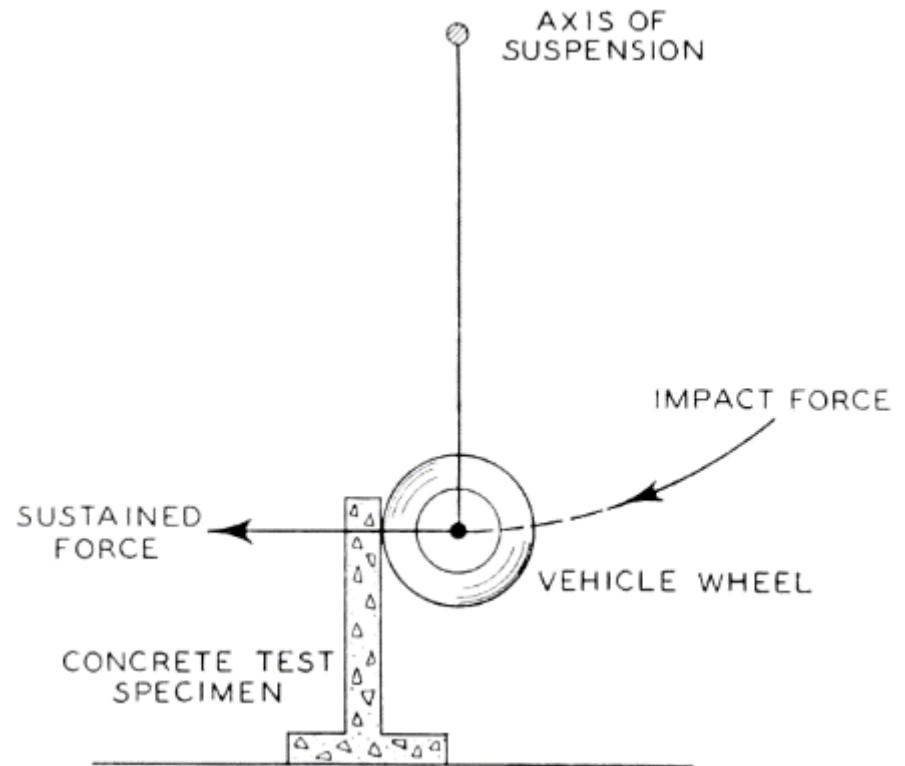
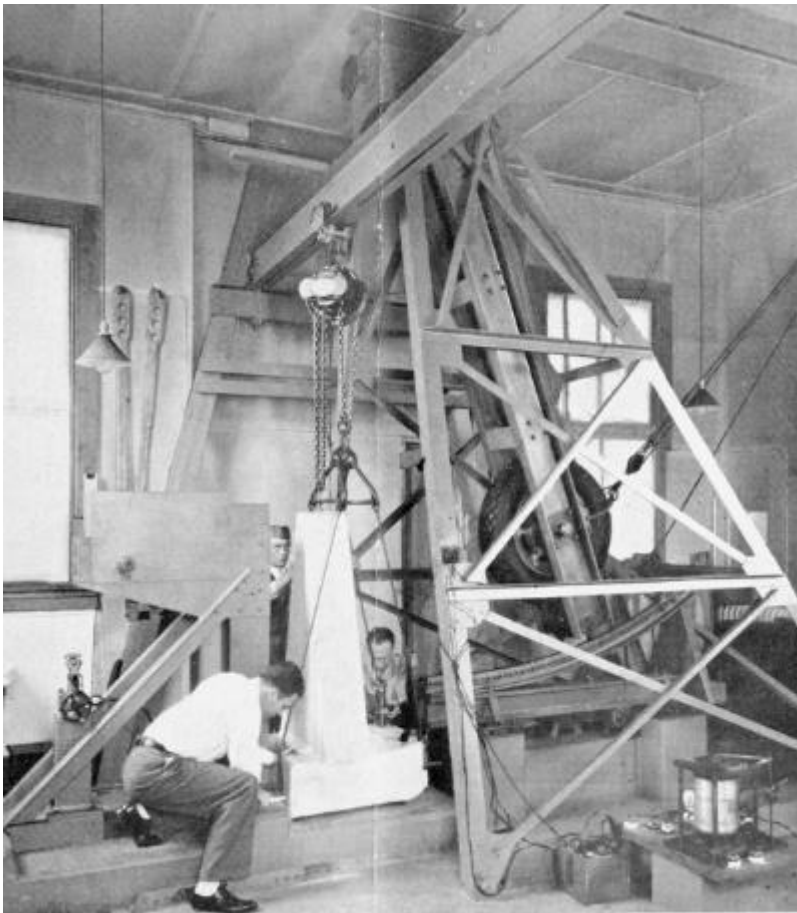
...

These reasons indicate the need for further research.

Belastningsmätning (1924)

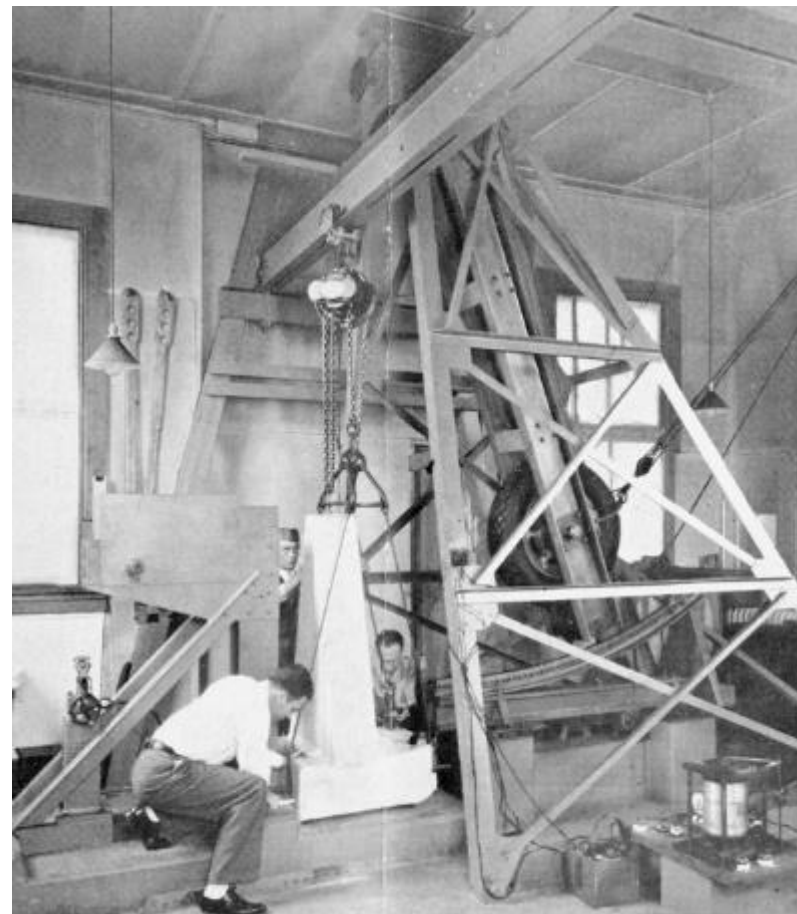


December 1937 (efter ca 4 års utveckling)



$$x = \frac{\sum M_0}{\sum W} = 81.804 \text{ inches, the distance of the center of gravity from the axis of suspension.}$$

Utveckling: 1917 - 1937



Detta i åtanke ...

Loop 1				Loop 2				Loop 3				Loop 4				Loop 5				Loop 6																		
Axle Load				Axle Load				Axle Load				Axle Load				Axle Load				Axle Load																		
Lane 1		Lane 2		Lane 1		Lane 2		Lane 1		Lane 2		Lane 1		Lane 2		Lane 1		Lane 2		Lane 1		Lane 2																
None		None		2,000-S		6,000-S		12,000-S		24,000-T		18,000-S		32,000-T		22,400-S		40,000-T		30,000-S		48,000-T																
Main Factorial Design Design 1				Main Factorial Design Design 1				Main Factorial Design Design 1				Main Factorial Design Design 1				Main Factorial Design Design 1				Main Factorial Design Design 1																		
Surface Thickness	Base Thickness	Subbase Thickness	Test Section No.		Surface Thickness	Base Thickness	Subbase Thickness	Test Section No.		Surface Thickness	Base Thickness	Subbase Thickness	Factorial Block	Test Section No.		Surface Thickness	Base Thickness	Subbase Thickness	Factorial Block	Test Section No.		Surface Thickness	Base Thickness	Subbase Thickness	Factorial Block	Test Section No.												
			Lane 1	Lane 2				Lane 1	Lane 2					Lane 1	Lane 2					Lane 1	Lane 2					Lane 1	Lane 2	Lane 1	Lane 2	Lane 1	Lane 2							
1	0	0	857	858	3	0	0	721	722	2	0	0	165	166	3	0	4	633	634	3	0	4	485	486	4	0	8	269	270									
		8	867	868			4	727	728			4	3	125			126	8	2			607	608	8			2	451	452	12	2	299	300					
		16	833	834			8	743	744			8	2	143			144	12	3			571	572	12			3	415	416	16	2	317	318					
	6	0	827	828		6	0	0	755		756	3	3	0		3	113	114	6		3	4	2	599		600	9	6	4	2	449	450	6	6	8	2	303	304
		8	847	848				4	719		720			4		2	135	136				8	3	573		574			8	3	419	420			12	1	323	324
		16	839	840				8	771		772			8		1	159	160				12	1	617		618			12	1	487	488			16	3	253	254
3	0	0	859	860	2	0	0	729	730	3	0	0	127	128	4	0	4	2	585	586	5	0	4	3	413	414	3	0	8	1	321	322						
		8	863	864			4	759	760			4	1	157			158	8	1	623			624	8	1	471			472	12	3	267	268					
		16	869	870			8	731	732			8	3	111			112	12	2	601			602	12	2	441			442	16	2	309	310					
	6	0	829	830		6	0	0	775		776	6	6	0		2	137	138	9	6		4	3	583	584	6		6	4	3	411	412	9	9	8	1	319	320
		8	851	852				4	741		742			4		1	163	164				8	1	619	620				8	1	481	482			12	3	261	262
		16	837	838				8	709		710			8		3	109	110				12	2	603	604				12	2	443	444			16	2	315	316
5	0	0	825	826	3	0	0	775	776	4	0	0	147	148	5	0	4	1	627	628	6	0	4	1	473	474	4	0	8	2	259	260						
		8	851	852			4	757	758			4	1	147			148	8	2	589			590	8	2	455			456	12	3	307	308					
		16	875	876			8	737	738			8	3	107			108	12	3	575			576	12	3	425			426	16	1	327	328					
	6	0	819	820		6	0	0	769		770	9	6	0		2	129	130	6	6		4	2	595	596	9		9	4	2	437	438	6	6	8	2	313	314
		8	875	876				4	739		740			4		3	117	118				8	3	577	578				8	3	417	418			12	1	331	332
		16	819	820				8	711		712			8		2	131	132				12	1	625	626				12	1	477	478			16	3	265	266
3	0	0	823	824	4	0	0	769	770	5	0	0	155	156	6	0	4	2	605	606	5	0	4	2	439	440	3	0	8	2	297	298						
		8	865	866			4	739	740			4	2	141			142	8	3	587			588	8	3	421			422	12	1	335	336					
		16	877	878			8	745	746			8	1	155			156	12	1	621			622	12	1	479			480	16	3	255	256					
	6	0	871	872		6	0	0	749		750	6	6	0		3	119	120	9	6		4	3	579	580	9		9	4	3	423	424	6	6	8	1	325	326
		8	849	850				4	763		764			4		2	145	146				8	1	631	632				8	1	469	470			12	3	257	258
		16	879	880				8	713		714			8		3	123	124				12	2	593	594				12	2	445	446			16	2	301	302
3	0	0	861	862	3	0	0	733	734	4	0	0	161	162	5	0	4	1	629	630	6	0	4	1	475	476	9	0	8	3	263	264						
		8	831	832			4	751	752			4	1	161			162	8	1	615			616	8	3	271			272	12	2	311	312					
		16	817	818			8	723	724			8	3	121			122	12	3	597			598	12	3	453			454	16	1	329	330					
	6	0	855	856		6	0	0	767		768	9	6	0		1	161	162	9	9		4	2	597	598	9		9	4	2	455	456	6	6	8	2	305	306
		8	817	818				4	765		766			4		1	161	162				8	2	597	598				8	2	455	456			12	3	425	426
		16	817	818				8	715		716			8		3	121	122				12	3	575	576				12	3	425	426			16	1	327	328
3	0	0	855	856	4	0	0	767	768	5	0	0	161	162	6	0	4	1	629	630	9	0	4	1	475	476	6	0	8	3	263	264						
		8	845	846			4	765	766			4	1	161			162	8	3	597			598	8	3	417			418	12	1	331	332					
		16	843	844			8	715	716			8	3	123			124	12	1	629			630	12	1	477			478	16	3	265	266					
	6	0	845	846		6	0	0	747		748	9	6	0		3	119	120	9	9		4	3	579	580	9		9	4	3	423	424	6	6	8	2	297	298
		8	843	844				4	735		736			4		2	141	142				8	3	587	588				8	3	421	422			12	1	335	336
		16	835	836				8	713		714			8		1	155	156				12	1	621	622				12	1	479	480			16	3	255	256

Note: Shaded sections are replicates



Table 2 Designs for Flexible Pavement Experiments

















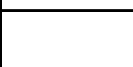
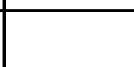






NCCM

Försöksplanering

- 3 faktorer **lager:** slit- / bind- / bär-
- 2 nivåer **bindemedelstyp:** referens/pmb

2^k -faktoriell 3 lager@2 bindemedelstyper
 $2^3 = 8$ provsträckor

Pmb		Högpresterande
Ref		Normal

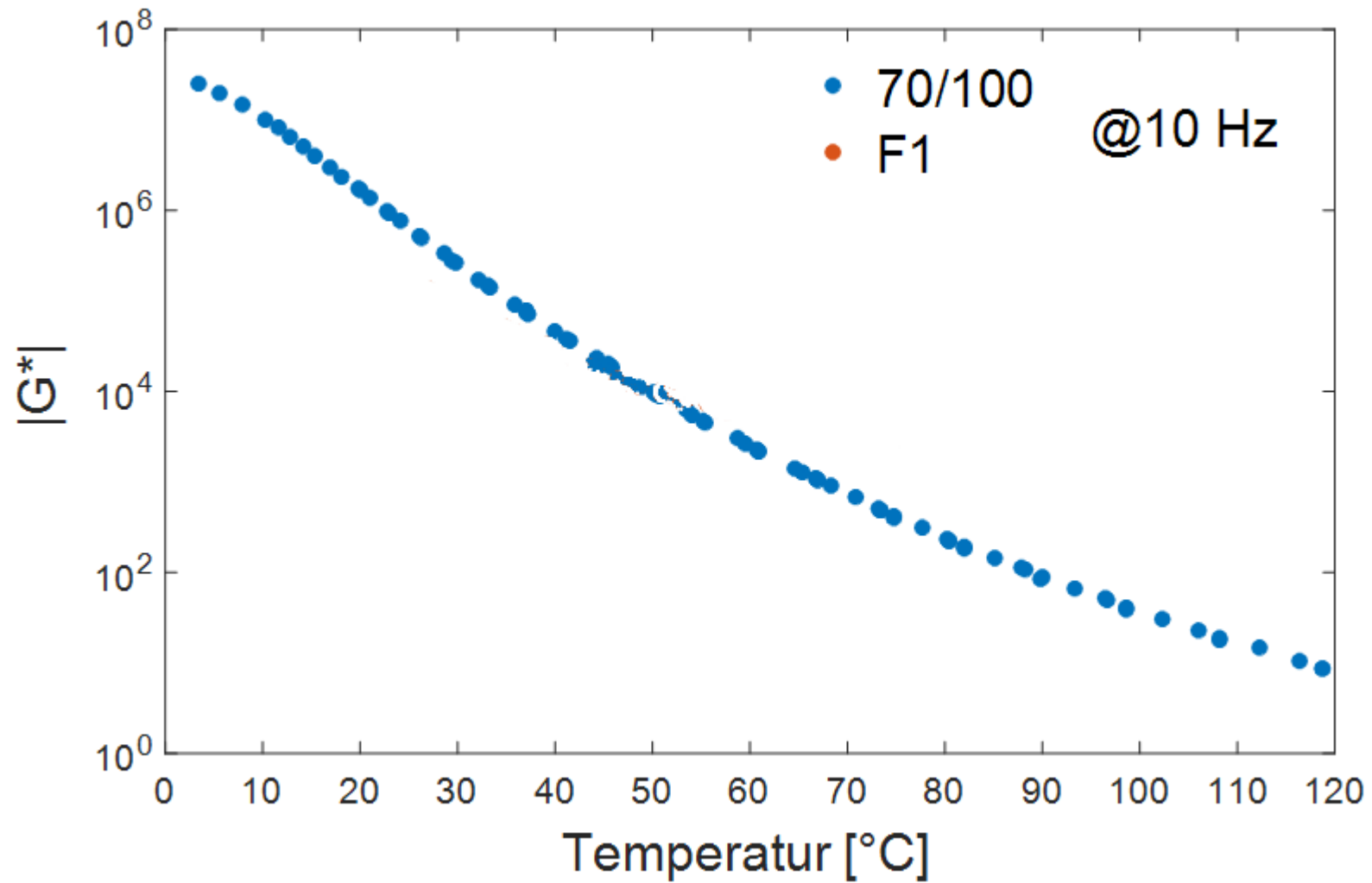
A	Slitlager								
B	Bindlager								
C	Bärlager								
		1	a	b	ab	c	ac	bc	abc

- Utvärderar **huvudeffekter** och **samspel**

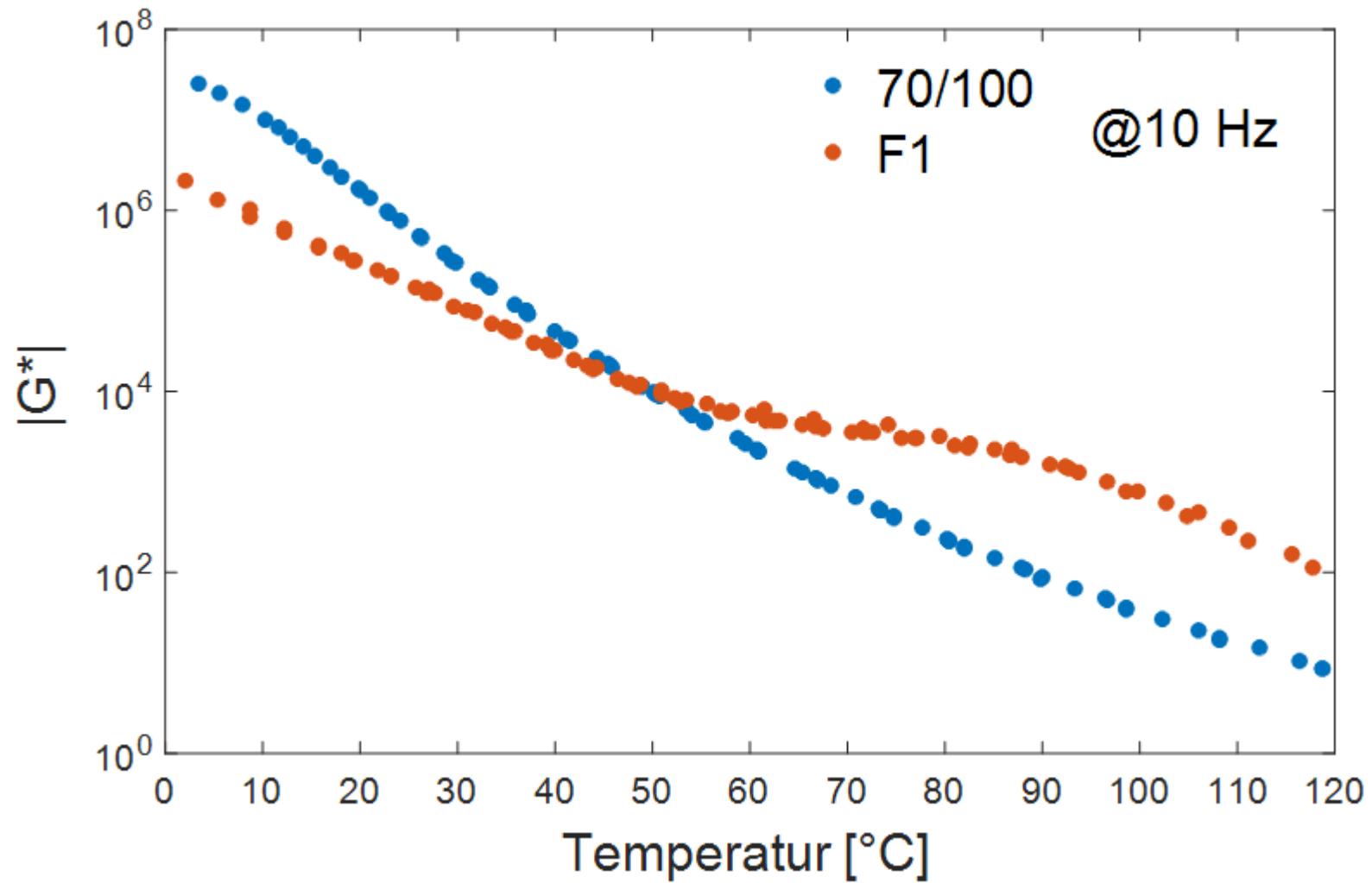
Bindemedel

	Bärlager		Bindlager		Slitlager	
	70/100	Endura F1	50/70	Z3	QMB	Nypol PG76-28
Performance grade, PG	64-22	76-34	64-22	82-28	64-22	76-28
Penetration [dmm]	84	93	55	46	68	67
Mjukpunkt [°C]	45,8	90,5	48,8	90,0	51,6	84,0

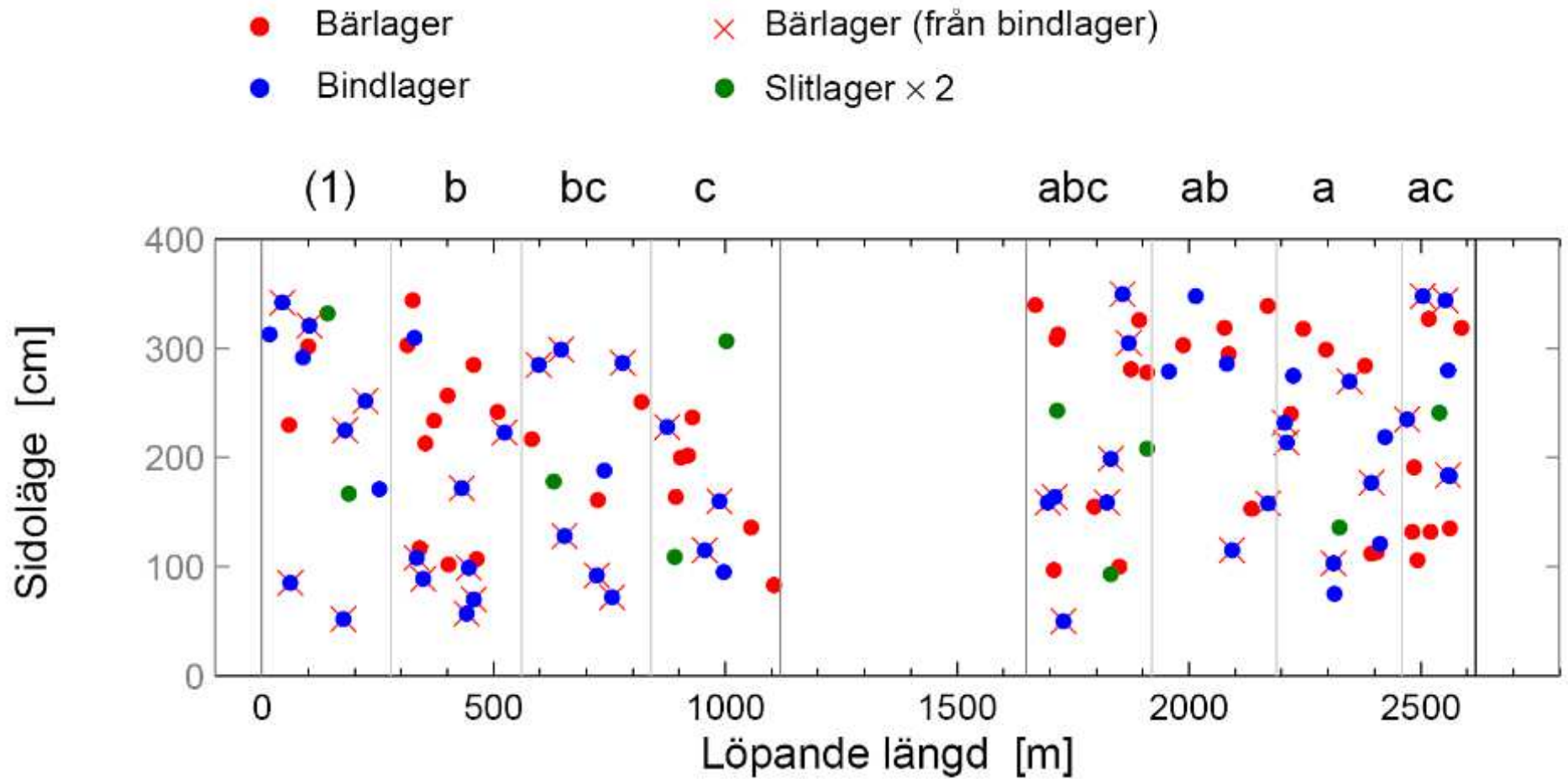
Oscillerande skjuvprovning: bindemedel



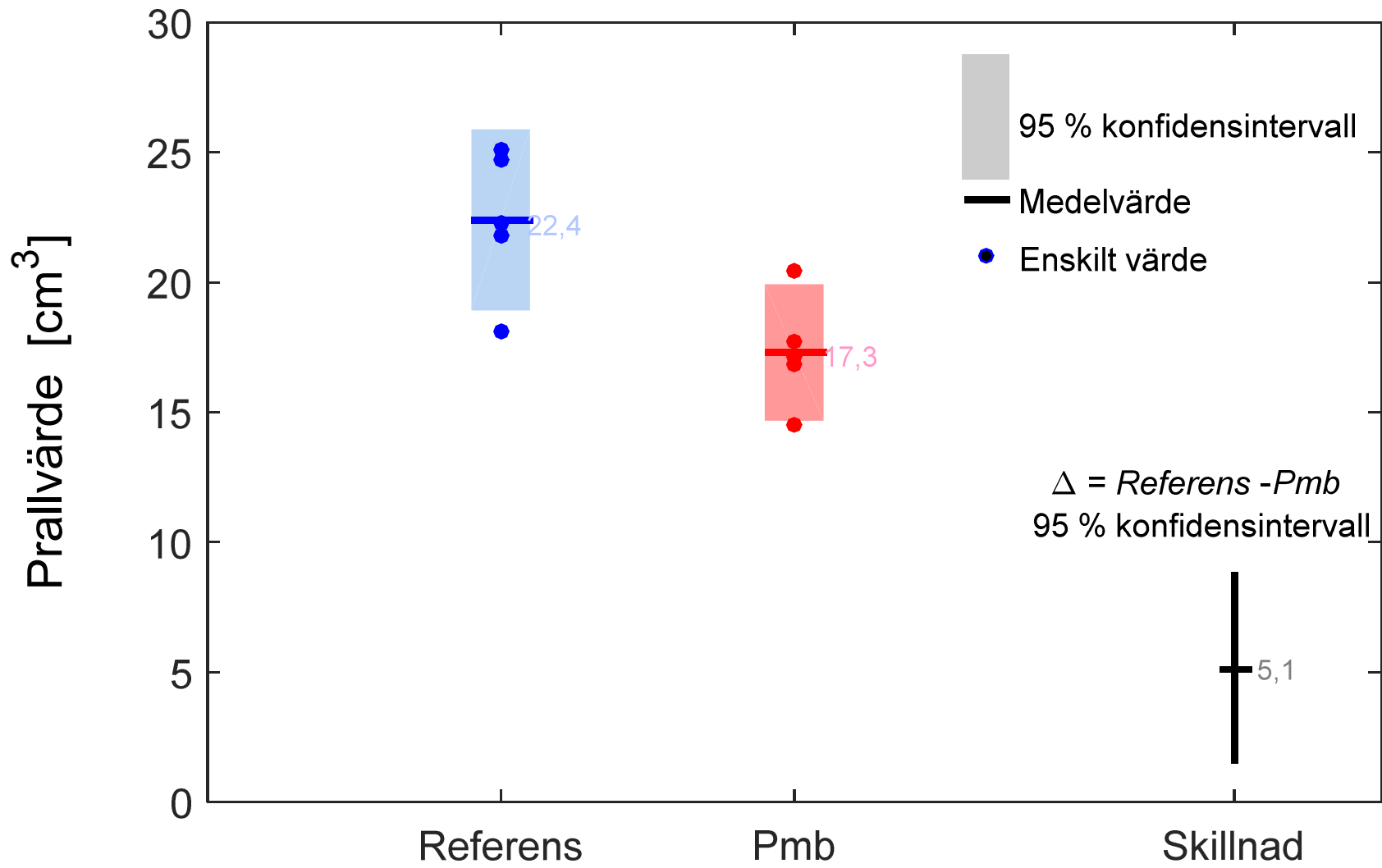
Oscillerande skjuvprovning: bindemedel



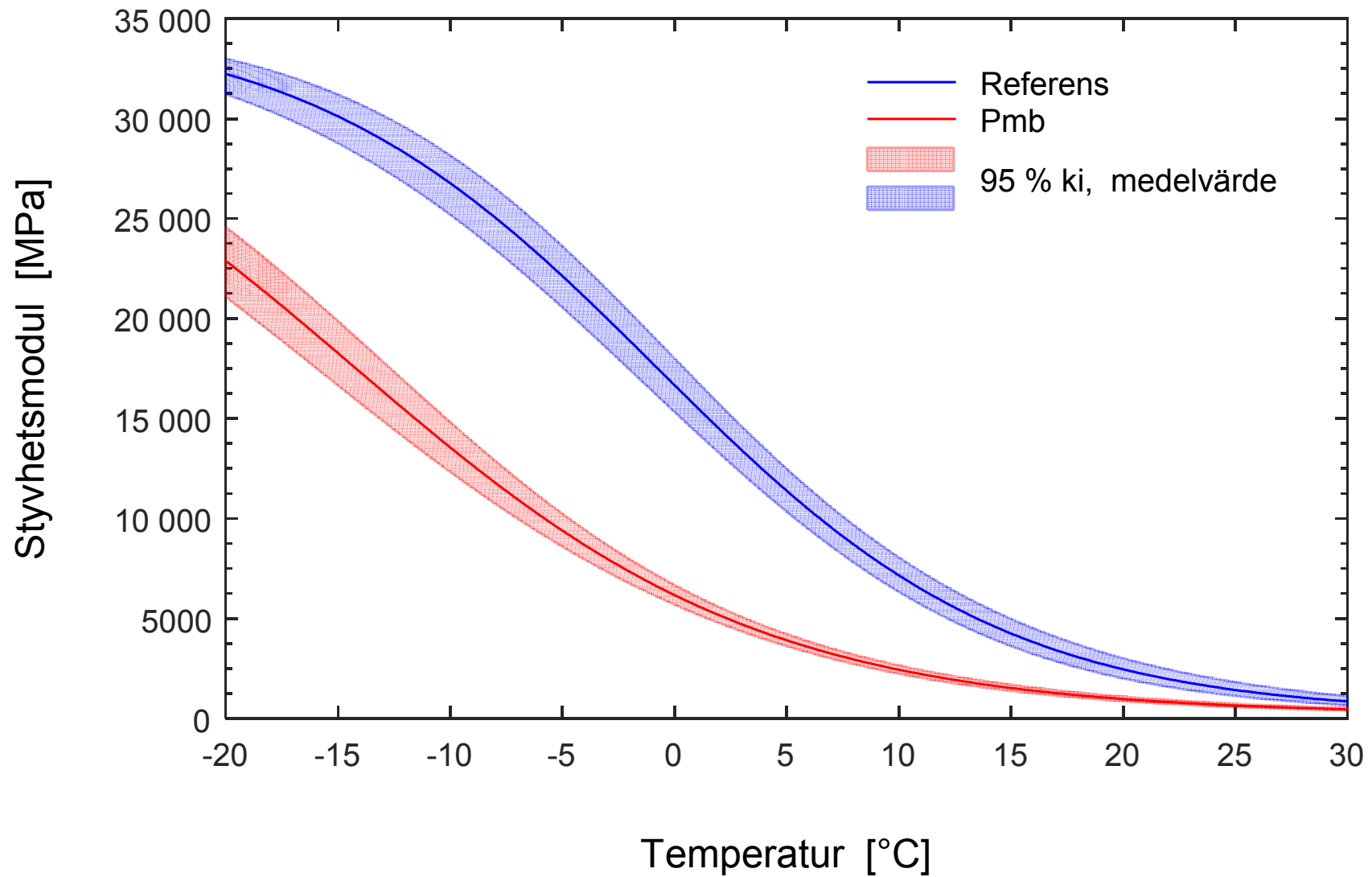
Borrning



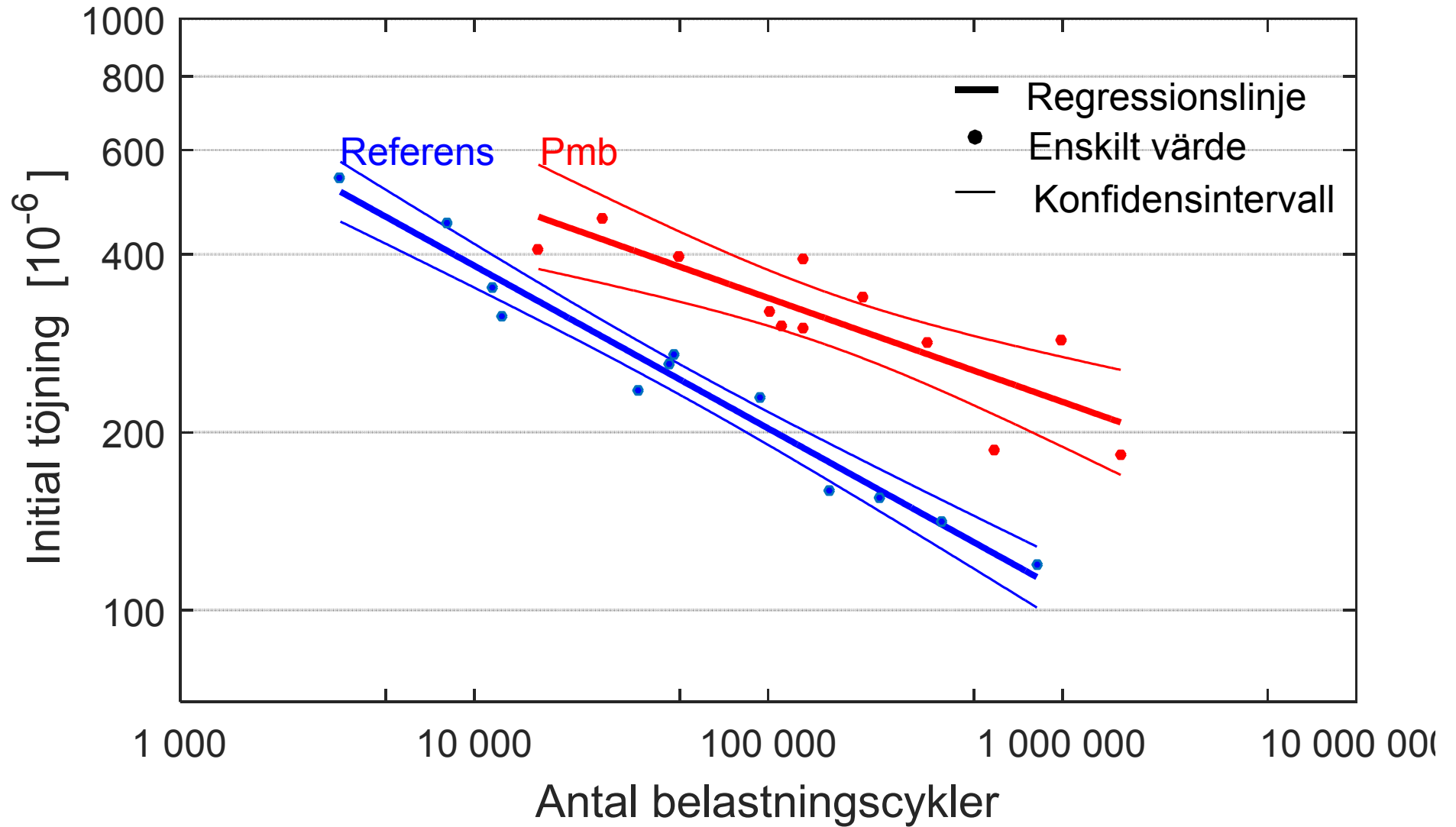
Slitage



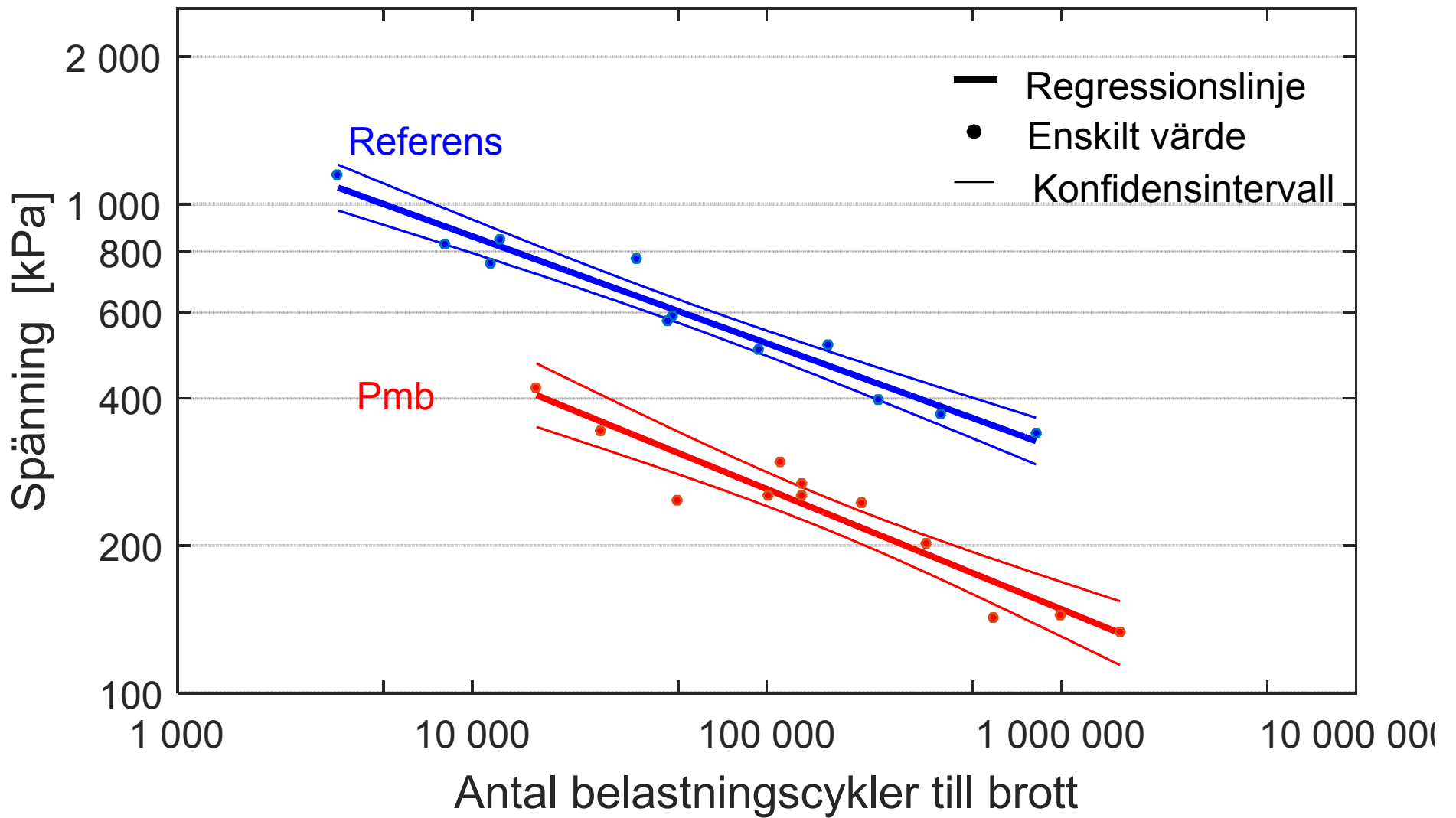
Styvhetsmodul: bärlager



Utmattning: initial töjning



Utmattning: konstant spänning (kraft)



Permanent deformation

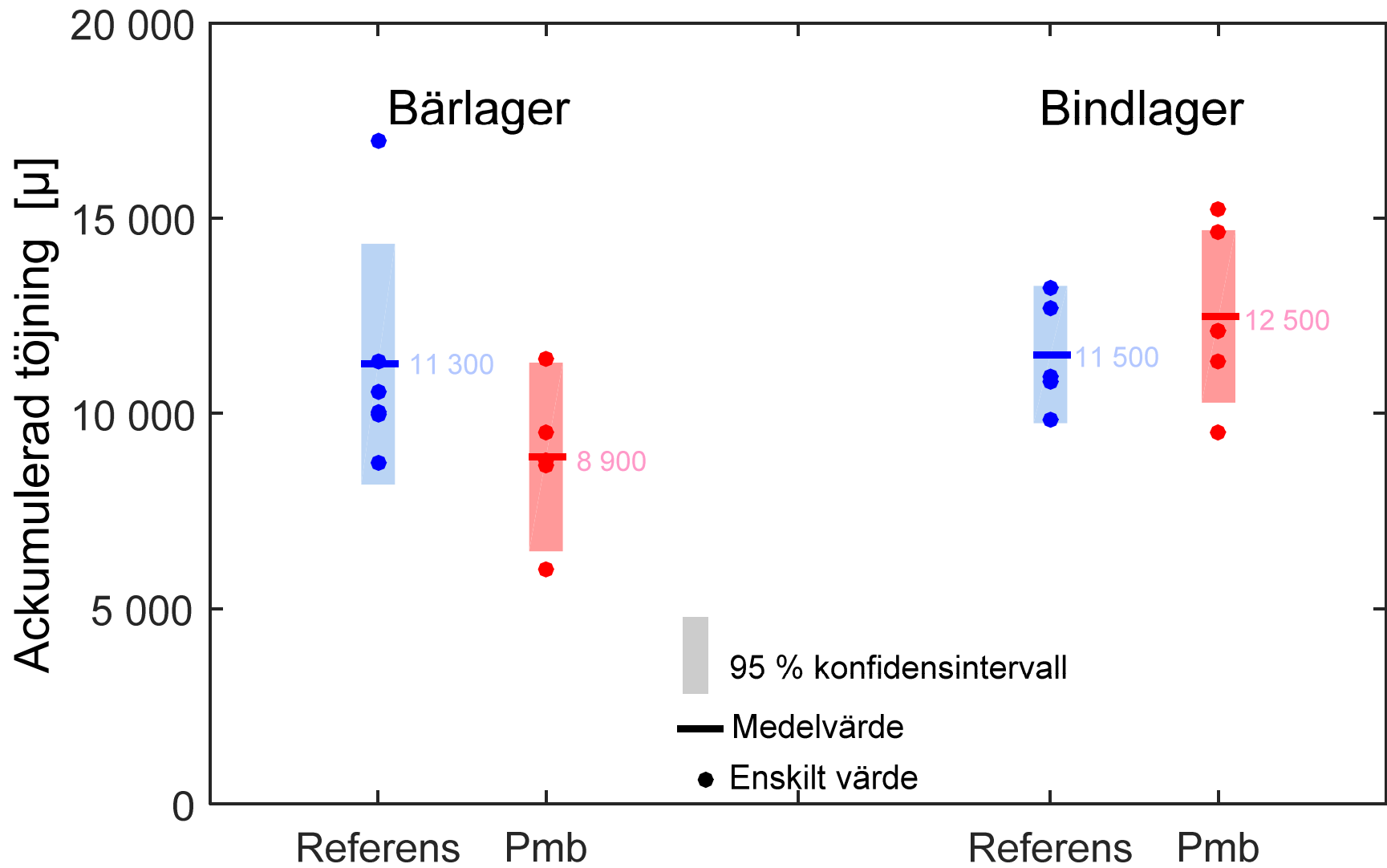
Bindemedel

- $|G^*|/\sin \delta$ Performance grading
- J'_{nr} icke-återgående krypkomplians
- Mjukpunkt

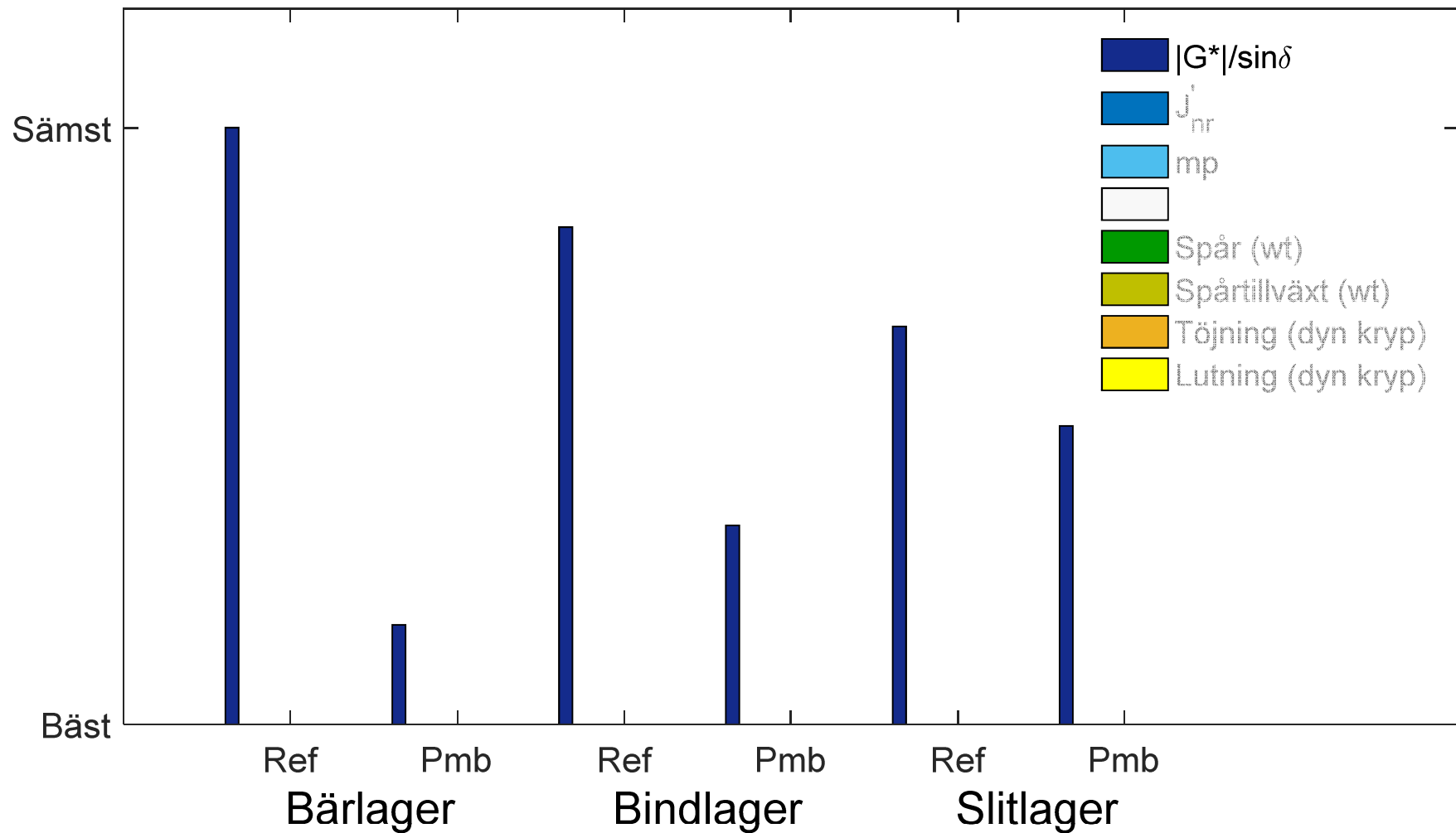
Beläggning

- S Spårdjup, Hamburg wheel-track
- Δ Spårutveckling, Hamburg wheel-track
- ε Töjning, dynamisk kryp
- Lutning Lutning töjning, dynamisk kryp

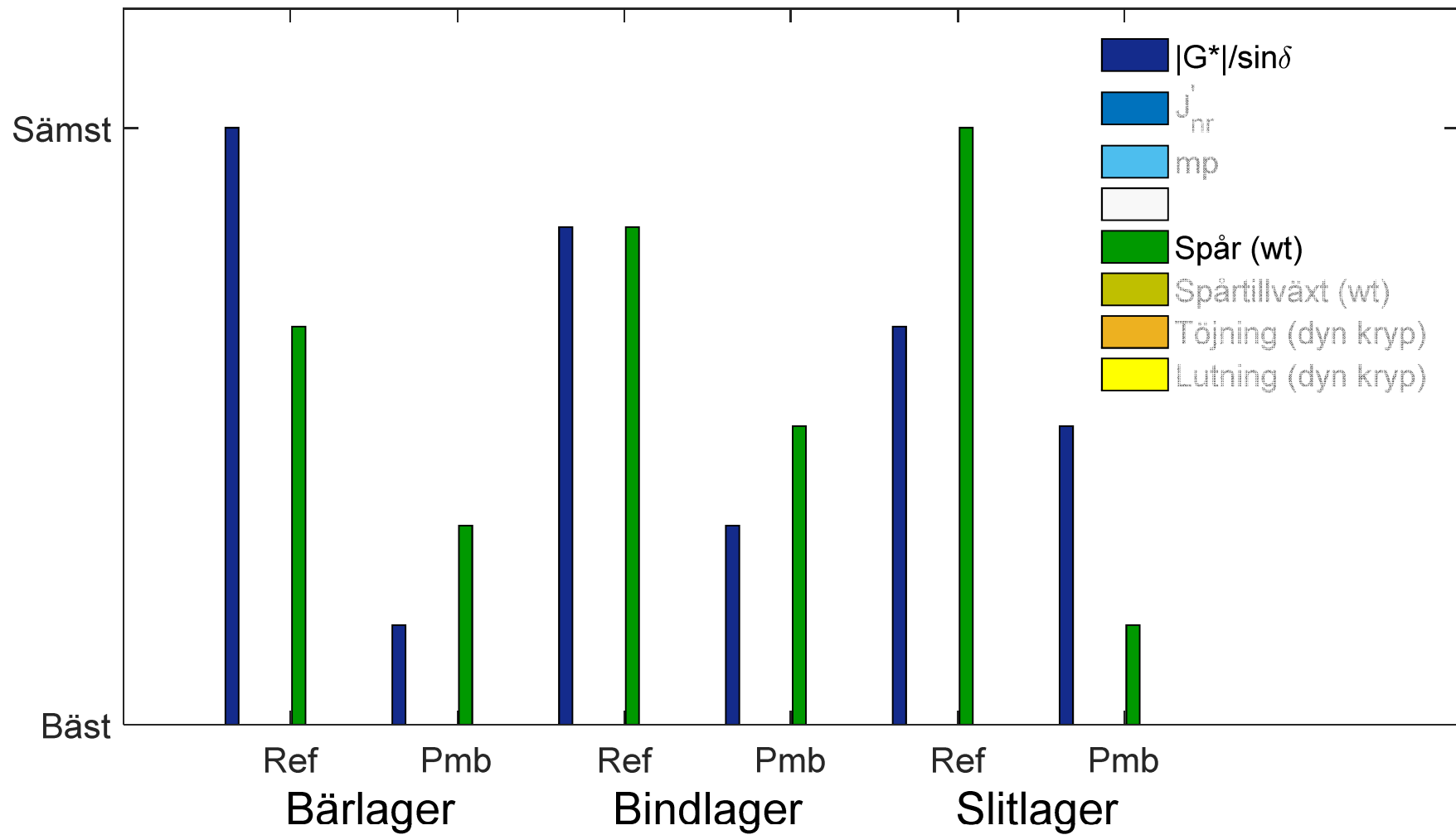
Permanent deformation: dyn kryp (40 °C)



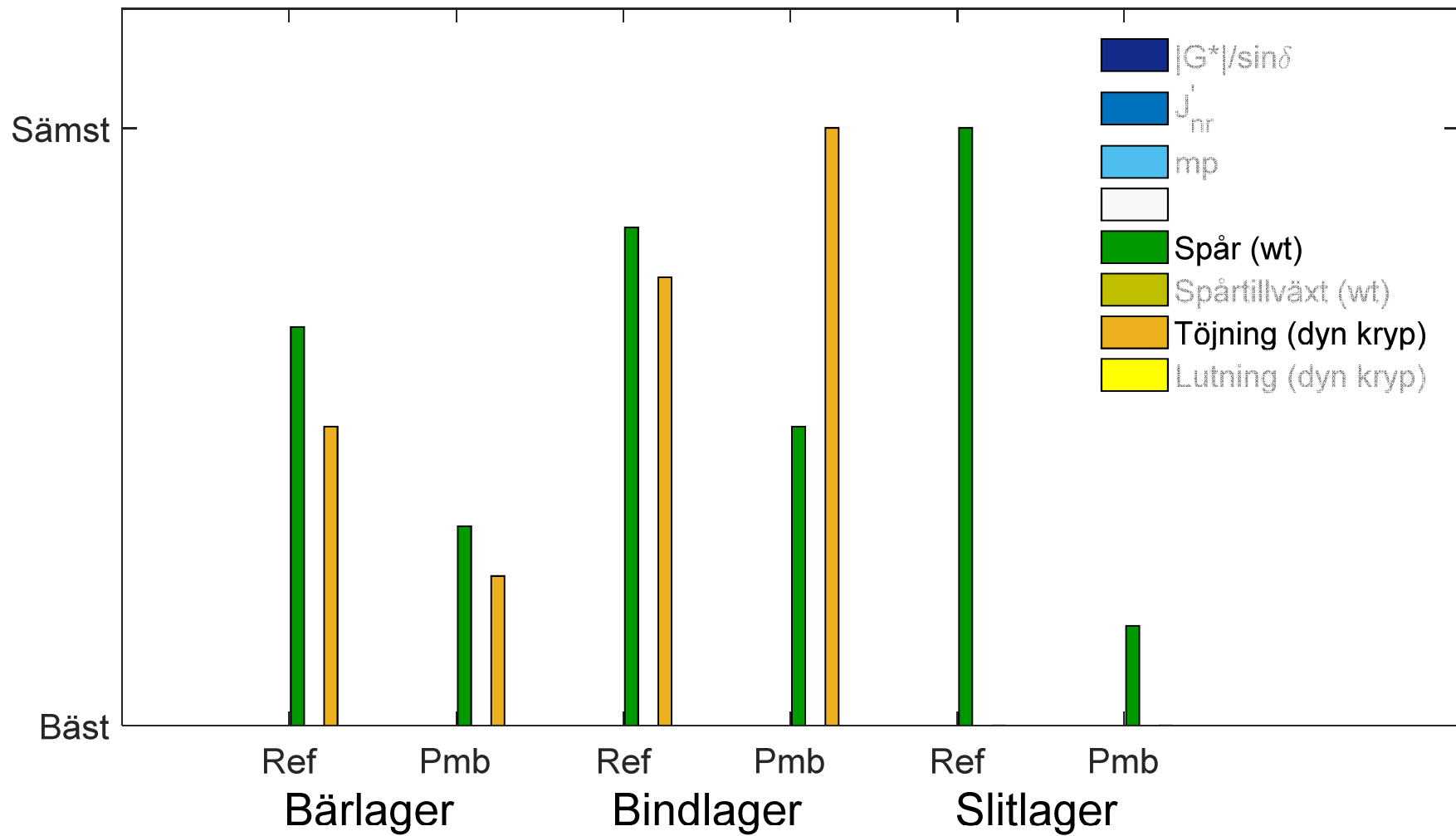
Rangordning: permanent deformation



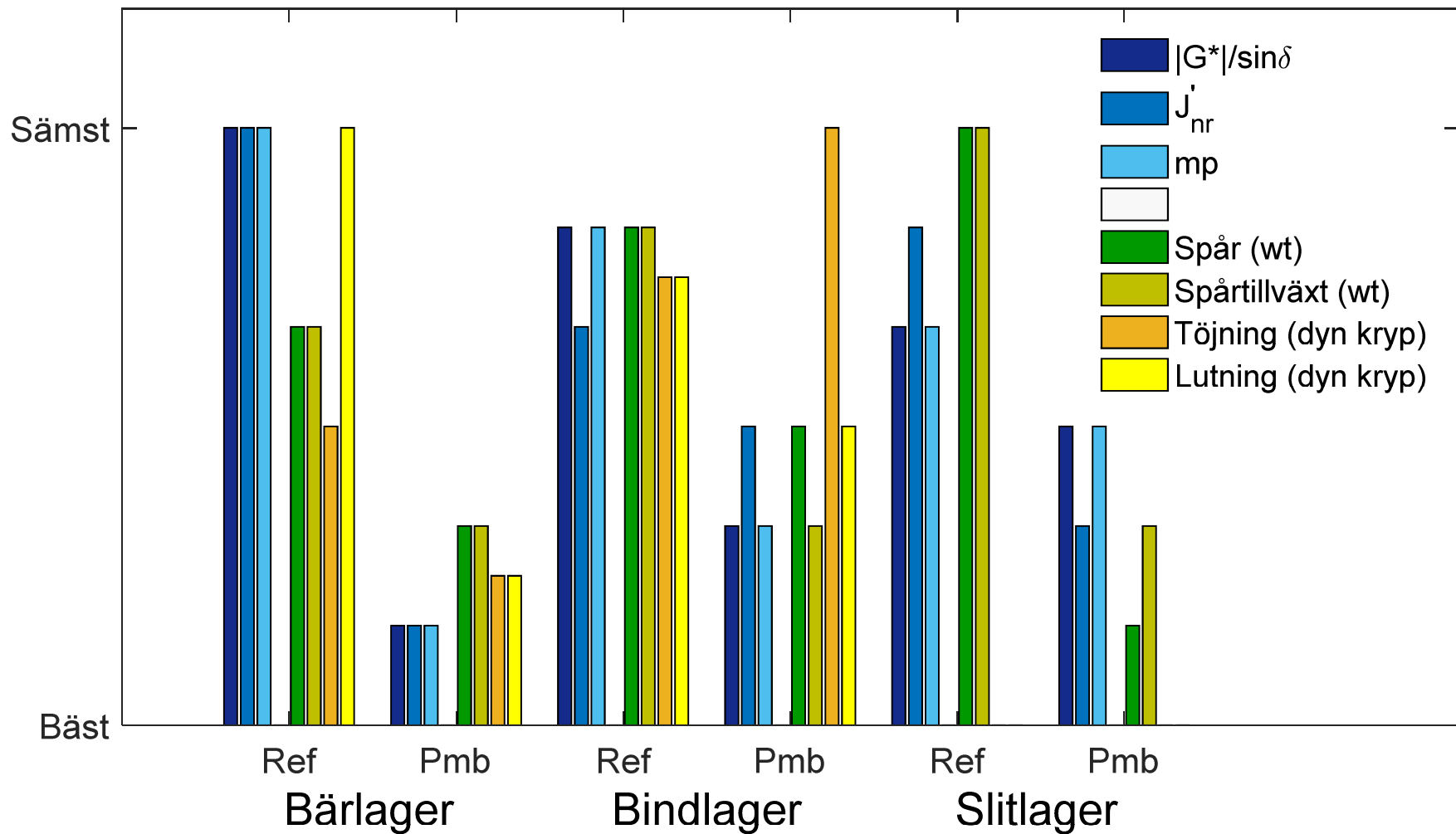
Rangordning: permanent deformation



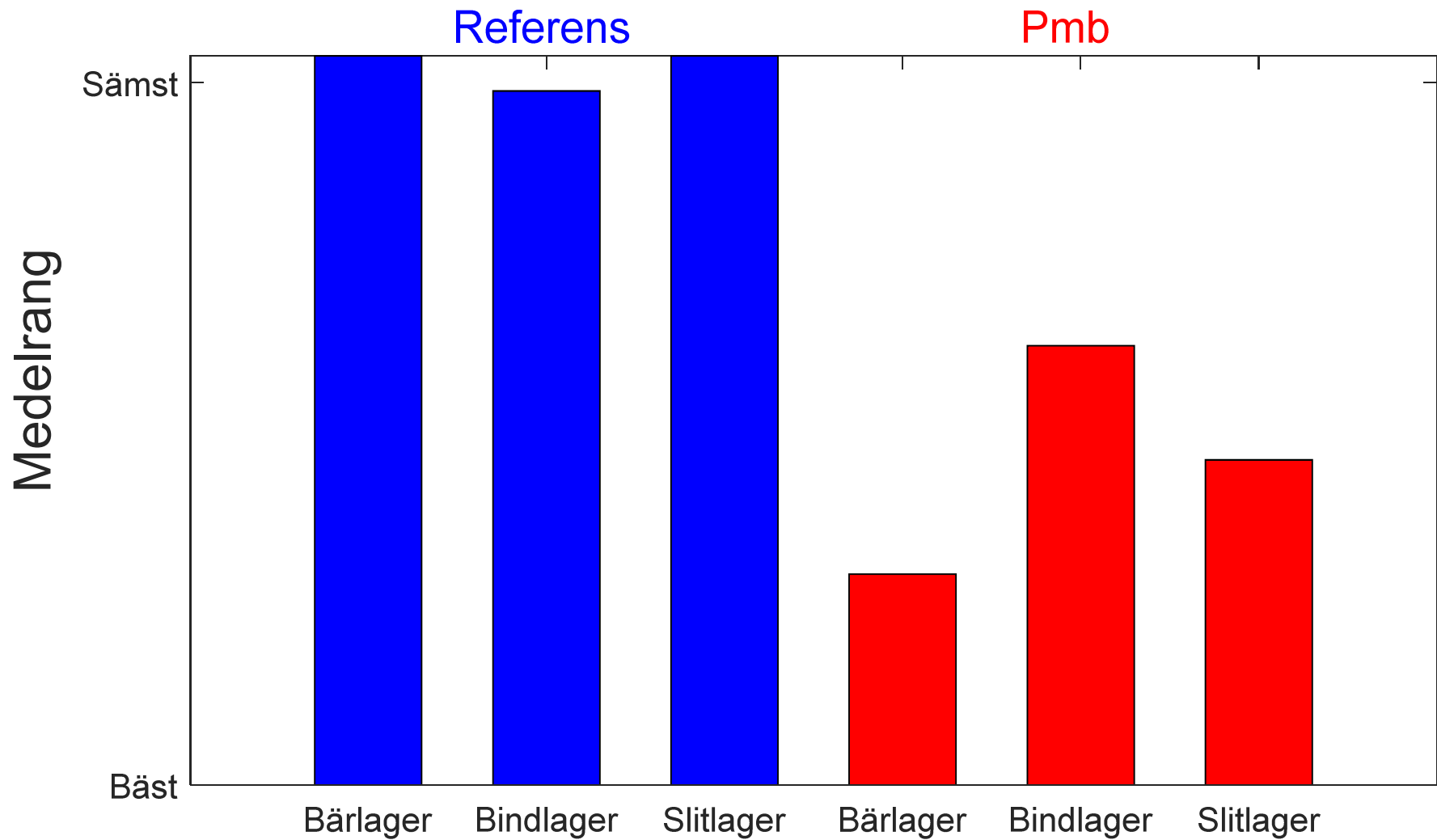
Rangordning: permanent deformation



Rangordning: permanent deformation



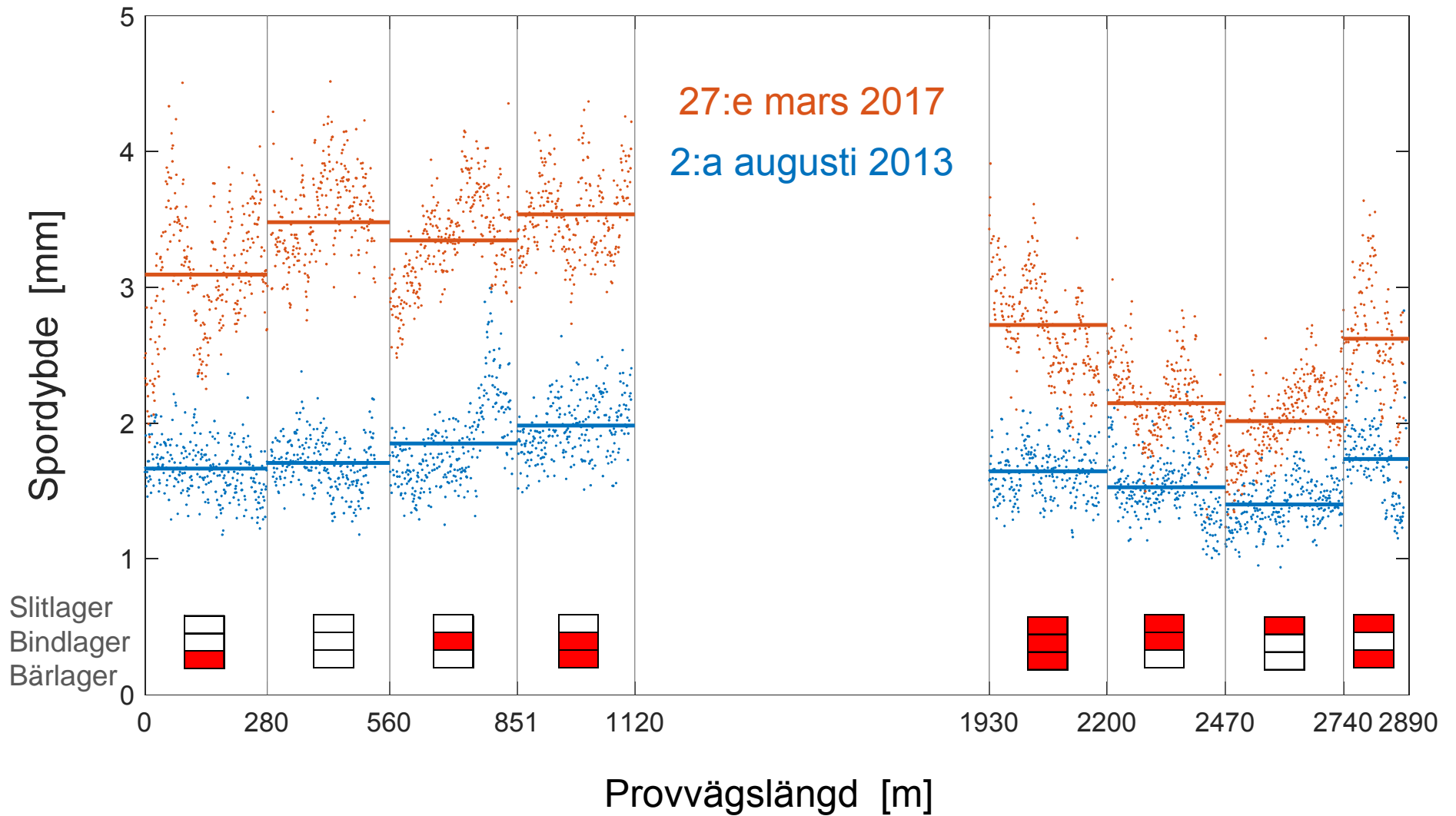
Medelrangordning: permanenta deformationer



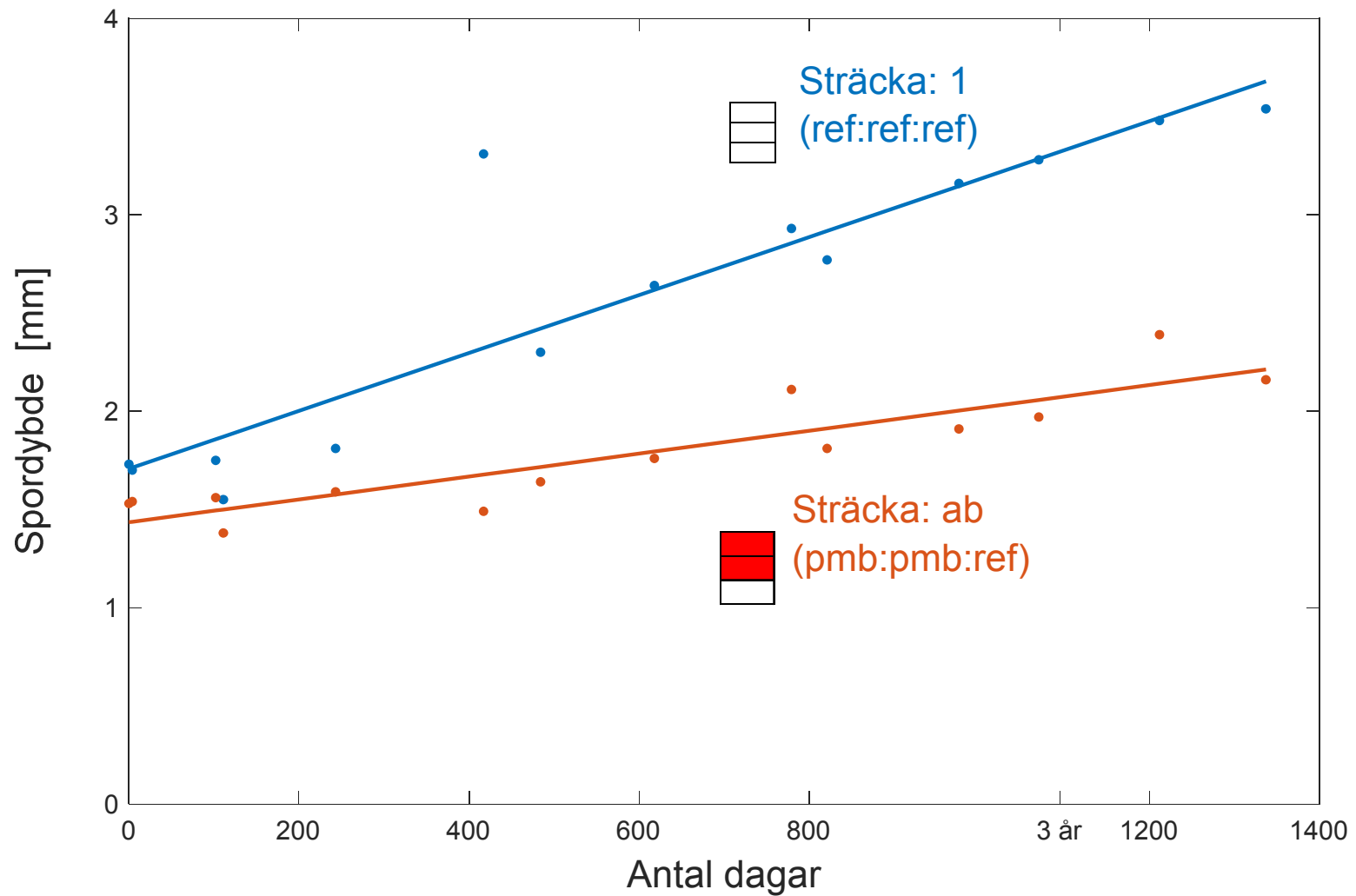
Nils von Matérn

Några rön och erfarenheter från 1929 års provvägsarbete framläggas härmed. Det är emellertid klart, att man icke på så kort tid har kunnat vinna ett säkert omdöme om de olika beläggningarnas tekniska och ekonomiska värde. Vad som under året framkommit antyder möjligen den framtida utvecklingen. Men det är även tänkbart, att utvecklingen går i en annan riktning. Därför kunna de erhållna resultaten icke läggas till grund för ett säkert

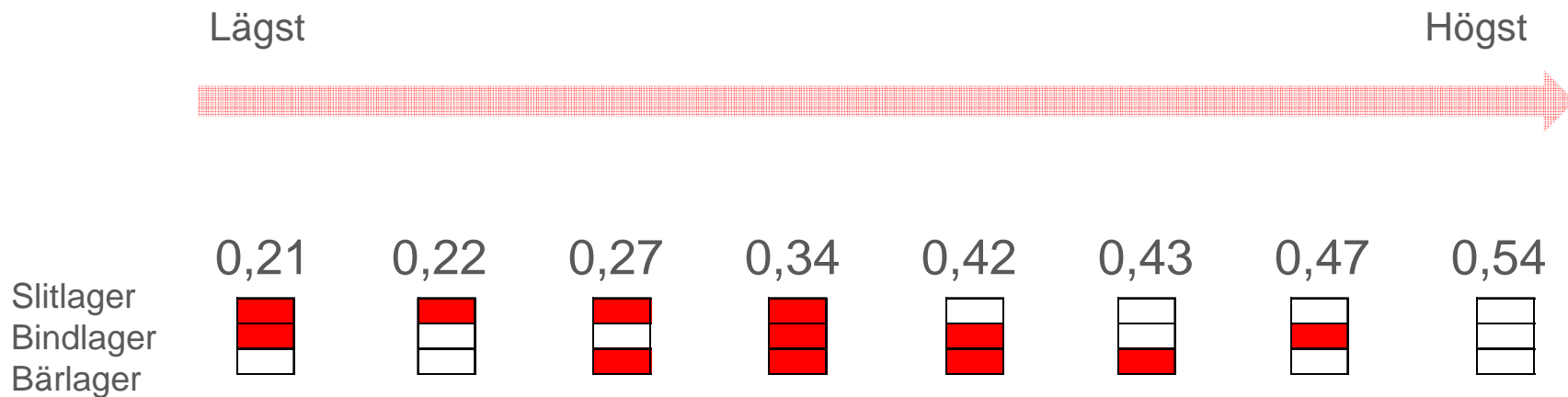
Spordybde: 1 m och medelvärden



Spårdjupsutveckling



Spordybde: mm/år och provsträcka



Mycket (jättemycket) preliminärt: spordybde

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,104 ^a	6	,017	331,654	,042
Intercept	1,049	1	1,049	20068,065	,004
Slitlager	,085	1	,085	1624,599	,016
Bindlager	1,190E-5	1	1,190E-5	,228	,717
Bärlager	5,012E-5	1	5,012E-5	,959	,507
Bindlager * Slitlager	,003	1	,003	55,515	,085
Bärlager * Slitlager	,014	1	,014	261,900	,039
Bärlager * Bindlager	,002	1	,002	46,726	,092
Error	5,226E-5	1	5,226E-5		
Total	1,153	8			
Corrected Total	,104	7			

a. R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,996)

Nils von Matérn

Vad som under året framkommit antyder möjligen den framtida utvecklingen. Men det är även tänkbart, att utvecklingen går i en annan riktning.

Slutsatser Diverse kommentarer

- Man klarar sig utan laboratorieprovning (förmodligen dåligt) men man klarar sig inte utan praktisk erfarenhet (observationer)
- Samspelseffekter syns inte i laboratorium
- Laboratorieprovning är till (stor) hjälp men man kan förlora sig i tekniska eller teoretiska detaljer (jag gör det själv allt som oftast) och det kan vara lite av alternativa verkligheter
- Fältförsök är omständliga, resurskrävande, dryga och emellanåt svåranalyserade