

# Deformation og High Modulus Asphalt – Status i Danmark

Erik Nielsen, Vejdirektoratet, Danmark



# Oversigt

- Deformation – dansk definition af sporkøring
- Status i dag – en funktion af historisk udvikling
  - RST målinger i 1987 og 1989
  - Den Sønderjyske motorvej og GAB 0 (øvre bærelag)
  - Super single monterede lastbiler og ABS (Hot Rolled Asphalt)
  - Receptoptimering med Wheel Tracking Test (TRL, ”Hamborg” og CEN samt RUT)
  - Polymermodificering – ”in-situ” tilsætning eller færdigfremstillet ?
  - ABB – Asfaltbetonbindelag (Binderschicht)
  - High Modulus Asphalt – Studietur til Frankrig november 2000
  - Klimapåvirkning – Kan vi hvile på laurbærrene med hensyn til sporkøring?
  - HMA forsøg – på vej mod de danske udbudsforskrifter
- Konkluderende opsamling

Deformation og High Modulus Asphalt – Status i Danmark

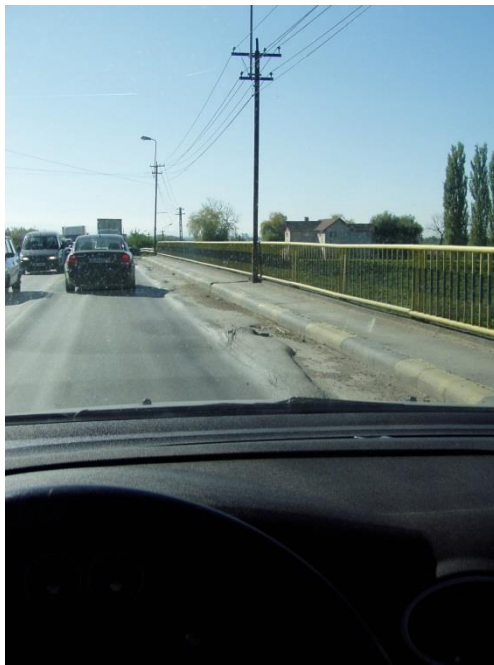
# Deformation – min danske definition

NABin's titel for årets seminar er: **Bitumen og deformasjon**

Der er mange former for deformation, men mit udgangspunkt er

**Deformation = plastiske deformationer i asfaltmaterialet**

**(Strukturel deformation = sætninger i ubundne materialer under asfalten)**



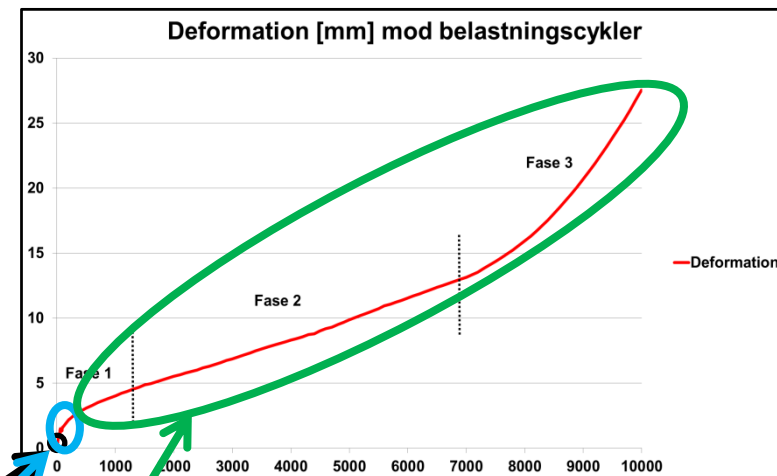
3.



# Deformation – min danske definition

Sporkøring  $\approx$  plastiske deformationer i asfalten

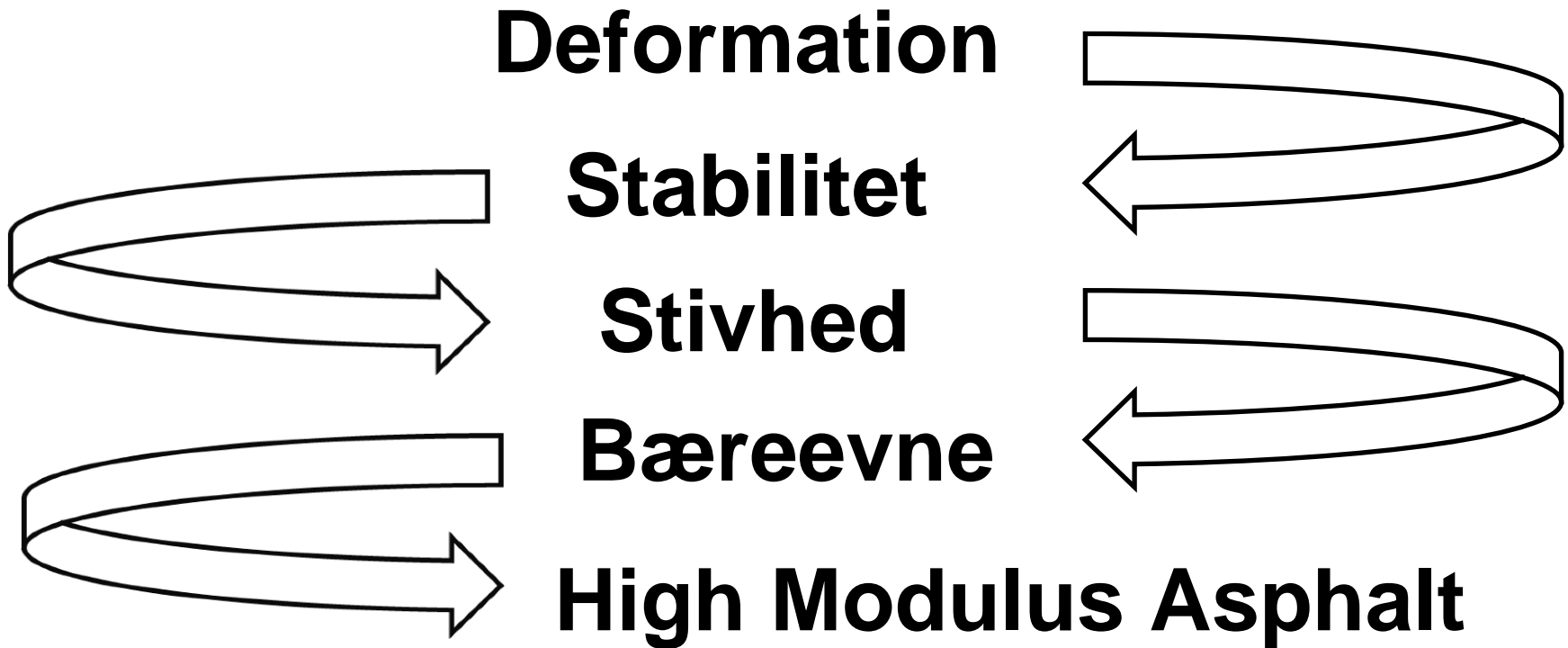
Sporkøring er i dansk sammenhæng ikke slitage !



Sporkøring i asfalten kan indeholde flere elementer

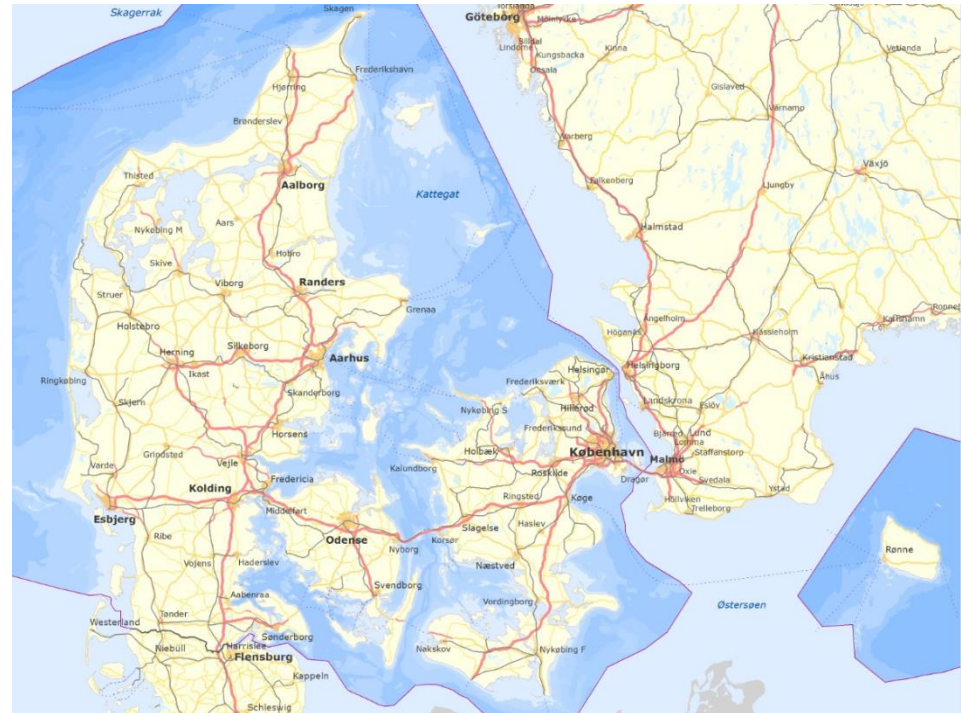
- fjernelse af bitumenmørtel,
- eventuel efterkomprimering af asfalten og
- plastiske deformationer i asfalten

# Min forståelse af dagens emne



# Deformation sættes på dagsordenen

- Der blev i 1987 lavet de første, systematiske sporkøringsmålinger i Danmark med den svenske RST-målebil.
- I første omgang blev alle motorveje, samt hovedlandeveje og landeveje i Ribe Amt (1 af 14 fylker) – i alt ca. 2.200 km - målt.
- Målingerne blev gentaget i 1989. Nu på alle motor- og hovedlandeveje (dog ikke Bornholm) samt landeveje i 6 amter – i alt ca. 8.200 km.



Konklusion: ***"Houston. We have a problem !"***

# Deformation sættes på dagsordenen

Der blev i 1987 konstateret, at

- 5 % af de danske motorveje havde sporkøring > 10 mm

Der blev igen i 1989 konstateret, at

- 5 % af de danske motorveje stadig havde sporkøring > 10 mm,
- men strækningerne fra 1987 var blevet repareret !

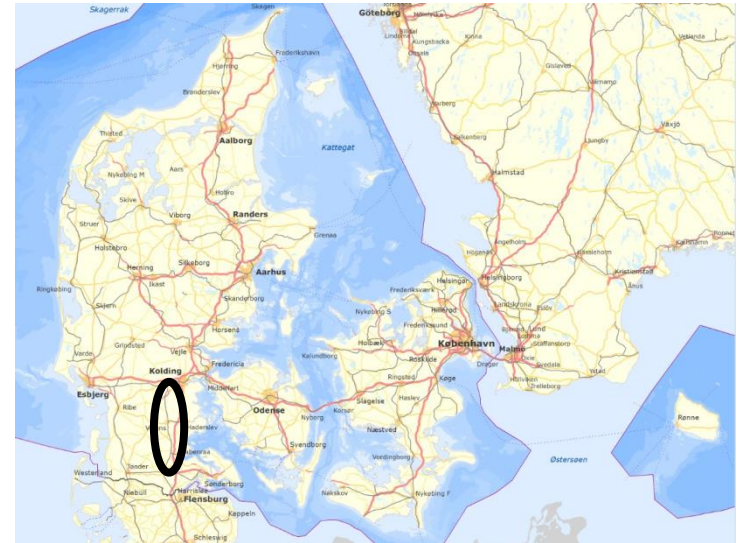
Ydermere

- 40 % af motorvejene med sporkøring > 10 mm var mindre end 5 år gamle og
- De bestod i hovedsagen af ABS (Hot Rolled Asphalt)



# GAB 0 og ABS kommer under pres

- Den sønderjyske motorvej blev undersøgt nærmere. Det nedre asfaltbærelag af GAB II (Grus Asfalt Beton II) viste ingen tegn på sporkøring, men det øvre asfaltbærelag GAB 0 viste sig at være utilstrækkeligt til at modstå trafikken; bl.a. et øget antal af super single monterede lastbiler.
- Asfaltentreprenørerne var i gang med at udvikle nye typer af GAB 0 med større indhold af knuste stenmaterialer og med modificering (polymerer/voks) til de højere belastede strækninger.
- Slidlagstyper blev også optimeret med hensyn til sporkøringsresistens.





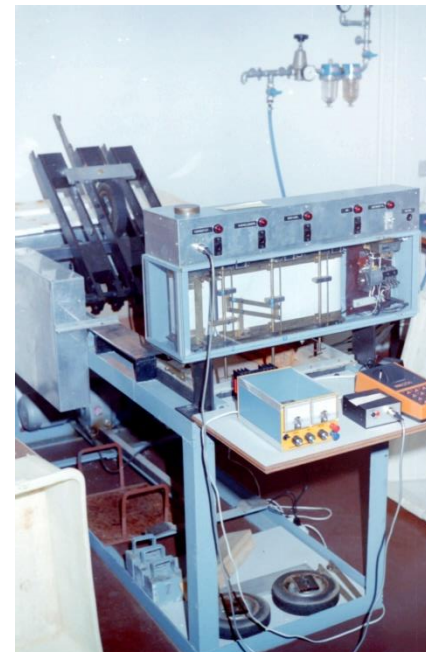
# ABB fødes – ABS dør



- Med tiden indføres der på baggrund af de forskellige forbedringer af GAB 0 i de danske vejregler et nyt asfaltmateriale ABB (Asfalt Beton Bindelag) efter inspiration fra det tyske Binderschicht.
- Et højstabil, øvre bærelag, som til stærkere trafikerede veje skal modstå de forskydningskræfter, som i 4-8 cm dybde kan opstå; specielt ved super single dæk. Bitumen er 40/60 eller modificeret bindemiddel ved stærkt trafikerede veje ( $A_{E10} > 500$ ).
- Asfalt Beton med nedtromlede Skærver (ABS, Hot Rolled Asphalt) kan ikke optimeres. På 4 år går ABS fra at være det foretrukne slidlag på motorveje i Danmark til slet ikke at blive nævnt som asfalttype i de danske vejregler. Primært et "offer" for introduktionen af super single monterede lastbiler.

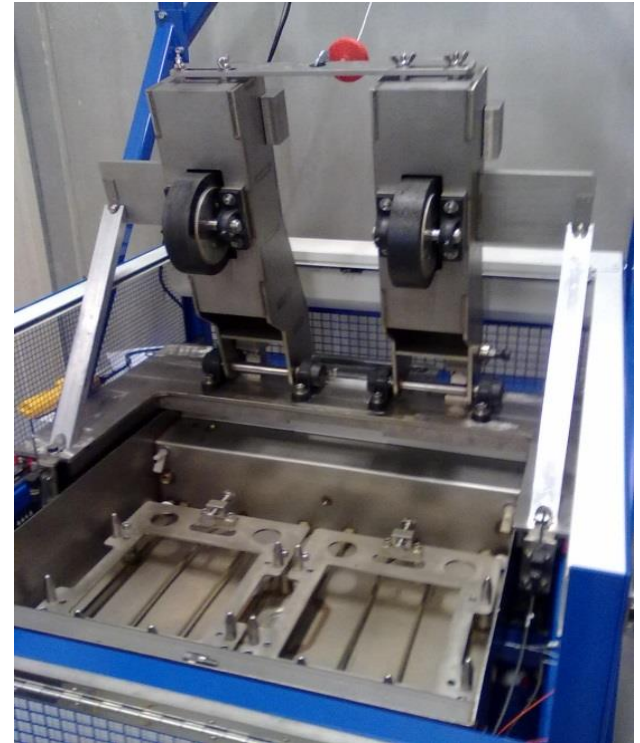
# Prøvningsmetoder for deformation

- Til optimeringen af asfaltmaterialernes resistens overfor deformationer skal asfaltentreprenørerne vælge metode.
- Krybning (som vælges i Sverige) ”forkastes” som ”for teoretisk”. Wheel Tracking Test er lettere at ”forstå” – et hjul, der kører på en vej.
- Den engelske Wheel Tracking Test fra TRRL (Leaflet LF50, feb. 1971) forkastes som utilstrækkelig.
- ”Hamborg” Wheel Tracking Test med stålhjul forkastes også, da den kan knuse stenene.



# Prøvningsmetoder for deformation

- Danskerne kombinerer det engelske gummihjul og den tyske belastning og temperaturer og får indført det som CEN-metode (**EN 12697-22 Model B in water**).
- Desværre bliver det termostatering ”*in air*”, som nævnes i produktstandarderne.
- Optimering af sporkøringsmodstand sker herefter med Wheel Tracking Test ved 50 °C eller 60 °C.
- Dokumentation for forbedrede egenskaber ved modificering (polymerer eller voks) sker også primært med denne metode ved relative sammenligninger med og uden modificering.



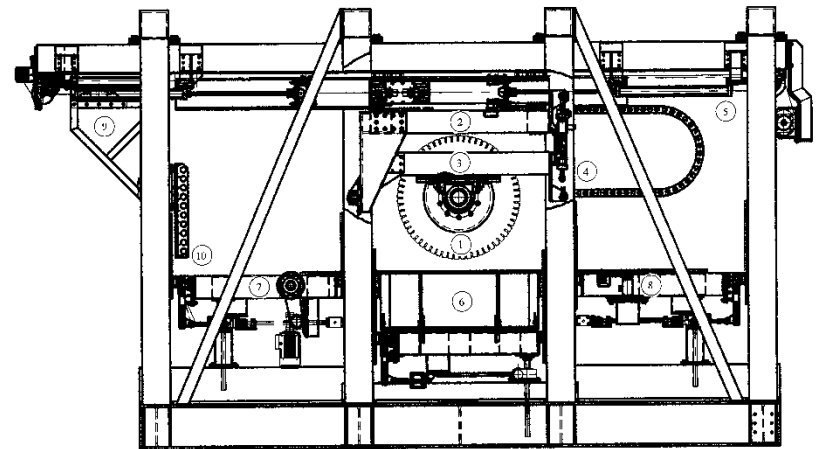
# Fuldskala test af deformation

- Vejdirektoratet udvikler DART (Danish Asphalt Rut Tester) eller RUT.



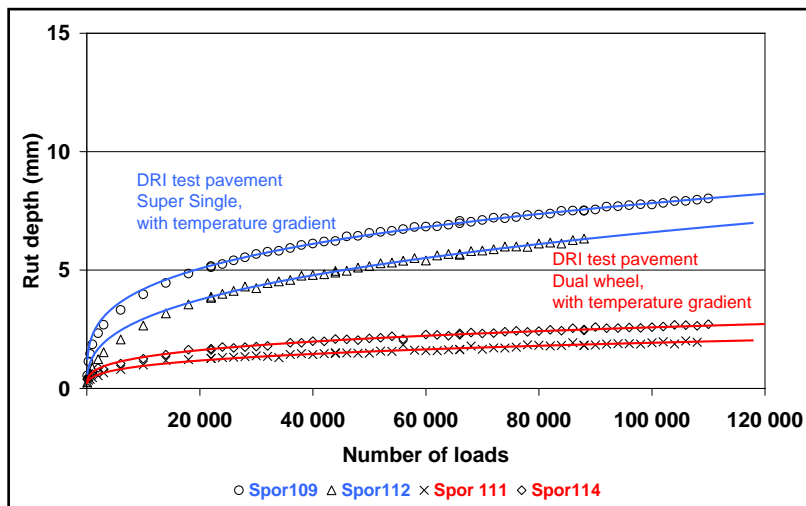
- Fuld størrelse lastbildæk (enten enkelt eller tvillinghjul)
- Automatisk dæktryk kontrol
- Prøvestørrelse 1200 mm x 1500 mm, tykkelse 100-250 mm
- Lufttemperatur (overflade), 25-60 °C
- Temperaturreguleret underside af prøven, 20-60 °C
- Automatisk måling af længde- og tværprofiler til forudvalgte tidspunkter

- Udstyret simulerer en rullende hjulbelastning med mulighed for sideforskydning
- Antal belastninger 24 000 per dag (begge retninger) eller 12 000 per dag (enkeltrettet)
- Lineær hastighed 0-5 km/h
- Hjulbelastning op til 65 kN (svarende til 13 tons aksel)
- Stokastisk normalfordelt sideforskydning ( $\pm 200$  mm fra centerlinie)



# Fuldskala test af deformation

- Vejdirektoratet udtager fra perioden 1997 – 2014 udtages prøver til forsøg i RUT af befæstelser på motorveje og landeveje til afprøvning af sporkøringsresistensen.



# Deformationen kom under kontrol

- Asfaltproducenterne fik optimeret alle deres recepter i forhold til sporkøringsresistens. Virkemidler var blandt andet:
  - Bindemidlets hårdhed og type (tilsætning af polymer og senere voks)
  - Kornkurvejusteringer
  - Andel af knust materiale
- Polymermodificering blev ofte en løsningsmulighed. I starten som oftest med færdigfremstillet polymermodificeret bitumen, men senere "in-situ"-tilsætning – altså polymermodificeret asfalt.
- Det er egentlig bemærkelsesværdigt, at man i Danmark (og til dels Sverige) i forhold til Centraleuropa ofte havde held til at få kunden til at accepterer PMB med blødhedspunkt kugle og ring  $> 75\text{ }^{\circ}\text{C}$  – altså højt indhold af polymer.



# Studietur – Frankrig nov. 2000

- Emnet var: Enrobés à Module Élevé (EMÉ) eller High Modulus Asphalt.
- Fokus: Mulighederne for et **stivere, stærkere og tyndere asfaltbærelag**
- Indhentning af erfaringer fra LCPC (Nantes), SETRA og Colas.
- Konklusionen lige efter turen var:
  - Frygt for, at **10/20** og **15/25** er for hårde ("sprøde") under danske forhold.
  - De materiale-besparelser, som Frankrig har opnået ved brug af EME (HMA), kan Danmark ikke udnytte, da vi allerede har reduceret belægningstykkelserne til dette niveau og yderligere reduktioner forekommer ikke realistiske.



# Klimapåvirkning – Global Warming

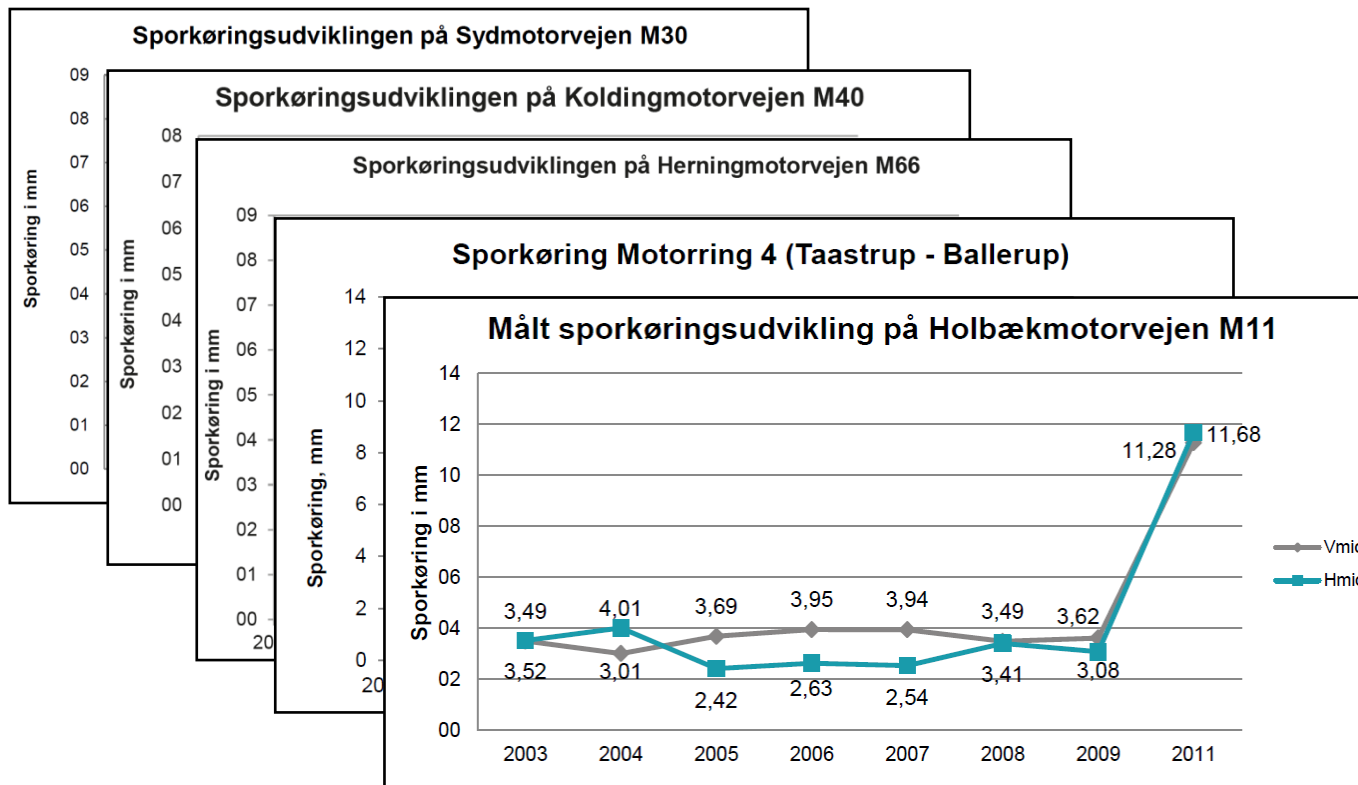
- **COP15** afholdes i København i 2009.
- Hvad betyder Global Warming for den danske vejsektor?
- Ændring i den globale middeltemperatur forventes ikke at have betydning.
- For vejsektoren i Danmark ses kommende klimapåvirkninger oftest som ekstremt vejr i form af øget, pludseligt nedbør og problemer med at komme af med vandet hurtigt nok.
- Men kunne der være andre effekter?



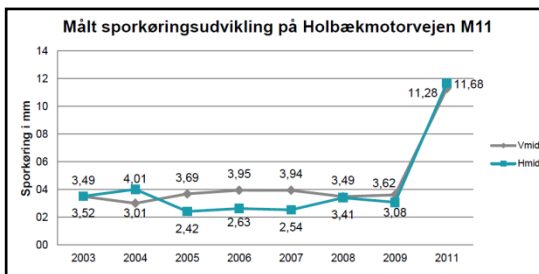
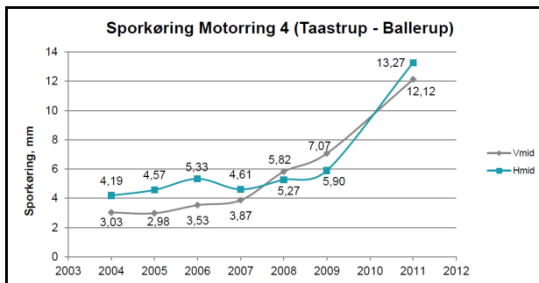
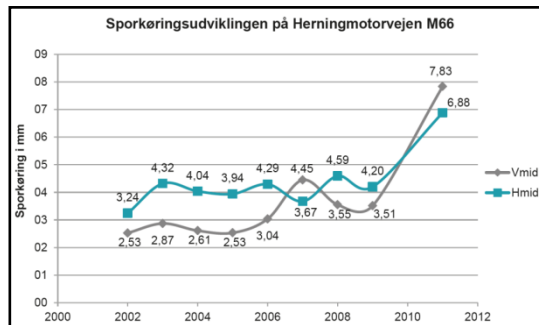


# Klimapåvirkning – Global Warming

- I 2012 skal et projekt se på sporkøringsudviklingen med en sammenligning af målinger af deformationer i RUT og profilograf-målinger af de motorveje, hvorfra prøverne kom i perioden 1997-2011.



# Klimapåvirkning – Global Warming



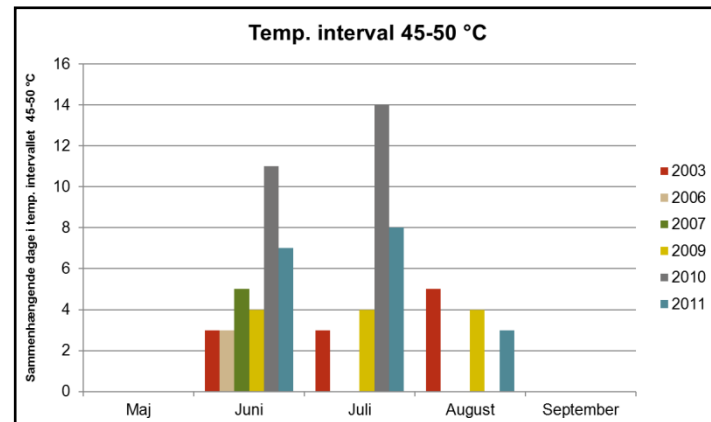
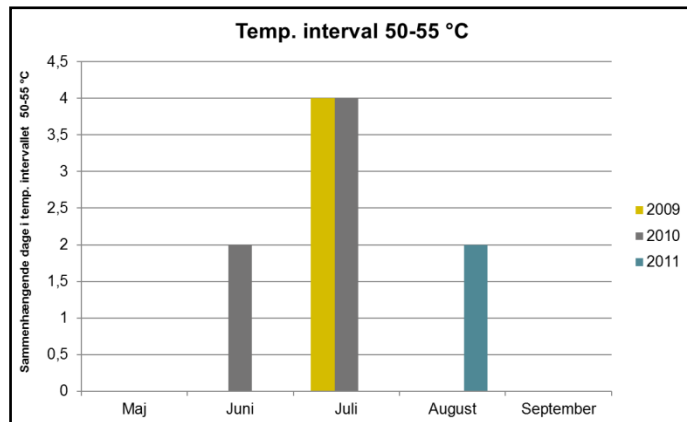
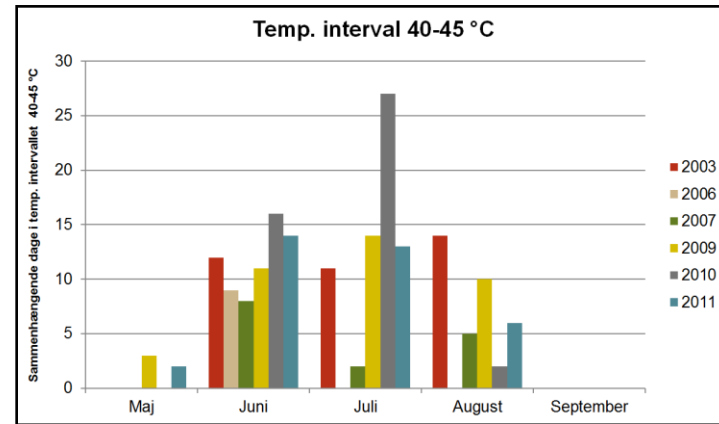
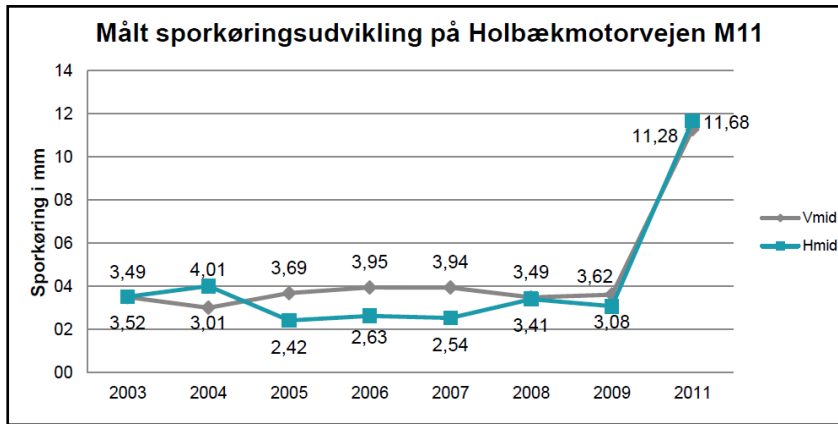
Ingen ændringer i trafikken kunne forklare ændringen fra 2009-2011.

Vi begyndte så at se på klimadata og vejtemperatur-målinger fra vores mange vejr- og vejmålestationer, hvor nogle lå i nærheden af de berørte steder for månederne maj-september i perioden 2002-2011.

Som parameter brugte vi den maksimale middeltemperaturen for de øverste 4 cm asfalt. Vi lavede derefter en optælling i 5 °C intervaller af:

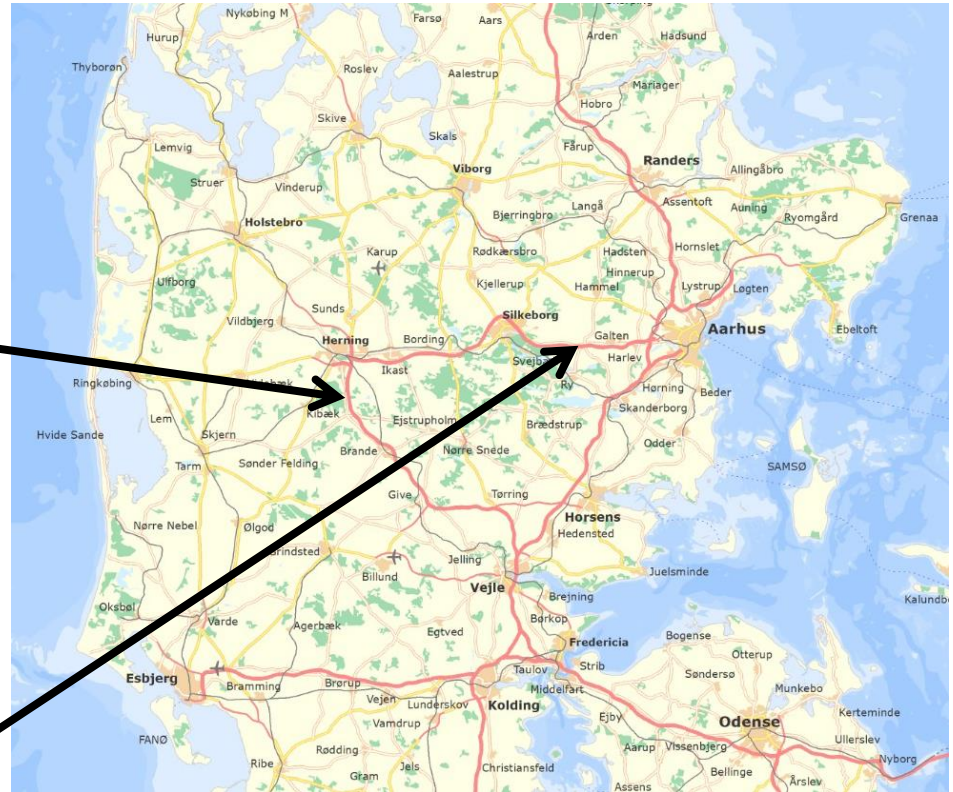
- antal dage, hvor maksimal-temperaturen havde været i det pågældende interval og
- hvor mange dage, der havde været i sammenhæng.

# Klimapåvirkning – Global Warming



# Officielle danske forsøg med HMA

- Første danske forsøg med HM-Asfalt var i 2006, hvor Colas Danmarks A/S udførte en strækning på motorvejen ved Høgild.
- Der er nu et vejregelforberedende forsøg i gang, hvor HM-Asfalt afprøves i et bærelag (GAB) og i et bindelag (ABB). Forsøgsstrækningerne blev udlagt i oktober 2014 på motorvejen øst for Silkeborg.
- Noget af det ledsagende laboratoriearbejde er forsinket af udstyrmæssige årsager. Derfor er slutrapporten ikke klar endnu.



# Funktionsprøvning i laboratoriet

Asfalttype	Tilstræbt Bindemiddel indhold <sup>1)</sup>	Tilstræbt Marshall hulrum	Blande-temperatur	Marshall indstamping 2 x 50 slag
ABB – HM	5,2 %	3,5 %	160 °C	145 – 150 °C
Reference: ABB type 16 $\text{Æ}_{10} > 500$	4,8 %	3,5 %	165 °C	145 – 150 °C
GAB II – HM	5,3 %	4,0 %	160 °C	145 – 150 °C
Reference: GAB II	4,7 %	7,0 %	160 °C	135 – 140 °C

3 % Sasobit →

20 % genbrugsasfalt

50 % genbrugsasfalt

uden Sasobit

	GAB II - HM (Miks A)	GAB II - ref (Miks B)	ABB - HM (Miks C)	ABB - ref (Miks D)
E-modul	A+A3+A4	B	C	D+D3
Udmattelse	A+A1	B	C+C1	D
Sporkøring	A+A2	B	C+C2	-

+ 0,4 % bitumen

- 0,4 % bitumen

# Funktionsprøvning – E-modul

Materiale <sup>1</sup>	Miks ID	Temperatur 2 °C		Temperatur 10 °C		Temperatur 20 °C	
		E-modul	St. dev.	E-modul	St. dev.	E-modul	St. dev.
GAB II – HM	A	30.656	1.933	23.359	2.252	13.541	1.376
	A3	27.957	1.066	21.808	1.630	13.886	1.298
	A4	27.396	1.732	23.316	2.304	15.063	1.202
GAB II reference	B	22.999	1.628	14.317	2.092	6.526	779
ABB – HM	C	29.077	1.604	23.316	1.401	13.869	1.077
ABB reference	D	27.478	1.666	20.533	1.572	9.979	604
	D3	14.378	911	9.553	1.160	3.931	257

20 % genbrugsasfalt

50 % genbrugsasfalt

uden Sasobit

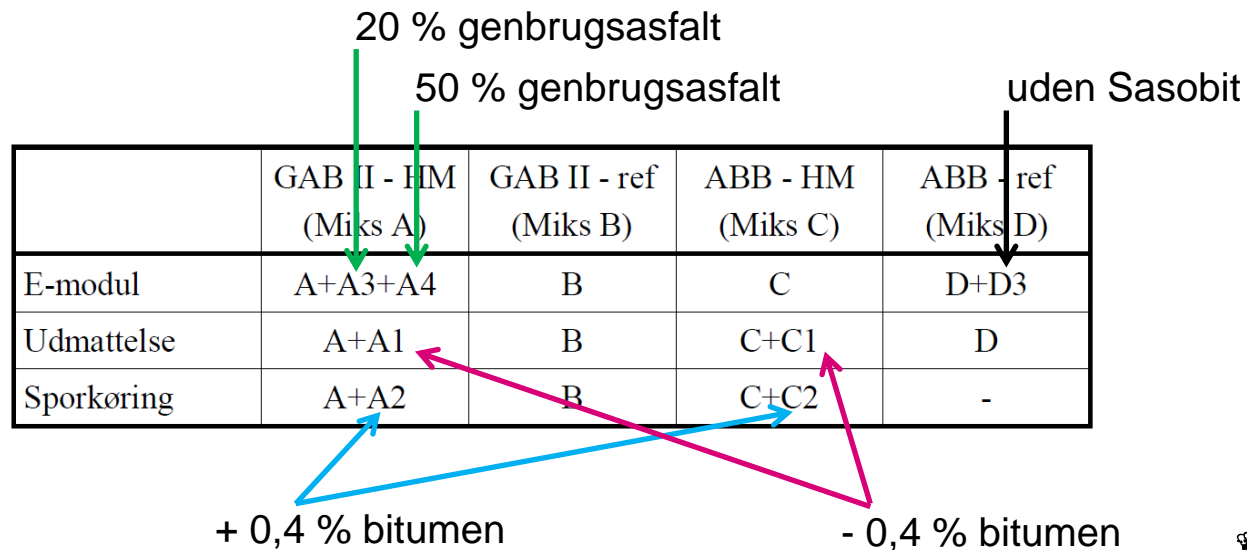
	GAB II - HM (Miks A)	GAB II - ref (Miks B)	ABB - HM (Miks C)	ABB - ref (Miks D)
E-modul	A+A3+A4	B	C	D+D3
Udmattelse	A+A1	B	C+C1	D
Sporkøring	A+A2	B	C+C2	-

+ 0,4 % bitumen

- 0,4 % bitumen

# Funktionsprøvning - sporkøring

Materiale	Miks ID	Kompr. <sup>1</sup> %	Spordybde RDw	Slope WTSw	Prop. Spordybde PRDw
GAB II – HM	A	98,5	3,4 mm	0,2 mm	4,0 %
GAB II – HM (fed)	A2	99,2	5,2 mm	0,3 mm	6,1 %
GAB II reference	B	98,7	11,0 mm	0,7 mm	12,9 %
ABB – HM	C	100,9	1,2 mm	0,02 mm	2,0 %
ABB – HM (fed)	C2	100,9	1,3 mm	0,03 mm	2,2 %



# Funktionsprøvning - udmattelse

- Alle laboratorie-prøvninger er endnu ikke afsluttet på grund af udstyrsbegrænsning, som nu forventes løst.
- Visse prøvninger med **"2 point bending"** er udført i Frankrig på Miks A og C, hvor de franske krav til E-modul og udmattelse for EMÉ er opfyldt.
- Men prøvninger i Danmark med **"Indirect Tensile Test"** skal udføres i denne vinter på servo-hydraulisk udstyr.

20 % genbrugsasfalt      50 % genbrugsasfalt      uden Sasobit

	GAB II - HM (Miks A)	GAB II - ref (Miks B)	ABB - HM (Miks C)	ABB - ref (Miks D)
E-modul	A+A3+A4	B	C	D+D3
Udmattelse	A+A1	B	C+C1	D
Sporkøring	A+A2	B	C+C2	-

+ 0,4 % bitumen      - 0,4 % bitumen



# Personlig konkluderende opsamling

- Danske asfaltproducenter har optimeret deformationsresistensen i deres recepter, som en del af deres produktansvar.
- Ofte benyttes modificering (polymer eller voks) på stærkt trafikerede veje. Desværre er "in-situ" mest fremherskende.
- Danske vejregler har **ikke** krav til sporkøringsresistens !
- Vi skal være opmærksomme på udviklingen i trafikbelastninger og ekstrem vejr i forhold til deformationer.
- HM-Asfalt (HøjModul-Asfalt) er på vej til at blive en del af de danske vejregler i fremtiden.
- Hovedsigtet i Danmark med HM-Asfalt er materiale-besparelser (mindre lagtykkelse til samme trafikmængde), ikke sporkøringsresistens.
- Der vil formentlig kunne bruges genbrug i bærelagsmaterialer af HM-Asfalt, men ikke i meget høje procenter, da dansk genbrug er "for blødt".

# Spørgsmål ?