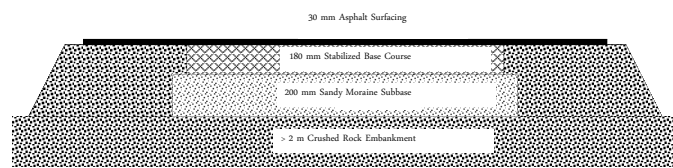


# Hydraulisk bundne bærelag

## Dimensionering af halvstive belægninger

1

Ingeniørhuset, Kalvebod Brygge 31-33  
Christian Busch  
Tirsdag 3. december 2013



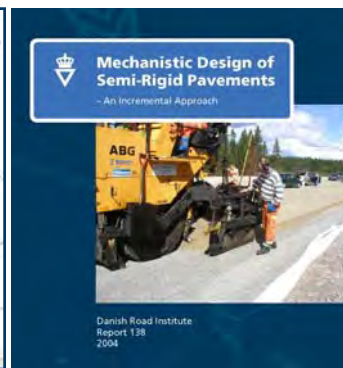
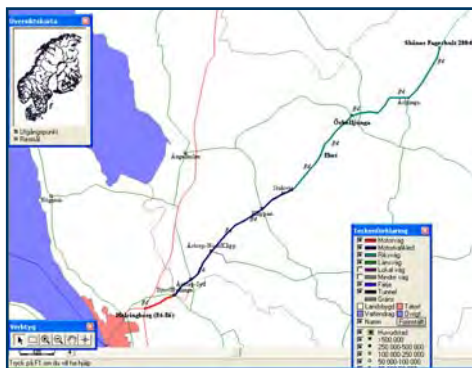
planning connecting  
respecting  
the future

Copyright © 2013 Grontmij AS | CVR: 48233511

# Udviklingsprojekt 2003-2004

## Halvstive befæstelser

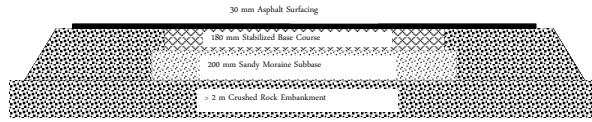
2



Copyright © 2013 Grontmij AS | CVR: 48233511

## 3 types of Test Pavements, each Duplicated

3

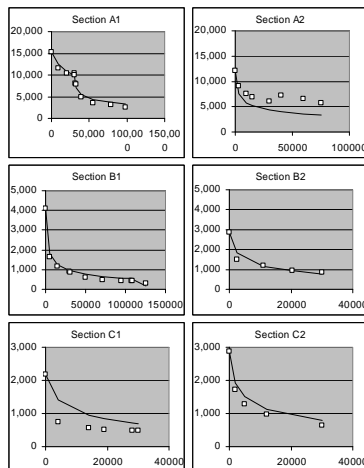


Pavement Designation	A1 & A2	B1 & B2	C1 & C2
Surfacing (30 mm)	30 mm Asphalt Concrete		
Stabilized base course (180 mm)	Gravel 0/16 mm $\sigma_c = 8 \text{ MPa}$	Gravel 0/16 mm $\sigma_c = 4 \text{ MPa}$	Sand 0/4 mm $\sigma_c = 4 \text{ MPa}$
Sub base (200 mm)	Sandy/silty moraine		
Subgrade	Crushed Rock embankment > 2 m		

Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511

## HVS Fatigue Testing & Condition Measurements

4

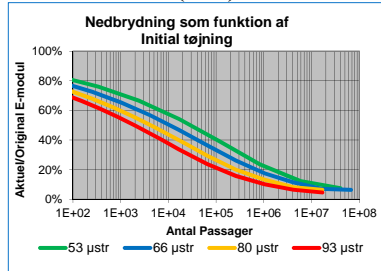


Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511

# Fra Inkrementel-Rekursiv Model Til Analytiske kriterier

5

$$\omega = \left(\frac{N}{10^6}\right)^\alpha \times \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{REF}}\right)^\beta \times (1-\omega)^\gamma$$



Materiale	Styrkeklasse (MPa)	E <sub>sp</sub> (MPa)	E <sub>visk</sub> (MPa)	Kriterieligning
HBB-A	C <sub>0,6</sub>	7.500	1.500	$\varepsilon_b = -0,000048 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,018}$
HBB-A	C <sub>0,8</sub>	9.600	1.500	$\varepsilon_b = -0,000060 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,182}$
HBB-A	C <sub>0,10</sub>	12.000	1.500	$\varepsilon_b = -0,000086 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,148}$
HBB-B	C <sub>0,6</sub>	11.800	2.000	$\varepsilon_b = -0,000066 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,149}$
HBB-B	C <sub>0,8</sub>	13.000	2.000	$\varepsilon_b = -0,000075 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,139}$
HBB-B	C <sub>0,10</sub>	15.000	2.000	$\varepsilon_b = -0,000090 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,125}$
HBB-B	C <sub>12/15</sub>	18.000	2.000	$\varepsilon_b = -0,000118 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,107}$
HBB-B	C <sub>12/20</sub>	21.200	2.000	$\varepsilon_b = -0,000144 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,093}$
HBB-B	C <sub>12/25</sub>	23.700	2.000	$\varepsilon_b = -0,000167 \times (N_{E,12}/10^6)^{0,086}$

$$\varepsilon_{PERMISSIBLE} = A \times (N/10^6)^{-1/B} \times (E_{INITIAL}/E_{REF})^C$$

$$\varepsilon_6 (\mu\text{str}) = (E_{initial}/1 \text{ MPa} + 1100)^{-1,63} \times (E_{terminal}/1 \text{ MPa} - 620)^{-0,66} \times (E_{terminal}/E_{initial})^{0,26}/450$$

$$\alpha = -(E_{initial}/1 \text{ MPa} + 9400)^{-0,94} \times (E_{terminal}/1 \text{ MPa} - 130)^{-0,19} \times (E_{terminal}/E_{initial})^{0,18} \times 10,000$$



Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511

# Vejregel og MMOPP 2013

6



## MMOPP dimensionering T6 belægning med HBB-B

Input parametere:

Ny belægning: Tjkkelse: E-værd: Gam

Materiale: Nyt lag: 25 AB SRS Modt 55 AB6 Modt HBB B CB/10 257 9900

SG II: 150 200 Slut

Bundskring II U-r: 483 100 1. Anvendt

Frontlag: 20

Navn: joo

Levetid: år Standard E

HBA: 1

Antal pr år: 300000

Vædet: % 0

Min hastighed: km/h Max hastighed: km/h

Alle dimensionering

Lag	E-værd	Kvik	Tilslags	Levetid år
1	9900	72	F2	20,2
2	200	0,024	0,070	1531,7
3	100	0,015	0,033	536,2
4	20	0,005	0,005	46,7

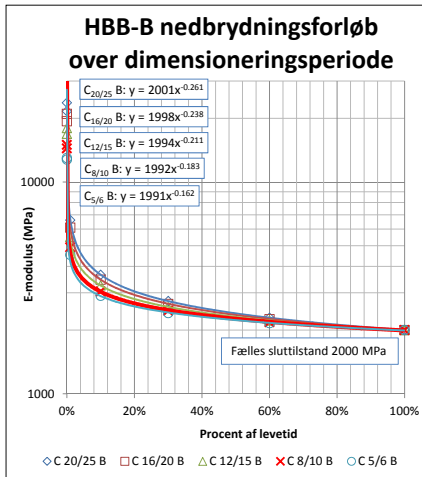
Levetider overholdt for alle lag



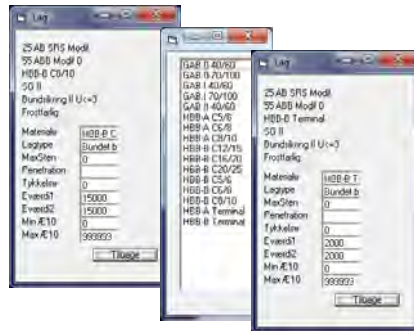
Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511

## Ændring af belægning til sluttilstand

7



## Erstatter HBB-B initial med HBB-B terminal



Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511



## Justering af belægning i sluttilstand

8

### Levetid af underbund bliver Redimensionering kritisk

**Input parameter**

Ny belægning	Tykkelse	E-værd	
Materiale	Nyt lag	0	Gem
25 AB SRS Modl.	55 AB Modl 0	2283	
SG II	150	200	Slut
Bunddriving II U<-3	433	100	Analytisk
Frostfalg	20		

Navn: HBB-B initial

HSA: i

Antal pr år: 300000

Vinkul. %: 0

Min hastighed: 50    Max hastighed: 50

Redimensionering: 20

**Input parameter**

Ny belægning	Tykkelse	E-værd	
Materiale	Nyt lag	0	Gem
25 AB SRS Modl.	55 AB Modl 0	2295	
SG II	150	200	Slut
Bunddriving II U<-3	433	100	Analytisk
Frostfalg	20		

Navn: HBB-B terminal

HSA: i

Antal pr år: 300000

Vinkul. %: 0

Min hastighed: 50    Max hastighed: 50

Redimensionering: 20

Lag	E-værd	Kritik	Tilføds%	Levetid år
1	2283	186	0.070	34.5
2	200	0.061	0.033	20.3
3	100	0.033	0.006	9.3
4	20	0.006		

Lag	E-værd	Kritik	Tilføds%	Levetid år
1	2295	184	0.070	20.4
2	200	0.069	0.033	20.2
3	100	0.033	0.006	20.2
4	20	0.006		20.2

Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511



## Endelig finpudsning

9

### Initialtilstand

Lag	E-værdi	Kolok	Tilbædig	Levetid, år
1	3000	71	72	214
2	200	0.026	0.070	813.0
3	100	0.016	0.033	423.0
4	20	0.004	0.006	99.3

### Slutttilstand

Lag	E-værdi	Kolok	Tilbædig	Levetid, år
1	2291	181	719	1222478.6
2	200	0.068	0.070	22.1
3	100	0.033	0.033	21.0
4	20	0.006	0.006	21.3



Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511

## Alternativer med HBB-B og HBB-A

10

Tilsvarende kan udføres dimensionering med HBB-A, udført som in-situ stabilisering af bundsikringsand.

De to resulterende belægnings er sammenlignet nedenfor.

Lag	HBB-B alternativ	HBB-A alternativ
AB SRS modificeret	25 mm	25 mm
ABB modificeret	55 mm	55 mm
HBB-B $C_{8/10}$ 15.000/2.000 MPa	170 mm	
HBB-A $C_{8/10}$ 12.000/2.012 (1.500) MPa		257 mm
Kørestabil bundsikring, 200 MPa	200 mm	
Bundsikring BL II, $U \leq 3$ , 100 MPa	663 mm	689 mm
Koblingshøjde	1113 mm	1026 mm

HBB-A laget "ender" på ca. 2000 MPa, fordi den store tykkelse, der kræves til at beskytte underlaget gør at kun 22 % af lagets levetid forbruges-



Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511

## Hvor går vi hen herfra

11

- MMOPP med automatisk analytisk beregning i begyndelsestilstanden og sluttilstanden
- MMOPP som web-baseret program med flere lag
- MMOPP med simulation af HBB belægninger
- Genvurdering af HBB nedbrydningsmodel og kriterier på grundlag af spændinger i stedet for tøjninger
- Men det sidste sker nok først 20 år efter 2003
- Foreløbig er vi 3 musketerer....



Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511

## 10 år efter

12

[christian.busch@grontmij.dk](mailto:christian.busch@grontmij.dk)



**tak for opmærksomheden**



planning connecting  
respecting  
the future

Copyright © 2013 Grontmij A/S | CVR 48233511