

## Teknisk notat

Asfaltindustrien - Accelereret nedbrydning af svage belægninger under gylletransport

19. februar 2012/7. april 2014  
Projekt:

---

Udarbejdet : Christian Busch

Kontrolleret : Ole-Jan Nielsen

Vedlagt :

Kopi til :

---

### 1 OVERSIGT

Dette notat giver en vurdering af nedbrydningseffekten af gylletransportvogne på svage belægninger. Transportvognene har fra Trafikstyrelsen fået tilladelse til at køre med 10 tons akseltryk, såfremt der anvendes lavtryksdæk med et oppumpningstryk på 3 bar.

Vurderingerne er dels foretaget ud fra simulationer med vejreglernes MMOPP dimensioneringsprogram, dels ud fra beregninger, hvor lavtryksdækkenes ribbekontakt med belægningsoverfladen modelleres detaljeret. Endvidere er vurderet effekten af belastninger langs kanter af den svageste type belægninger, der samtidig vil forekomme på de smallede veje.

MMOPP simulationerne viser, at transporten af den aktuelle gyllemængde på vogne med 10 ton akseltryk i gennemsnit også vil føre til en fordobling af nedbrydningen på de tyndeste veje i forhold til den samme gyllemængde, transporteret på vogne med 8 ton akseltryk. For de tykkere belægningstyper findes ingen væsentlige forøgelse af nedbrydningseffekten.

De detaljerede beregninger af påvirkninger under 10 tons lavtryksdæk, hvor ribbekontakten modelleres, viser, at i forhold til almindelige 10-ton aksler reduceres nedbrydningen i de øverste lag, mens den er på samme niveau i de nedre lag.

Endelig viser Finite Element beregninger af påvirkninger langt fra hhv. ved kanter af de tyndeste belægningstyper at nedbrydningshastigheden langs kant kan være helt op til 70 % højere end inde på belægningen, hvor levetiden i værste tilfælde vurderes så lavt som 1,4 år.

***Sammenfattende kan det konkluderes, at gylletransportvognenes aksler efter den aktuelle dispensation kan forøge vejsliddet på de tyndeste vejklasser med op til 70 %, og at der vil være en reel risiko for kollaps af disse belægningstyper ved første års trafik.***

## 2 TRAFIKSTYRELSENS DISPENSATION

Trafikstyrelsen har ved skrivelse af 18. marts 2011 givet tilladelse til at køre med forhøjet akseltryk (10 ton) på gylleudbringnings-køretøjer, straks når 2011-sæsonen starter på statsveje i de kommuner, der forud har meddelt accept af dispensationen. Køretøjerne må have indtil 3 aksler af med den angivne belastning. Den tidligere akseltryk grænse var 8 ton.

Tilladelsen er midlertidig og gælder indtil der er udstedt nye regler om akseltryk for lavtryksdæk.

Der er i trafikstyrelsens tilladelse foreskrevet et maksimalt (lavtryks)dæktryk på 3 bar, samt at dækkenes ribbemønster skal udgøre mindst 33 % af kontaktarealet. Dette vil give et teoretisk kontakttryk mellem ribbe og vejoverflade på op til  $3 \text{ bar} / 33 \% = 9 \text{ bar}$ , hvilket er højere end oppumpningstrykket for normale lastvognsdæk.

Som følge af de store ribbehøjder kan der endvidere forekomme variationer ud over de 9 bar på grund af uens sammentrykning af ribbegummiet, ligesom det ikke kan udelukkes at der vil forekomme kærveffekt langs ribbekanter.

## 3 ANALYSEFORUDSÆTNINGER

### 3.1 Trafik

Der køres hvert år ca. 1 million læs gylle på de danske veje. Det svarer til ca. 2 millioner kørte km.

I 2006-7 lå antallet af husdyrbedrifter i Danmark på 28-29.000, og af disse var cirka halvdelen svine- eller kvægbedrifter. Antages det, at det hovedsageligt er disse, der er gylleproducerende, vil hver bedrift generere ca. 70 gylletransporter.

I normal dimensioneringssammenhæng regnes trafikken jævnt fordelt over året, således at der i de 7 årstider i dimensioneringsvejreglens MMOPP program sker en fordeling proportional med periodernes længde.

I situationen med gylleudbringning kan trafikken antages at forekomme udelukkende i perioderne tårbrud og senvår.

Da MMOPP altid vil fordele trafikmængden proportionalt med periodelængderne, må tårbruds- og senvårs-perioderne strækkes, således at disse får hovedparten af trafikken.

Nedenstående tabel viser de normale og de for gylleudbringningen forudsatte periodelængder, sammen med de bæreevnemæssige faktorer, MMOPP programmet anvender i sine simulationer af vejens nedbrydning.

**Tabel 1** Periode­længder, temperaturer og bæreevnefaktorer

		Vinter	Vinter tø	Tøbrud	Senvår	Som- mer	Hede- bølge	Efterår
Normal	Dage	49	10	15	46	143	10	92
Gylle	Dage	2	2	91	264	2	2	2
Tempera- tur	°C	-2	1	1	4	20	35	7
Asfalt	Faktor	4	3,7	3,7	3,1	1	0,3	2,6
Stabilgrus	Faktor	4,2	0,33	0,67	1	1	1	1
Bundsik- ring	Faktor	10	10	0,7	0,85	1	1	1
Under- bund	Faktor	20	20	0,6	0,8	1	1	1

**3.2****Belægninger**

Det meste af den ovenfor omtalte trafik sker på belægninger, der sjældent lever op til dimensioneringsvejreglens forskrifter, og som anført i en periode, hvor belægningerne er svækket som følge af tøbrudseffekter.

Det er vanskeligt at få et sikkert overblik over de belægningstyper, der findes på de gylletrafikerede veje, men som udgangspunkt kan det antages, at en del af dem – og formentlig den bedste del – vil have opbygninger, der svarer til dimensioneringsvejreglens katalogbelægninger for trafikklasse T0 og T1.

For mange af vejene vil der formentlig være tale om, at der overhovedet ikke er udlagt et egentligt bundsikringslag, således at det ubundne bærelag ligger direkte på planum.

Fra undersøgelser foretaget for Vejdirektoratet af effekten af forskellige ændringer i tilladelige aksellaste haves endvidere informationer om gennemsnitlige lagtykkelser på forskellige vejklasser, herunder "Lokalveje, land (LL)".

Vurdering af gylletransporternes effekt baseres herefter på følgende befæstelsesopbygninger:

**Tabel 2** Befæstelsestyper i undersøgelse

Oprindelse		Vejregel								Aksellastundersøgelse			
Befæstelse		T0-1	T0-2	T0-3	T0-4	T1-1	T1-2	T1-3	T1-4	LL-1	LL-2	LL-3	LL-4
Variant		Uden BL		Med BL		Uden BL		Med BL		Uden BL		Med BL	
Asfalt	mm	30	30	30	30	70	70	70	70	90	90	90	90
Stabilgrus	mm	120	120	120	120	150	150	150	150	120	120	120	120
Bundsik- ringslag (BL)	mm			150	280			180	280			100	200
Underbund	MPa	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20

De analytiske undersøgelser vil alene behandle forholdene i tøbrud og senvår. Under anvendelse af bæreevnefaktorerne fra Tabel 1 vil der i vurderingerne blive anvendt nedenstående E-moduler for de aktuelle materialer.

**Tabel 3 E-moduler i analytiske beregninger**

Materiale	Standard E-modul (MPa)	Tøbrud		Senvår	
		Faktor	E-modul (MPa)	Faktor	E-modul (MPa)
Asfalt	2000	3,7	7400	3,1	6200
Stabilgrus	300	0,67	201	1	300
Bundsikring	100	0,7	70	0,85	85
Normal underbund	40	0,6	24	0,8	32
Svag underbund	20	0,6	12	0,8	16

### 3.3 Belastninger

Gylleudbringningskøretøjerne vil typisk have konfigurationer, som vist på nedenstående billeder.



**Figur 1** Eksempler på gylleudbringningskøretøjer

Akselafstanden kan antages at følge gældende regler for 3-akslede sættevogne, dvs. minimum 1,3 m.

Akslerne er, som det ses, enkeltmonterede, og bør som sådan betragtes som supersingleaksler. For disse gælder, at en 8-ton supersingleaksel har samme skadevirkning som 1,25 ækvivalent 10-ton aksel.

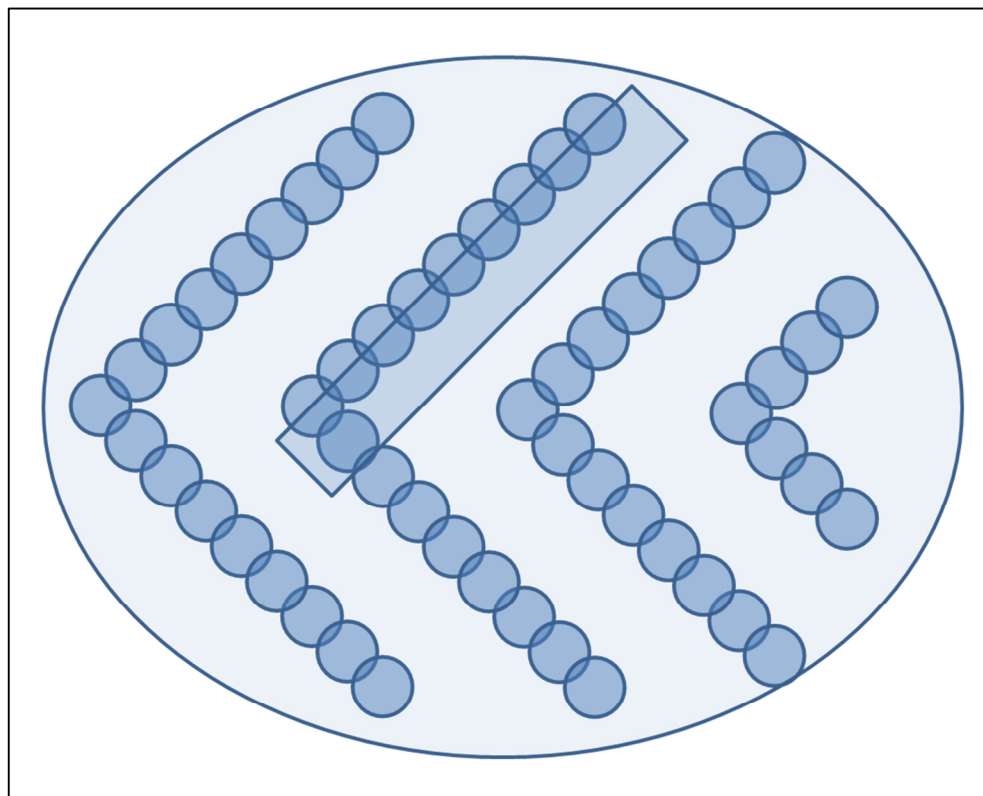
Ved anvendelse af 4. potens reglen sluttes det heraf at hver aksel på gylleudbringningskøretøjerne giver en belastning svarende til 3,05  $\text{Æ}10$  aksel – hele den 3-akslede anhænger altså 9,15  $\text{Æ}10$  belastninger. Med den hidtil gældende akseltryk grænse på 8 ton vil anhængerens svare til 3,75  $\text{Æ}10$  belastninger

$\text{Æ}10$  belastningen anvendes ved effektvurderinger, udført med vejreglens MMOPP dimensioneringsprogram. En gylletransport med 10 ton akseltryk antages at svare til 10  $\text{Æ}10$  belastninger, mens der for 8 ton regnes med 4,6  $\text{Æ}10$  belastninger.

Hvis den samme mængde gylle skal udbringes, vil der ved hver køretøjspassage "mangle" 6 ton. Hvis nyttelasten på en 24-ton gylletransporter sættes til 18 ton, skal der altså 4 passager med 8-ton køretøjerne til for hver 3 passager af 10-ton køretøjerne. Det ækvivalente antal  $\text{Æ}10$ -aksler ved trafik med 8-ton køretøjerne bliver da:

$$700 \times 4 / 3 \times 4,6 / 10 \text{ \AA} 10 = 430 \text{ \AA} 10 \text{ aksler}$$

For detailvurderinger af effekten ved belastning med de ribbemønstrede lavtryksdæk benyttes en repræsentation af ribbernes belastning i form af XX ensartede belastningscirkler, placeret således at de udgør V-formede lameller med en bredde på 30 mm, en sidelængde på 300 mm og et gennemsnitligt kontaktryk på 0,9 MPa. Nedenstående figur viser belastningsmodellen samt det rektangulære område, hvor de mest kritiske påvirkninger vurderes at forekomme.



**Figur 2 Modellerung af belastning**

## 4

### SKADEVIRKNING PÅ BELÆGNINGEN

#### 4.1

#### MMOPP simulationer

Der er udført MMOPP simulationer med alle belægningstyper og en årlig trafik svarende til transport af samme mængde gylle, enten på vogne med 8-ton aksler eller med 10-ton aksler (se afsnit 3.3).

Resultaterne og deres behandling er sammenfattet i nedenstående Tabel 4 og Figur 3.

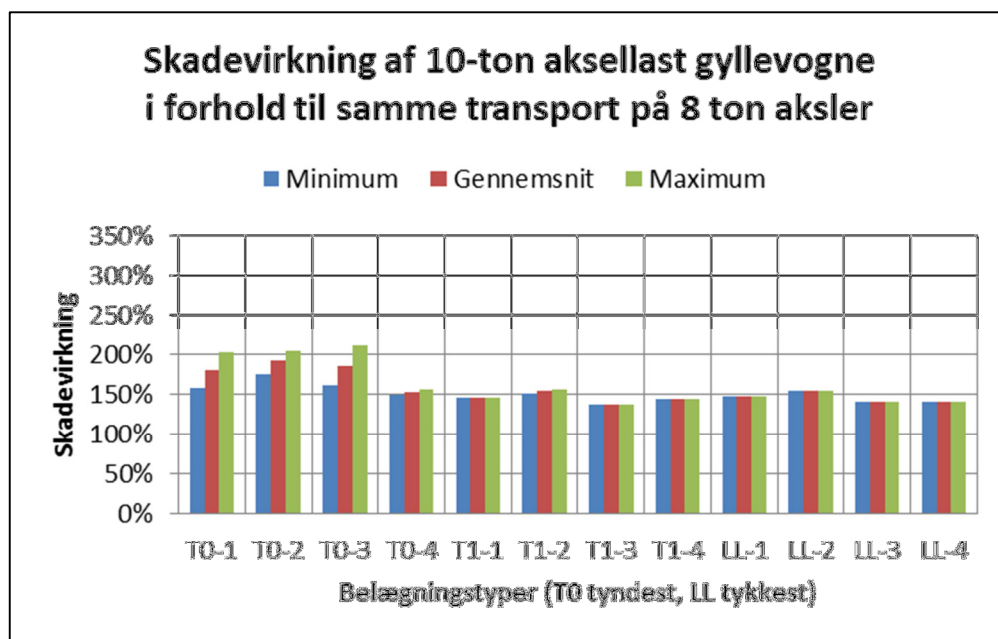
Tabellens sidste kolonne opgør skadevirkningen af trafikken med gyllevogne med 10 ton aksellast i relation til transport af den samme mængde gylle på vogne med det oprindeligt tilladte akseltryk på 8 ton.

De skyggede felter i tabellen er ikke medtaget i analyserne, da de angiver levetider, der ligger ud over MMOPP beregningernes simulationslængde på 40 år, og derfor må betragtes som irrelevante, da der inden for en sådan tidshorisont under alle omstændigheder må forventes gennemført vedligeholdelsesaktiviteter.

Til gengæld viser Figur 3, at der for alle belægningstyper ved overgang fra 8-ton til 10-ton aksler er en gennemsnitlig forøgelse af vejsliddet til mellem 145 % og 175 %, kraftigst for de tynde belægninger, hvor 25 % fraktilen af levetider for de ubundne lag (IRI og sporkøring) samtidig kommer ned på mellem 1,4 og 8,1 år.

**Tabel 4 Nedbrydningseffekt af Gylletankvogne med 10 ton aksler i forhold til samme mængde transporteret på 8t aksler. Skyggede data er ikke medtaget i analyserne.**

		Levetider Gylletrafik 320 Æ10/år (8-ton aksler)				Levetider Gylletrafik 700 Æ10/år (10-ton aksler)				Skadevirkning Forhold mellem 25 % fraktiler	
		IRI	Sporkøring	Esnit	Emin	IRI	Sporkøring	Esnit	Emin	Gylle10t/ Gylle 8t	
T0-1	Snit	4,7	10,1	21,6	13,8	2,9	6,6	11,8	7,2	Min.	157 %
	StDev	0,8	1,9	9,3	6,2	0,6	1,4	5,8	3,6	Max.	201 %
	25 %	4,1	8,8	15,4	9,6	2,5	5,6	7,9	4,8	Gns.	180 %
T0-2	Snit	3,1	7,0	13,9	10,7	1,8	4,3	7,4	5,5	Min.	174 %
	StDev	0,7	1,1	4,7	4,9	0,6	1,0	3,1	2,8	Max.	205 %
	25 %	2,6	6,3	10,7	7,4	1,4	3,6	5,3	3,6	Gns.	192 %
T0-3	Snit	8,5	14,3	24,5	13,9	5,4	9,4	12,6	7,3	Min.	161 %
	StDev	1,2	2,4	10,9	7,1	1,5	2,3	6,7	3,7	Max.	211 %
	25 %	7,7	12,7	17,1	9,1	4,4	7,9	8,1	4,8	Gns.	184 %
T0-4	Snit	9,0	13,6	19,8	10,6	6,2	9,3	12,8	6,8	Min.	148 %
	StDev	2,0	2,4	9,7	5,6	1,5	1,7	6,4	3,5	Max.	156 %
	25 %	7,7	12,0	13,2	6,9	5,2	8,1	8,5	4,4	Gns.	152 %
T1-1	Snit	20,6	39,0	40,0	40,0	14,1	29,9	40,0	38,9	Min.	145 %
	StDev	4,3	1,7	0,0	0,0	2,8	5,8	0,0	3,4	Max.	146 %
	25 %	17,7	37,8	40,0	40,0	12,2	26,0	40,0	36,6	Gns.	145 %
T1-2	Snit	17,3	34,1	40,0	40,0	11,4	22,8	39,8	36,6	Min.	151 %
	StDev	4,2	4,8	0,0	0,0	2,7	4,4	0,6	5,5	Max.	155 %
	25 %	14,5	30,8	40,0	40,0	9,6	19,9	39,4	32,9	Gns.	153 %
T1-3	Snit	35,9	40,0	40,0	40,0	26,7	39,1	40,0	39,0	Min.	137 %
	StDev	4,5	0,0	0,0	0,0	3,9	1,5	0,0	3,2	Max.	137 %
	25 %	32,8	40,0	40,0	40,0	24,1	38,1	40,0	36,9	Gns.	137 %
T1-4	Snit	36,9	40,0	40,0	40,0	26,8	36,9	40,0	38,0	Min.	144 %
	StDev	3,5	0,0	0,0	0,0	4,2	3,6	0,0	5,4	Max.	144 %
	25 %	34,5	40,0	40,0	40,0	24,0	34,5	40,0	34,4	Gns.	144 %
LL-1	Snit	29,5	40,0	40,0	40,0	20,2	38,2	40,0	40,0	Min.	147 %
	StDev	6,8	0,0	0,0	0,0	4,9	2,4	0,0	0,0	Max.	147 %
	25 %	24,9	40,0	40,0	40,0	16,9	36,6	40,0	40,0	Gns.	147 %
LL-2	Snit	26,4	40,0	40,0	40,0	17,1	33,5	40,0	40,0	Min.	153 %
	StDev	7,4	0,0	0,0	0,0	4,7	5,3	0,0	0,0	Max.	153 %
	25 %	21,4	40,0	40,0	40,0	14,0	29,9	40,0	40,0	Gns.	153 %
LL-3	Snit	37,1	40,0	40,0	40,0	28,7	40,0	40,0	40,0	Min.	139 %
	StDev	3,7	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	Max.	139 %
	25 %	34,6	40,0	40,0	40,0	24,9	40,0	40,0	40,0	Gns.	139 %
LL-4	Snit	38,9	40,0	40,0	40,0	30,7	39,9	40,0	40,0	Min.	139 %
	StDev	1,7	0,0	0,0	0,0	5,4	0,3	0,0	0,0	Max.	139 %
	25 %	37,7	40,0	40,0	40,0	27,1	39,7	40,0	40,0	Gns.	139 %



**Figur 3 Skadevirkning af 10-ton aksellast gylletransport i forhold til samme mængde gylle transporteret på vogne med 8-ton aksellast**

## 4.2

### Analytiske beregninger, kontaktmodelleringer

Analytiske beregninger udføres med WinJULEA programmet, der er en del af PCASE software pakken (ref.1). Programmet kan håndtere belægninger med indtil 16 lag, 100 belastninger og 100 beregningspunkter.

Resultater fra beregningerne er sammenfattet i nedenstående tabel, der viser at påvirkningerne af asfalt- og stabilgruslagene er mindre under gyllevognene end under en traditionel Æ10 belastning (10 ton tvillingmontering), men er af samme størrelsesorden for bundsikring og underbund.

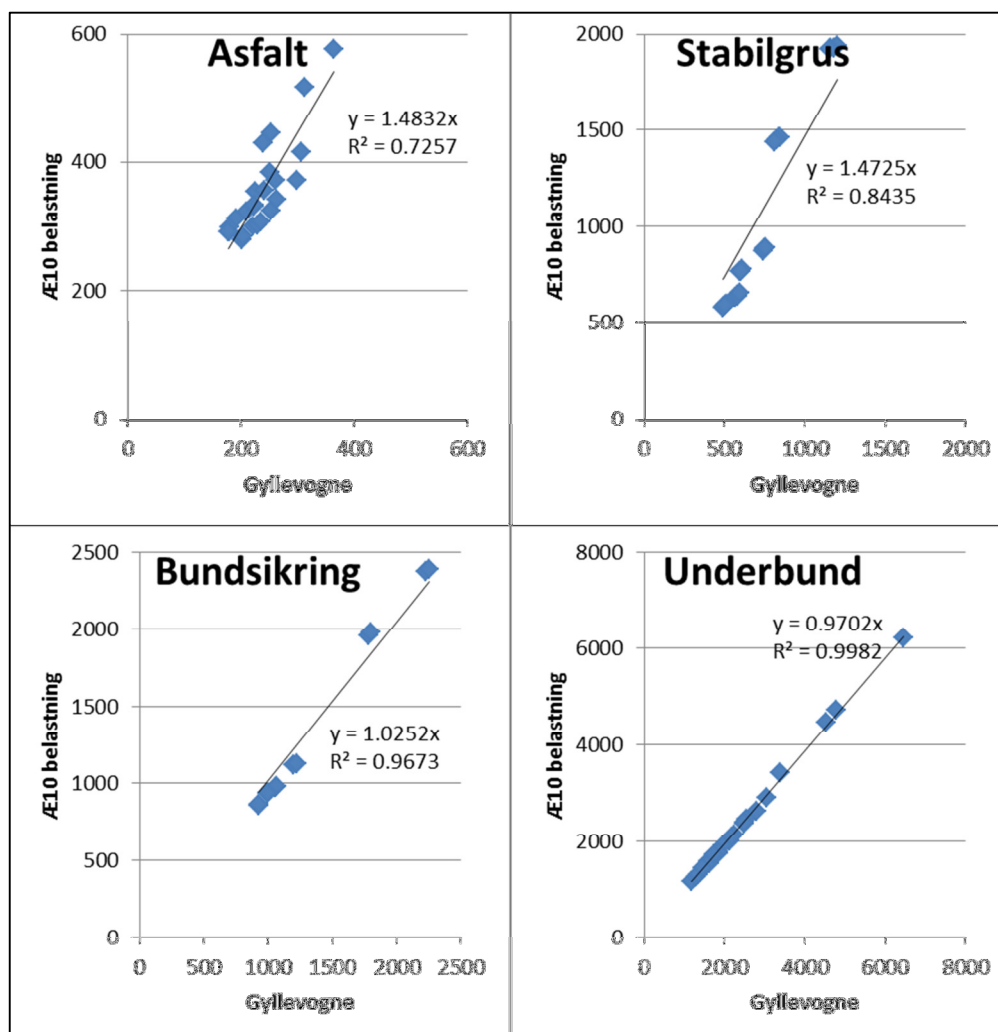
De mindre påvirkninger af asfalt- og SG-lagene antyder, at MMOPP beregningernes vurdering af asfaltnedbrydning for de tynde belægninger kan være for pessimistisk.

**Tabel 5 Kritiske påvirkninger i befæstelser (microstrain)**

Befæstelse	Årstid	Gyllevogn, 10 ton akseltryk				Æ10 belastning			
		ASF	SG	BL	UB	ASF	SG	BL	UB
T0-1	Tøbrud	-312	1180		4520	-517	1930		4460
	Senvår	-225	839		3380	-355	1460		3430
T0-2	Tøbrud	-365	1200		6440	-576	1940		6220
	Senvår	-251	848		4790	-384	1460		4730
T0-3	Tøbrud	-253	1160	2230	2790	-445	1930	2370	2620
	Senvår	-192	823	1780	2120	-312	1450	1960	1990
T0-4	Tøbrud	-239	1150	2250	2540	-430	1920	2390	2460
	Senvår	-180	813	1800	1970	-299	1440	1980	1910
T1-1	Tøbrud	-262	739		2250	-372	874		2130
	Senvår	-209	598		1850	-323	770		1730
T1-2	Tøbrud	-306	749		3040	-416	885		2910
	Senvår	-242	610		2490	-357	781		2370
T1-3	Tøbrud	-223	751	1200	1480	-332	884	1120	1440
	Senvår	-180	597	1060	1190	-292	770	974	1150
T1-4	Tøbrud	-224	754	1220	1600	-333	888	1130	1570
	Senvår	-179	598	1070	1290	-292	770	983	1260
LL-1	Tøbrud	-253	570		1850	-325	633		1760
	Senvår	-222	493		1620	-301	582		1530
LL-2	Tøbrud	-300	578		2500	-372	642		2400
	Senvår	-264	509		2190	-343	597		2090
LL-3	Tøbrud	-230	584	995	1560	-302	646	935	1510
	Senvår	-201	496	923	1340	-280	586	859	1290
LL-4	Tøbrud	-236	595	1000	1740	-308	656	938	1710
	Senvår	-204	503	929	1470	-284	592	862	1440

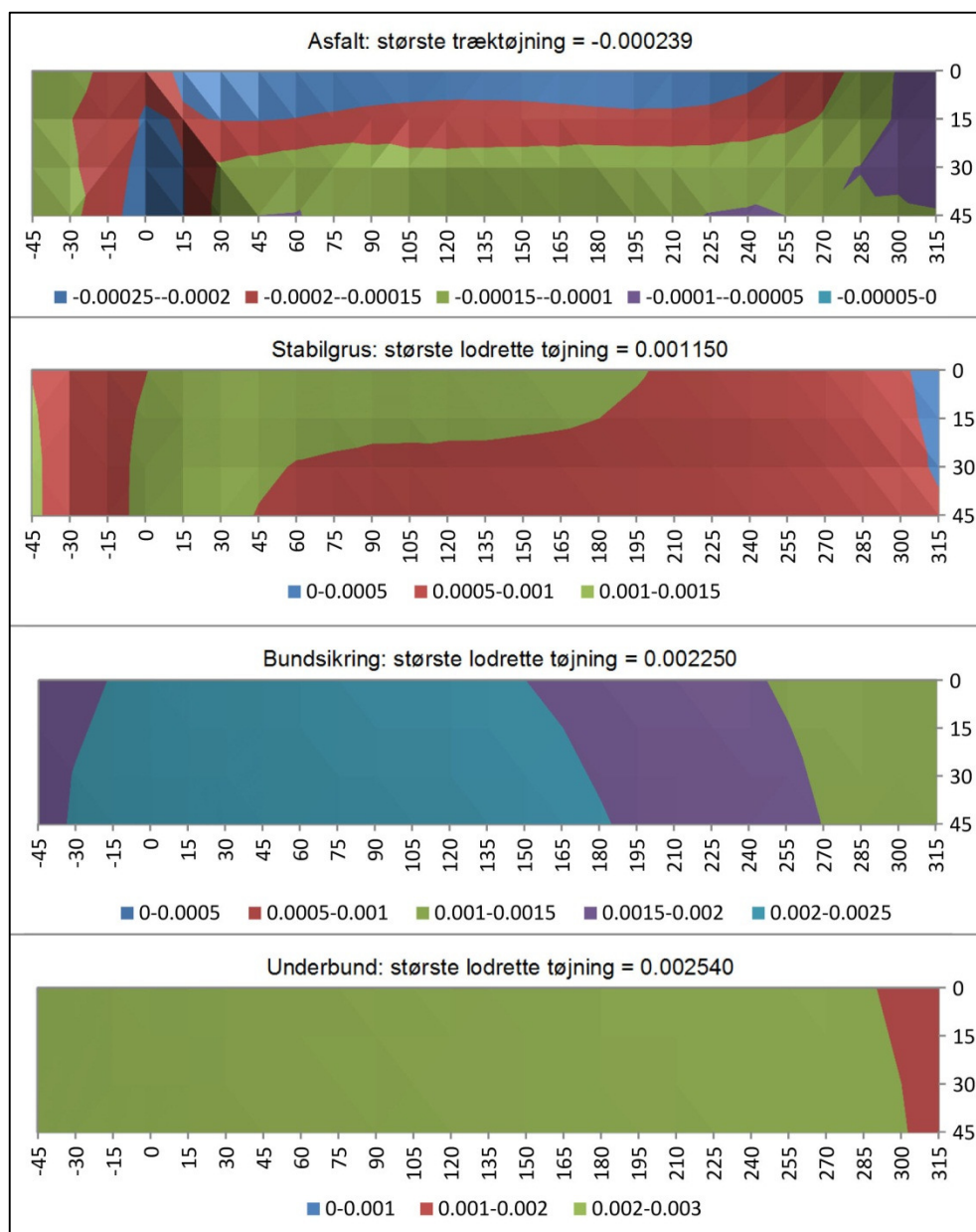
Resultaterne er yderligere illustreret i nedenstående Figur 4 til .



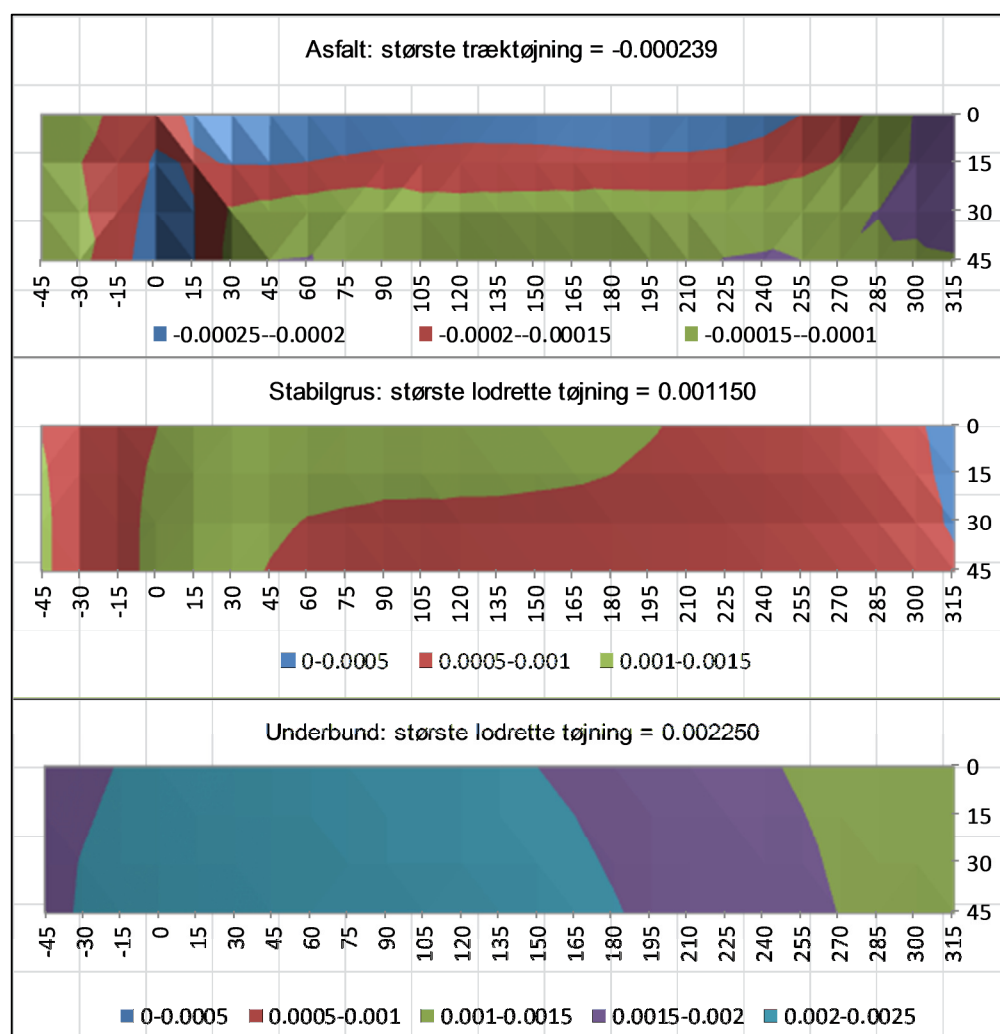


**Figur 4 Sammenligning af påvirkninger under gyllevogne og 10-ton tvillinghjul**

Graferne i figur 5 viser, at maksimalpåvirkningerne i asfalt- og grusbærelag fra 10-tons akslerne på gyllevogne med lavtryksdæk er lavere end fra almindelige Æ10 aksler, mens påvirkningerne i de lavere lag stort set er ens.



**Figur 5 Påvirkninger i belægning med bundsikringslag i beregningsområdet, Figur 2**



**Figur 6 Påvirkninger i belægning uden bundsikringslag i beregningsområdet, Figur 2**

#### 4.3

#### Analytiske beregninger, belægningskanter

Specielt på de svageste vejklasser (T0-belæggningerne) vil kantbelastninger være kritiske, da der typisk vil være en smal eller slet ingen rabat samtidig med at vejen kun vil være lidt bredere end selve køretøjet.

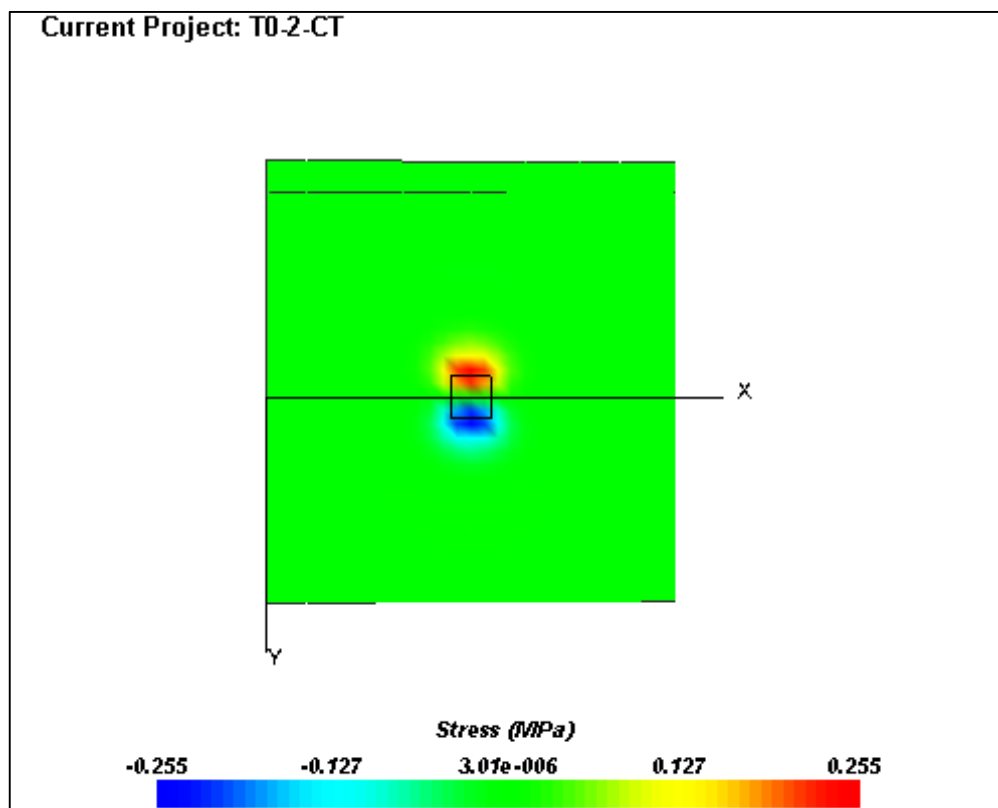
Effekten af kantbelastninger er undersøgt ved Finite Element beregninger af kritiske påvirkninger under en 5 ton, 3 bar enkeltbelastning, der er anbragt ved kanten hhv. midt på 4 x 4 m<sup>2</sup> belægningsopbygninger, svarende til T0-typerne.

Underlagets bæreevne i Finite Element beregningerne er kalibreret således at der for belastninger midt på pladen opnås samme centerdeflektioner som ved lineærelastiske beregninger af samme belastningssituation.

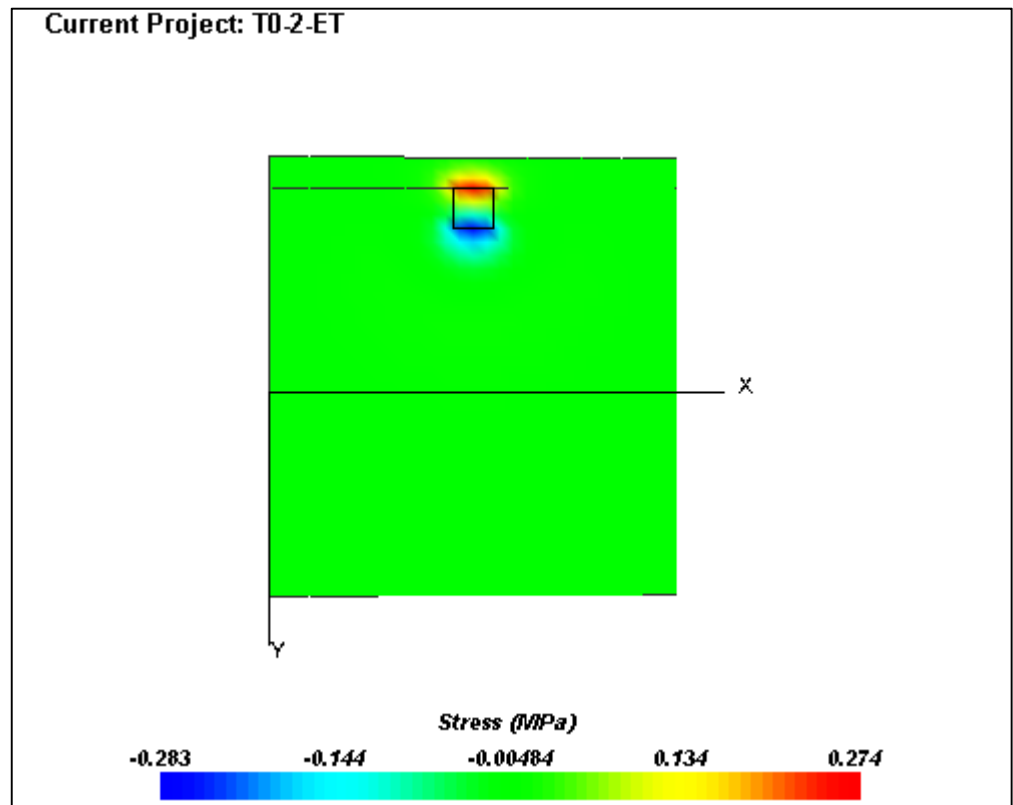
Den svage sidestøtte/rabat er modelleret som en tilstødende 0,3 x 4 m<sup>2</sup> belægning, hvor der ingen kraftoverføring er mellem asfalten.

Ud fra beregningerne er trukket information om maksimal deflektion samt maksimale forskydningsspændinger i toppen af stabilgruslaget og umiddelbart under dette. Det vil være forskydningsspændingerne, der fører til deformationer og brud i de ubundne lag.

Figur 7 og Figur 8 viser eksempler på de beregnede forskydningsspændinger under et 5-tons enkelthjul, repræsenteret ved en 40x40 cm kontaktflade.



Figur 7    Forskydningsspændinger langt fra kant, overside SG



Figur 8 Forskydningsspændinger ved kant, overside SG

**Tabel 6 Kritiske påvirkninger ved belastning langt fra hhv. ved belægningskant. Belægninger med ”-T” er i tøbrudsperioden, ”-S” er i senvår.**

Befæstelse	Deflektion			Max, forskydningsspænding top af SG			Max, forskydningsspænding under SG		
	Ctr,	Kant	Kant/Ctr,	Ctr,	Kant	Kant/Ctr,	Ctr,	Kant	Kant/Ctr,
<b>8-ton aksler</b>									
T0-1-T	2,081	2,128	102 %	0,180	0,201	112 %	0,0251	0,0400	159 %
T0-2-T	3,265	3,484	107 %	0,204	0,219	107 %	0,0281	0,0478	170 %
T0-3-T	1,501	1,599	107 %	0,130	0,146	112 %	0,0675	0,0634	94 %
T0-4-T	1,731	2,088	121 %	0,115	0,129	112 %	0,0653	0,0549	84 %
T0-1-S	1,477	1,506	102 %	0,192	0,223	116 %	0,0285	0,0435	153 %
T0-2-S	2,405	2,566	107 %	0,219	0,244	111 %	0,0322	0,0528	164 %
T0-3-S	1,111	1,175	106 %	0,139	0,165	119 %	0,0680	0,0651	96 %
T0-4-S	1,336	1,600	120 %	0,126	0,149	118 %	0,0669	0,0576	86 %
		Gnsn.,	109 %		Gnsn.,	114 %		Gnsn.,	126 %
								Gnsn., 1-2	162 %
								Gnsn., 3-4	90 %
<b>10-ton aksler</b>									
T0-1-T	2,596	2,654	102 %	0,225	0,252	112 %	0,0313	0,0499	159 %
T0-2-T	4,069	4,343	107 %	0,255	0,274	107 %	0,0352	0,0598	170 %
T0-3-T	1,870	1,993	107 %	0,162	0,182	112 %	0,0843	0,0792	94 %
T0-4-T	2,150	2,597	121 %	0,144	0,161	112 %	0,0816	0,0686	84 %
T0-1-S	1,792	1,878	105 %	0,239	0,279	117 %	0,0356	0,0544	153 %
T0-2-S	2,997	3,198	107 %	0,273	0,305	112 %	0,0403	0,0660	164 %
T0-3-S	1,384	1,465	106 %	0,174	0,207	119 %	0,0850	0,0814	96 %
T0-4-S	1,660	1,990	120 %	0,157	0,186	118 %	0,0836	0,0720	86 %
		Gnsn.,	109 %		Gnsn.,	114 %		Gnsn.,	126 %
								Gnsn., 1-2	161 %
								Gnsn., 3-4	90 %
<b>10-ton aksler/8 ton aksler</b>									
T0-1-T	125 %	125 %		125 %	125 %		125 %	125 %	
T0-2-T	125 %	125 %		125 %	125 %		125 %	125 %	
T0-3-T	125 %	125 %		125 %	125 %		125 %	125 %	
T0-4-T	124 %	124 %		125 %	125 %		125 %	125 %	
T0-1-S	121 %	125 %		124 %	125 %		125 %	125 %	
T0-2-S	125 %	125 %		125 %	125 %		125 %	125 %	
T0-3-S	125 %	125 %		125 %	125 %		125 %	125 %	
T0-4-S	124 %	124 %		125 %	125 %		125 %	125 %	
	124 %	125 %	Gnsn.,	125 %	125 %	Gnsn.,	125 %	125 %	

Den nederste tredjedel af Tabel 6 bekræfter blot at Finite Element beregningerne er lineære i forhold til belastningen. Hvis 4. potensreglen kan anvendes på forskydningsspændingerne, betyder dette, at en 10-ton aksel har en skadevirkning, der er  $1,25^4 = 2,44$  gange en 8-ton aksel, hvilket svarer meget godt til resultatet fra MMOPP analyserne (afsnit 4.1).

Mere afgørende er det, stadig under forudsætning af at 4. potensreglen kan anvendes på forskydningsspændingerne, at nedbrydningen af de ubundne lag langs kanter i gennemsnit forløber mellem 1,7 og 2,5 gange hurtigere ved kant end inde på belægningen.

Sammenholdt med at 25 % fraktil levetiderne IRI og Sporkøring for T0-belægningerne er i størrelsesordenen 1,4 til 8,1 år, vil der specielt for 1-2 belægningerne, som er uden bundsikringslag, være en reel risiko for kollaps af disse belægningstyper i første år ved trafik med gyllevogne med 10 ton akseltryk.

## 5

### REFERENCER

1. PCASE, Pavement-Transportation Computer Assisted Structural Engineering, Version 2.06, Department of Defense, November 2003
2. "EverFE", (Current version 2.24), Software for the 3D Finite Element Analysis of Jointed Plain Concrete Pavements, Universities of Maine and Washington, 1998