

Minifaldlod og dimensionering af bærelag

M. Vanggaard

Skude & Jacobsen A/S, Danmark, mva@sjas.dk

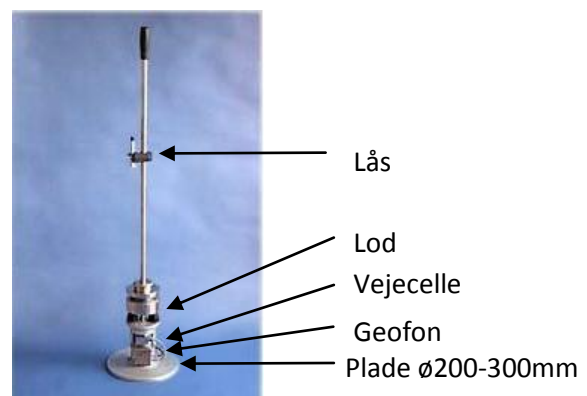
Abstract: Bestemmelse af E-værdi med minifaldlod sammenlignes med statisk pladebelastningsforsøg. Effekten af forskellige geonet i bærelag dokumenteres. På baggrund af målte E-værdier på underbund og bærelag gennemgås dimensionerings- og kontrolmetode til bærelagsopbygninger.

1 INTRODUKTION

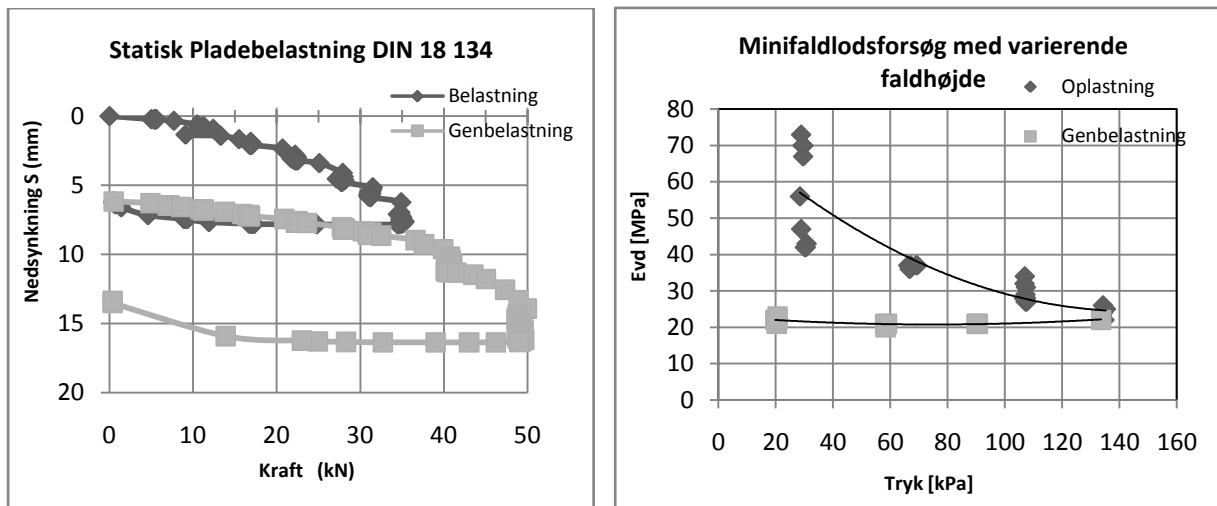
I forbindelse med etablering af vejkasser og valsebetongulve anvendes E-værdier til dimensionering af bærelag. Denne artikel omhandler erfaringer med anvendelse af minifaldlod og statiske pladebelastningsforsøg til E-værdibestemmelse på afrømningsniveau og overside af bærelag. Endvidere dokumenteres effekten af forskellige geonet i grusbærelag og forslag til dimensionering af grusbærelag med minifaldlodsforsøg fremsættes.

2 MINIFALDLOD OG PLADEBELASTNINGSFORSØG

Traditionelt set har man bestemt E-værdien med statisk pladebelastningsforsøg f.eks efter DIN 18 134 (E_{v2}). Statisk pladebelastningsforsøg kræver imidlertid modhold og er tidskrævende. Fremgangsmåde og udførelse af statiske pladebelastningsforsøg fremgår af DGF feltkomité referenceblad 6, April 2005 /1/. Minifaldlod har de seneste år vundet indpas som en hurtig metode til at bestemme E-værdien på råjord/planum (E_m) og grusbærelag (E_o). Minifaldlod findes i 2 principielt forskellige udgaver. En udgave med fast faldhøjde (f.eks Zorn) og en udgave med variabel faldhøjde (f.eks Keros Prima 100). Vejdirektoratet har i 2007 udarbejdet en provisorisk prøvningsmetode hvor fremgangsmåde og udførelse af minifaldlodsforsøg fremgår /2/.



Figur 1: Fotos af statisk pladebelastningsudstyr og minifaldlod (Keros Prima 100).

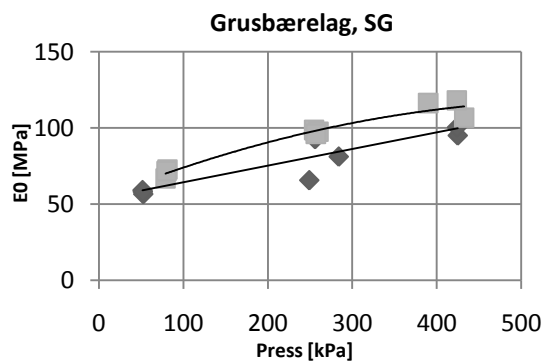


Figur 2: Forsøgsresultater statisk pladebelastning og minifaldlod (Keros Prima 100).

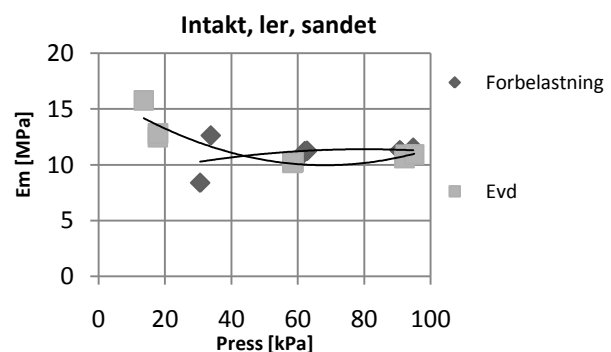
Ved at anvende variabel faldhøjde og evt. øge vægte af loddet i forbindelse med faldlodsmålingerne, kan man bestemme overflademodul $E_0 = E_{v2}$ ved de typiske belastninger som de enkelte lag udsættes for i den færdige konstruktion /2/:

- Grusbærelag 200-300 kPa
- Bundsikringslag 100-200 kPa
- Fast underbund, planum 50-100 kPa
- Blød underbund, planum 10-60 kPa

Figur 3 og 4 viser hvorledes man bestemmer bundmodul (E_m) og overflademodul (E_0) med minifaldlod på hhv. friktionsmaterialer (figur 3) og ler (figur 4)..



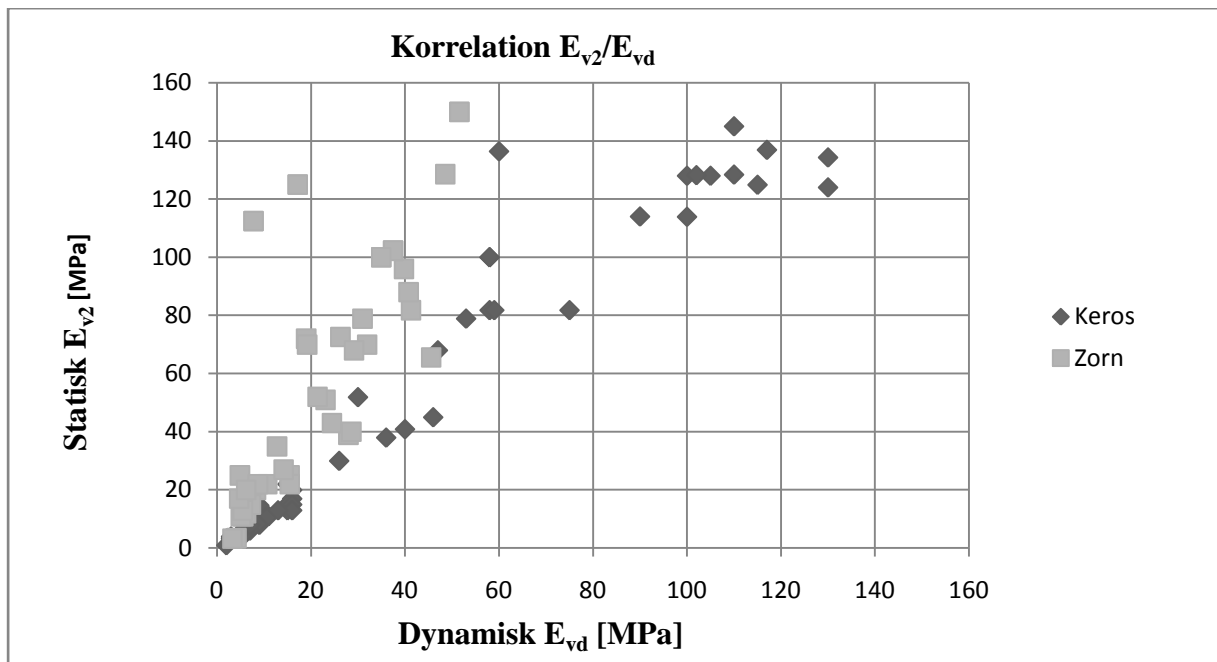
Figur 3: Bestemmelse af $E_{vd,250} = 100 \text{ MPa}$



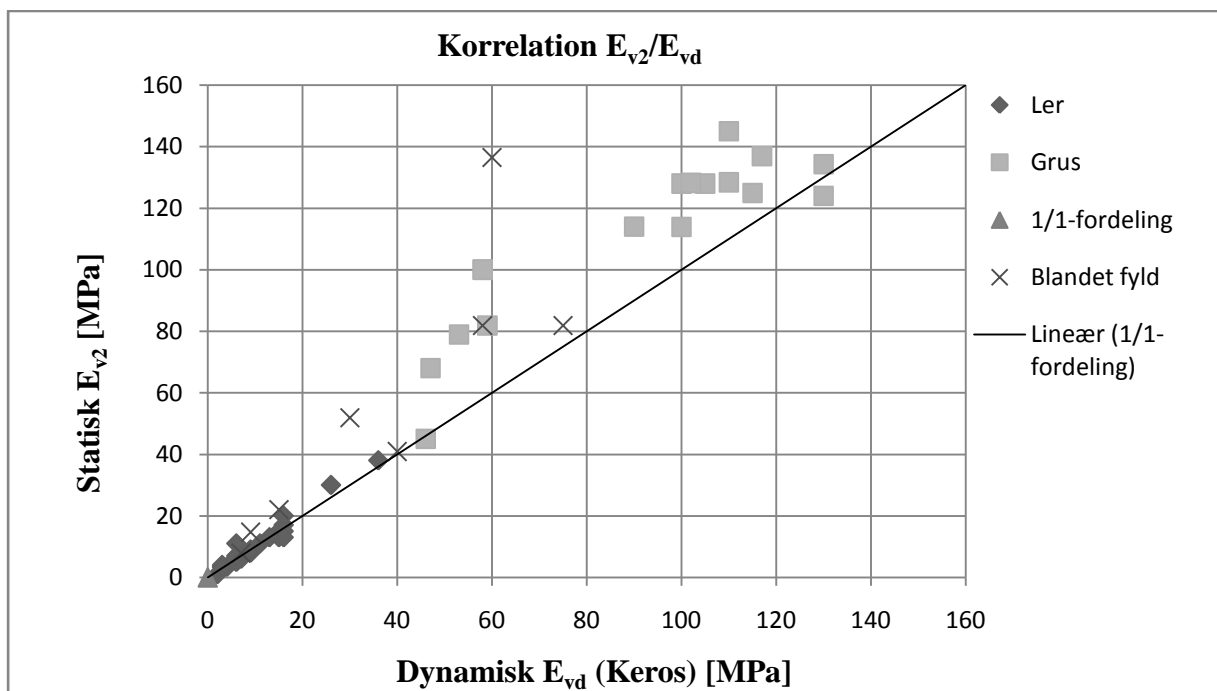
Figur 4: Bestemmelse af $E_{vd,60} = 10 \text{ MPa}$.

En sammenligning mellem E-værdi bestemt med statisk pladebelastningsforsøg (E_{v2}) og med minifaldlodsforsøg (E_{vd}) med fast (Zorn) og variabel (Keros) faldhøjde på forskellige underlag (intakt ler og grusfyld) har givet følgende sammenhæng:

- Udstyr med fast faldhøjde (Zorn) giver $E_{v2} \geq 1,5 \text{ á } 3,0 \times E_{vd}$, jf. figur 5.
- Udstyr med variabel faldhøjde (Keros) giver $E_{v2} \geq 1,0 \text{ á } 1,5 \times E_{vd}$, jf. figur 5 og 6.



Figur 5: Sammenligning E_{v2} og E_{vd} . Zorn = fast faldhøjde og flytningsmåling på plade. Keros = variabel faldhøjde og flytningsmåling på jord.



Figur 6: Sammenligning statistisk pladebelastningsforsøg og minifaldlodsforsøg med variabel højde (Keros Prima 100) fordelt på forskellige underlag.

Hvis man anvender minifaldlod med fast faldhøjde og deformationsmåling ovenpå belastningspladen, så skal målingerne kalibreres med statistiskpladebelastningsforsøg på tilsvarende underbund.

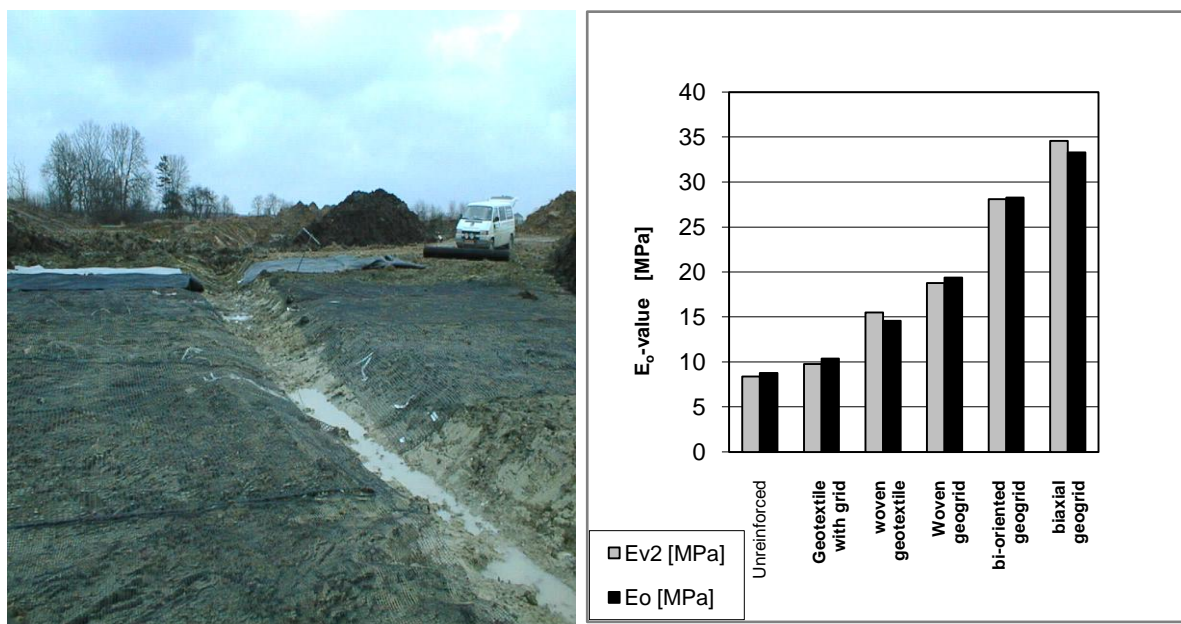
For intakt råjord og bundsikringsmaterialer, kan E-værdien bestemmes direkte med minifaldlodsapparater der benytter geofoner mod jord og variabel faldhøjde.

Ved minifaldlodsmålinger på indbyggede friktionsmaterialer bør pladetrykket være ca. 150 kPa for sandmaterialer og 250 kPa for stabilt grus.

Ved vandmætning af materialerne bliver E_{vd} (dynamisk) reduceret i forhold til E_{v2} (statisk). På vandmættede friktionsmaterialer måles ca. ½-delen af den E-værdi som der kan opnås efter dræning af selvsamme materialer. Derfor anbefales det, at godkendelsesforsøg med minifaldlod og statiske pladebelastning først udføres 3-5 dage efter indbygning.

3 GEONET ARMERING

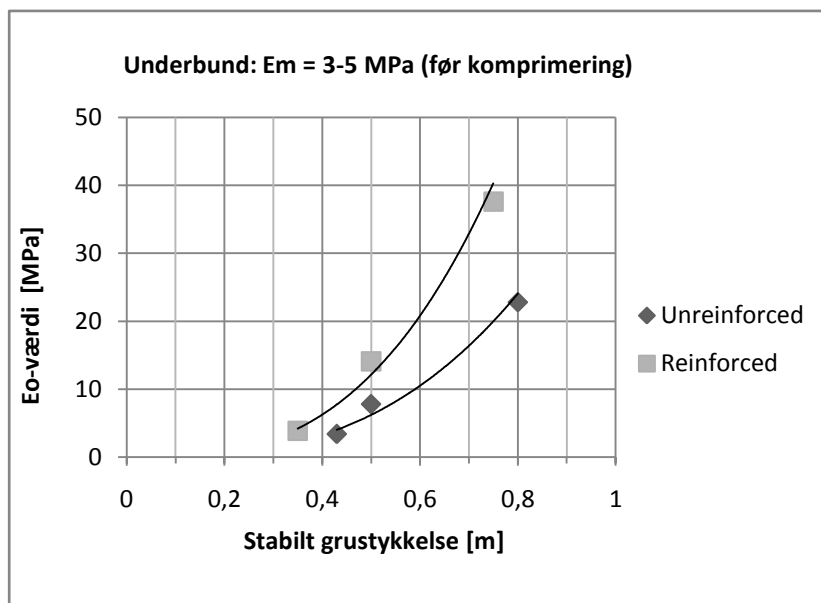
Effekten af forskellige geonet i grusbærelag er tidligere dokumenteret i /4/. Nedenfor er for et testfelt hos Carlsbergs depot i Taastrup angivet effekten af forskellige geonet udlagt under 500 mm stabilt grus (SG) på blød bund af fugtig ler (E_{v2} = 10 MPa).



Figur 7: Foto af testfelt og effekt af forskellige geonet under 500 mm stabilt grus, /4/. E_o er forsøg udført efter DFG procedure 1 mens E_{v2} er forsøg udført efter DGF procedure 2, /1/.

Som det ses af figur 7, opnås størst bæreevne ved at anvende stive geonet i opbygningen. På referencefeltet med SG er der målt et overflademodul på 8 MPa. På felterne med fiberduge (TRCgrid 30, Geolon 80) = 10-15 MPa, vævede geonet (Fortrac 35/35-35) = 18 MPa og stive geonet (Tenax LBO 330, Tensar SS30) = 27-35 MPa.

For at se effekten på forskellige lagtykkelser blev der umiddelbart efter indbygning målt overflademoduler med statisk pladebelastning efter DGF procedure 1 /1/. Forsøgene blev dels udført med et Tensar SS30 geonet i planum dels uarmeret. Underbunden bestod af blød siltet, sandet ler med et bundmodul E_m = 3-5 MPa før komprimering. Idet målingerne er udført umiddelbart efter indbygning, må der regnes med et reduceret bundmodul som følge af porevandsøvertryk i planum og i de indbyggede materialer.



Figur 8: Foto af testfelt og effekt af geonet på forskellige SG-lagtykkelser, /4/.

Anvendelse af stive geonet af typen Tensar SS30 i opbygningen svarer til, at man kan reducere grusbærelaget tykkelse med ca. 30%.

Stive geonet af typen Tensar SS30 eller tilsvarende er velegnede til bærelagsopbygninger på blød underbund ($E_{v2} = 1-15$ MPa) eller i områder med ukontrolleret fyld eller organiskholdige aflejringer i planum.

4 DIMENSIONERING

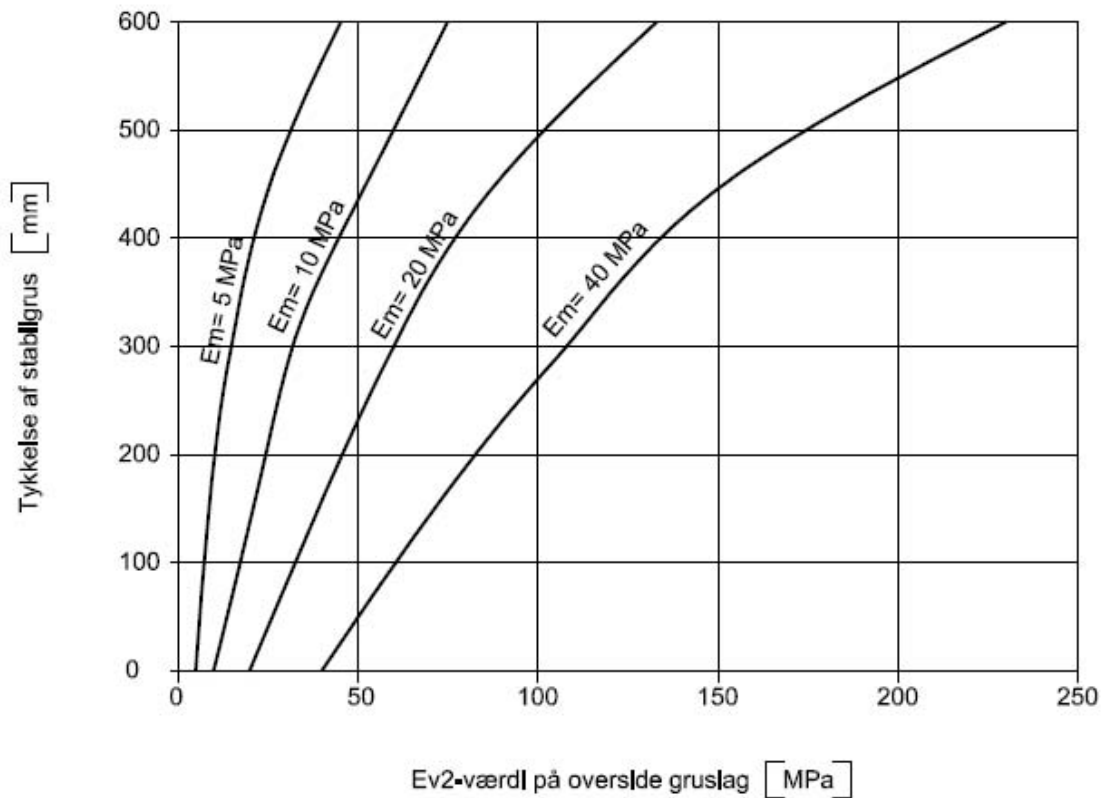
Såfremt man anvender standard opbygninger kan dimensioneringen foretages ved at dokumentere en $E_{v2} = 40$ MPa på overside gruslag og derefter anvende en standardopbygning.

På baggrund af tysk praksis (RStO 86/89) og erfaringer fra feltmålinger kan følgende krav til overflademoduler på overside grusbærelag sættes for forskellige trafikbelastninger:

Tabel 1: Forslag til krav til overflademodul E_o på overside bærelag.

Trafikbelastning 10 tons lastbil pr. døgn på vejen totalt	$N_{\text{Æ}10}$ pr. dag i spor	Overside bærelag, $E_o = E_{v2}$ [MPa]
1 stk. "O-trafik". (p-pladser for personbiler mm.)	0,5	45
10 stk. "Let-trafik" (mindre tilkørselsveje)	5-10	60-80
100 stk. "Middel trafik" (landeveje)	50-100	80-120
1000 stk. "Tung trafik" (motorveje og lufthavne)	500-1000	120-180
Valsebetongulve	-	45-80

Som skøn på nødvendig grusbærelagtykkelse for en given trafiklast (tabel 1) kan nedenstående figur 9 anvendes. E_m er lig bundmodul på planum. E_{v2} er forventet overflademodul på top af stabilt gruslag. Figur 9 kan også anvendes når nødvendig udskiftning under valsebetongulve skal bestemmes.



Figur 9: Forhold mellem E_m værdi på planum og forventet E_{v2} værdi på overside grusbærelag.

Bærelagsopbygninger under veje bør kontrolleres med en Analytisk-Emperisk dimensionering ud fra bundmodulet, E_m , og trafikbelastningen f.eks ved at anvende vejdirektoratets beregningsprogram DELSAN-2 eller MMOPP.

Referencer

- /1/ ”Referenceblad for statiske pladebelastningsforsøg”, DGF feltkomité Referenceblad 6, April 2005.
- /2/ ”Måling af overflademodul med minifaldlod”, Vejteknisk institut Provisorisk prøvningsmetode prVI 90-4: 2007.
- /3/ “ Plattendruckversuch DIN 18134“ Januar 1993.
- /4/ Vanggaard M., “The effect of reinforcement due to choice of geogrid”, IS TORINO 99.
- /5/ Jacobsen M. H, Jørgensen P. & Ibsen L.B.”Interrimsveje, armeret med geotextil”, NGM 1988.
- /6/ Voss, R: ”Lagerungsdichte und Tragwerte von Böden bei Strassenbauten” Stasse und Autobahn hefte 4 (April 1961)115-24.
- /7/ Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger Hæfte 3.3, Vejdirektoratet, Marts 2005.