

GS-GRID

Designmanual
Stabilisering av veier og plasser



Innhold	Side
Forord	1
Bruksområder	2
Grunnbegreper	2
• Geonett eller geotekstil?	
• Kraftoverføring – forkiling og friksjon	
Undergrunnens styrke – vingeforsøk kontra platebelastning	3
Kontroll av bæreevne før og etter innebygging	4
Belastningsklasser	4
Valg av geonett i forhold til undergrunn og belastning	5
• Valg i forhold til undergrunnens styrke	
• Valg i forhold til belastningsklasse	
• Flere lag geonett i en oppbygging	
Krav til materialer brukt som ubundet bærelag	7
Innebygging av GS-GRID	7
Designdiagrammer – GS-GRID	8
Eksempel 1 – Anleggsveier	9
Eksempel 2 – Lagergulv	9
Eksempel 3 – Tungt trafikkerte veier	10
Referanser	11

Forord

Geonett har blitt en stadig mer naturlig del når det gjelder etablering av veier og plasser på problematisk undergrunn. Formålet er å stabilisere, og oppnå en økt bæreevne i forhold til den uarmerte situasjonen. Med dette kan man oppnå oppnå vesentlige besparelser i i grusbærelaget.

Det er utviklet en del internasjonale beregningsmetoder, som vanligvis er basert på fullskala forsøk, og deretter omsatt til empiriske formler og kurver.

Vi har gjennom en årrekke innhentet dokumenterte data fra Danmark, samtidig med at bruken av geoarmering i anleggsprosjekter har økt gradvis.

For å kunne gi bedre rådgivning, har Byggros gjennom de siste årene deltatt aktivt for å

kontrollere effekten av de enkelte armeringsproduktene, som er innebygd under forhold vi vanligvis ser i Skandinavia.

Denne designmanualen er utarbeidet med våre resultater som grunnlag, og kan brukes i forbindelse med innebygging av GS-GRID. Ved bruk av andre produkter, bør resultatene kontrolleres på nytt, da det kan forekomme store variasjoner i de registrerte bæreevnene.

Materialet er utarbeidet som en gratis serviceytelse, og er basert på vår nåværende kunnskap. Det tas forbehold for endringer. Innholdet er omfattet av Byggros' gjeldende salgs- og leveringsbetingelser, som det henvises til.

This guide and its content is copyright of BG Byggros A/S
© BG Byggros A/S, 2008. All rights reserved.

Bruksområder

Bruken av geonett i norske veiprosjekter har på forholdsvis få år utviklet seg til å inngå som en naturlig del av bløtbunnsprosjekter. De viktigste grunnene til det er blant annet de store miljømessige kostnadene man forbinder med utskiftning av bløtbunn (ustabilt grunn), samt de økonomiske fordelene som metoden tilbyr. I dag finnes det mange referanseprosjekter i hele Norden, som har løst kompliserte problemstillinger på en måte som tilfredsstiller alle.

Det største diskusjonsemnet er fortsatt hvordan geotekstilet eller geonettet dimensjoneres i praksis. Forsøkene vi har vært med på har belyst dette emnet, og stilt spørsmålsteget ved det man tidligere har antatt. Sist men ikke minst har forsøkene gitt gode grunner til en klar anbefaling når det gjelder kontroll av aktuell bæreevne i en gitt situasjon.

Innenfor disse områder har man med fordel anvendt geonett eller armerte geotekstiler:

- Stabilisering av veier og plasser
- Motvirkning av differansesetninger
- Kompensasjonsoppbygginger
- Forbelastede veidemninger
- Pæledemninger

Denne veiledningen forutsetter utelukkende bruk i forbindelse med stabilisering av veier og plasser, og motvirkning av differansesetninger samt kompensasjonsoppbygginger.

Hensikten er å belyse problemstillinger og overveielser som man generelt forbinder med stabilisering av ubundet bærelag i disse oppgavene.

Veiledningen er ikke egnet for statisk belastede konstruksjoner som f.eks. forbelastede veidemninger og pæledemninger. Kontakt Byggros for utarbeidelse av eget design.

Grunnbegreper

Geonett eller geotekstil?

Man skiller mellom vevde eller ekstruderte/stansede geonett, vevde eller ikke-vevde geotekstiler, samt kombinasjoner av dette.

- Ekstruderte/stansede geonett har nett med åpne masker, med en definert styrke/-deformasjon. Kjentetegnes ved å være stive i form og utseende og ha faste knutepunkter.
- Vevde geonett er har nett med åpne masker, med en definert styrke/-deformasjon. Kjentetegnes ved å være fleksible i form og utseende.
- Vevde geotekstiler har tettvevde eller finmaskede nett med en definert styrke/-deformasjon og definerte filtertegenskaper.
- Ikke-vevde geotekstiler (non wovens) er enten termisk bundne eller nålede geotekstiler, hovedsakelig fremstilt med tanke på separasjon, beskyttelse og filtrering.

Ikke-vevde geotekstiler kjennetegnes videre ved å ha relativt store bruddeformasjoner, typisk > 35%, og fungerer som separasjonsduk i veifundamentet.

Kraftoverføring:

Det skiller mellom to prinsipper for kraftoverføring:

- Friksjon
- Forkiling

Alle typer armering overfører friksjon i en eller annen grad, mens forkiling bare skjer i forbindelse med åpne geonett. Kraftoverføring ved friksjon gjelder vanligvis vevde geonett og geotekstiler, mens forkiling gjelder de stive geonett med faste knutepunkter.

Forsøk viser at kraftoverføring ved uttrekningsforsøk stort sett er lik for geonett, uansett om de er vevde eller ekstruderte/stansede. Interaksjonskoeffisienten, dvs. geonettets kraftoverføringskoeffisient, ligger vanligvis i området 0,8 - 1,0.

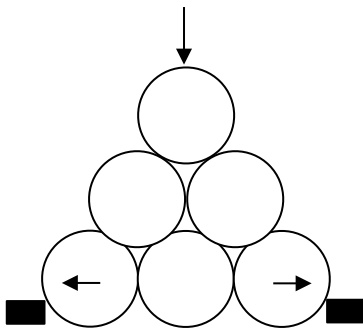
For vevde geotekstiler og kombinasjonsduker ligger interaksjonskoeffisienten vanligvis i området 0,6 - 0,8.

Kraftoverføring ved friksjon kan særlig utnyttes i forbindelse med veidemninger, pæledemninger, støttemurer o.l., hvor påvirkningen er 2-dimensjonell og vanligvis kun skjer i én retning. Når det dreier seg om stabilisering av veier og plasser er saken annerledes, da det er snakk om en 3-dimensjonell påvirkning.

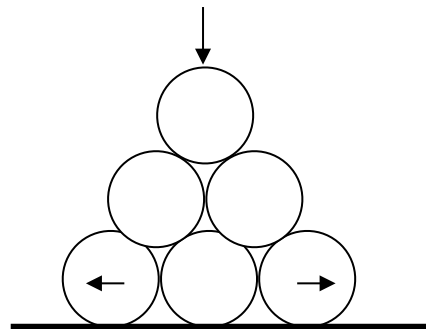
I forbindelse med tradisjonelle prosjekter innenfor stabilisering av veier og plasser er det avgjørende

for geonettets effekt at grusmaterialene holdes på plass i nettmaskene. Forsøk viser at geonettets fysiske stivhet og evne til å fastlåse grusmaterialet har stor betydning for effekten.

Hvis man sammenligner kraftoverføring ved forkiling med friksjon, kan man si at man plasserer runde emner i en pyramideform som vist på figur 1 og 2. Geonettets tverrribber kan i motsetning til geotekstilet fastholde grusmaterialene i samme posisjon. Belastningen kan derved overføres til geonettet, slik at stabiliseringseffekten økes.



Figur 1. Fastlåsning via forkiling i geonettets tverrribber



Figur 2. Fastholdelse via friksjon

Undergrunnens styrke – vingeforsøk kontra platebelastning

I geotekniske rapporter er det ofte angitt vingestyrker til beskrivelse av undergrunnens styrke. Bare i sjeldne tilfeller er det utført platebelastningsforsøk til å bestemme undergrunnens aktuelle bæreevne. Mest pålitelig virker platebelastningen, hvor man kan få et bilde av den gjeldende bæreevnen uavhengig av

dybden. Det kan bare i en viss grad dras paralleller mellom de to typer forsøk, da vanninnholdet spiller en stor rolle.

Følgende relasjoner ses i typisk forekommende nordiske moreneleire, gytje eller lignende med høyt vanninnhold. Det tas forbehold for avvik.

E-modul på planum E_u	Tilhørende vingestyrke C_v
5 MN/m ²	0-30 kN/m ²
10 MN/m ²	30-60 kN/m ²
15 MN/m ²	60-90 kN/m ²
20 MN/m ²	90-120 kN/m ²
25 MN/m ²	120-150 kN/m ²
30 MN/m ²	150-180 kN/m ²

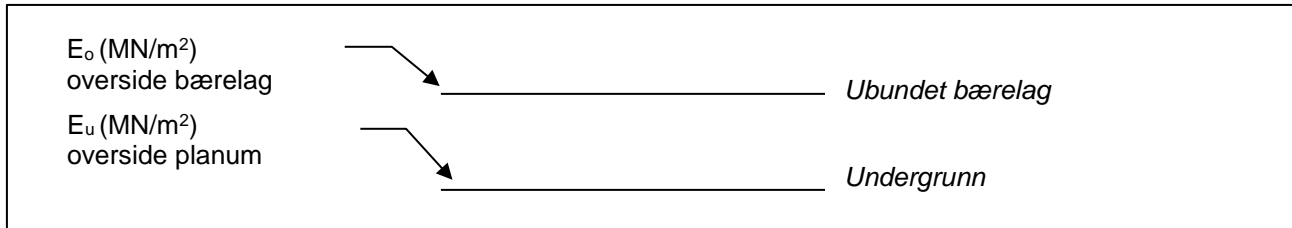
Figur 3. Relasjonen mellom E-modul og vingestyrke, som typisk finnes for moreneleire, gytje o.l.

Kontroll av bæreevne før og etter innebygging

Ved dimensjonering av en veioppbygging er vår erfaring at platebelastningen er et bra redskap til å kontrollere undergrunnens bæreevne. Ved det får man et godt bilde av undergrunnens gjeldende E-modell. Med enda et forsøk på den ferdige

oppbyggingen vil man også kunne kontrollere den aktuelle bæreevnen i den ferdige oppbyggingen.

Forsøket er relativt billig å utføre, og man kan på et tidlig tidspunkt verifisere en oppbygging og evt. korrigere i den.



Figur 4. Platebelastning på hhv. overside planum, samt overside bærelag.

Når det gjelder platebelastning, bruker man i Norden som oftest enten «det danske forsøk» eller «det tyske forsøk» iht. DIN 18 134. Det er god overensstemmelse mellom de to forsøkene. Likevel er det tyske forsøk

svært bra til verifisering av den aktuelle komprimering, da det reelt sett er snakk om to uavhengige belastningskurver, hvor forholdet mellom de to E-modulene er et uttrykk for komprimeringsgraden.

Belastningsklasser

Designdiagrammene er laget med utgangspunkt i det avsluttende E-modul, målt på oversiden av ubundet bærelag og delt inn i følgende belastningsklasser:

Avsluttende E-modul E _o Overside ubundet bærelag	Bruksområde	Belastnings- klasse
E _o = 30 MN/m ²	Sykkelveier, midlertidige byggeveier med begrenset belastning	1
E _o = 45 MN/m ²	Gårdsveier – midlertidige byggeveier med større belastning	2
E _o = 60 MN/m ²	Lett trafikk – maksimalt akseltrykk 6 t Småveier i boligfelt og lignende – parkeringsarealer for personbiler	3
E _o = 80 MN/m ²	Middels trafikk – maksimalt akseltrykk 8 t Middels trafikkerte veier, parkeringsarealer, flytende gulv i lagerhaller	4
E _o = 120 MN/m ²	Tung trafikk – maksimalt akseltrykk 12 t Tungt trafikkerte veier – motorveier, fylkesveier, parkeringsarealer og containerplasser	5
E _o = 150 MN/m ²	Svært tung trafikk – maksimalt akseltrykk 15 t Parkeringsarealer for svært tunge kjøretøy, containerplasser, landingsbaner og lignende	6

Figur 5. Inndeling i belastningsklasser.

Valg av geonett i forhold til belastning og undergrunnens styrke

Våre forsøk har vist at forskjellen mellom de ulike geonettene viser seg i sporkjøring. Uansett belastning, vil overflatemodulene kunne relateres til type nett. F.eks. har GS-GRID B30/30 større effekt enn GS-GRID B20/20 [Ref. 11]. Besparelsen i bærelaget er derfor avhengig av type nett.

Forskjellen mellom armerte og uarmerte oppbygginger under samme forutsetninger kan relateres til type nett, styrke og utforming. For oppbygginger plassert på samme undergrunn med samme bærelag, hhv. uarmert/armert, vil antallet

av passasjer øke eksponentielt. Samtidig reduseres deformasjonene på råjordsplanum.

Valg av geonett i forhold til undergrunnens styrke – effektindeks

Innvirkningen på E-modulene målt på oversiden av ubundet bærelag E_o kan relateres til type geonett.

For bunnmoduler i området $E_u \approx 2-60 \text{ MN/m}^2$ målt på råjordsplanum, er det ved innebygging av 40-50 cm stabilgrus hhv. armert og uarmert funnet en sammenheng:

Oppbygging	Effektindeks $E_u \approx 2 \text{ MN/m}^2$	Effektindeks $E_u \approx 5 \text{ MN/m}^2$	Effektindeks $E_u \approx 10 \text{ MN/m}^2$	Effektindeks* $E_u \approx 60 \text{ MN/m}^2$
Uarmert	25	40	60	80
GS-GRID B20/20 20 kN/m	70	80	90	-
GS-GRID B20/20L 20 kN/m	70	80	90	-
<i>GS-GRID B30/30 30 kN/m</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
GS-GRID B30/30L 30 kN/m	100	100	100	100
GS-GRID B40/40 40 kN/m	130	120	110	-
GS-GRID B40/40L 40 kN/m	130	120	110	-

Figur 6. Som referanse (indeks 100) brukes GS-GRID B30/30 *(Effektindeks funnet ved forsøk på 35 cm stabilgrus).

NB: GS-GRID "L" produkter bør brukes når den maksimale kornstørrelse > 32 mm – dvs. ved bruk av 0-80 mm osv.

For GS-GRID-serien brukes effektindekset i praksis slik:

Geonett type	Innvirkning på oppbygging jf. designdiagrammene
GS-GRID B20/20 og B20/20L	Avlest bærelagstykkelse økes med 10 %
<i>GS-GRID B30/30 og B30/30L – referanse</i>	<i>Avlest bærelagstykkelse brukes direkte</i>
GS-GRID B40/40 og B40/40L	Avlest bærelagstykkelse reduseres med 10%

Figur 7. Effektindeks for GS-GRID-serien

For ekstremt lave E-moduler i planum er effekten av geonettet svært tydelig. For stigende E-moduler i planum er effekten av geonettets tilstedeværelse minkende. Men man vil

kunne registrere en vekst i bæreevne på ca. 25% ved innebygging av geonett på et råjordplanum med en E-verdi $E_u \approx 50-60 \text{ MN/m}^2$.

Valg av geonett i forhold til belastning

Under hensyn til belastningsklassene (figur 5), bør valg av geonett skje etter følgende retningslinjer:

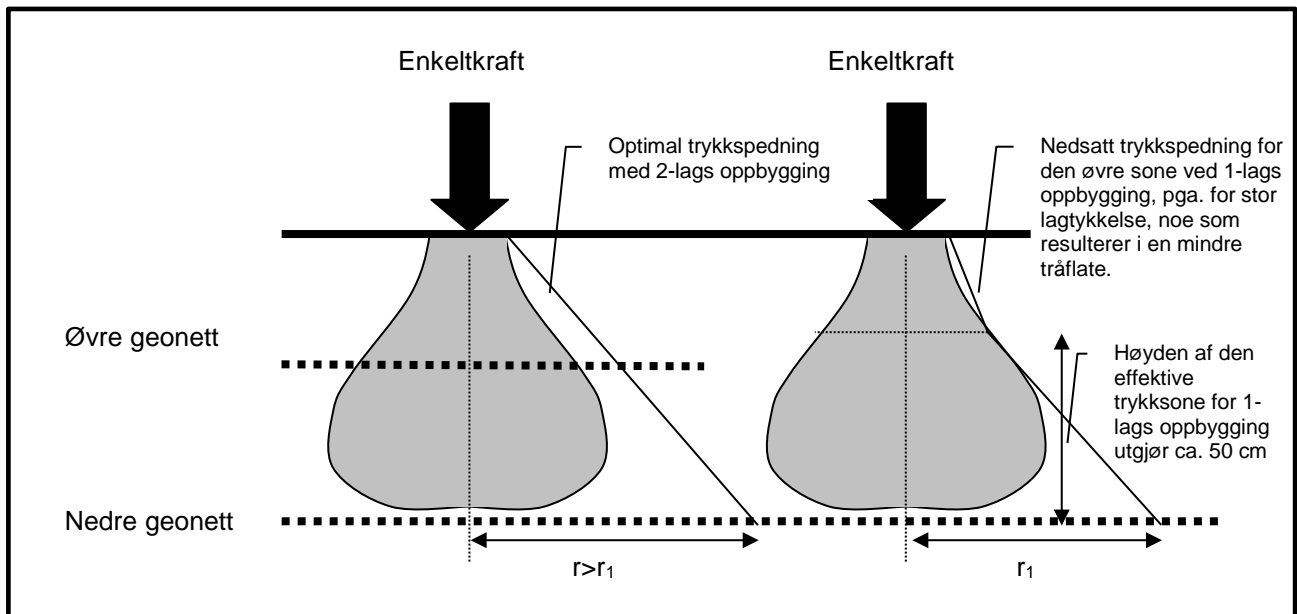
Belastningsklasse (se figur 5)					
1	2	3	4	5	6
GS-GRID B20/20 og B20/20L					
		GS-GRID B30/30 og B30/30L			
				GS-GRID B40/40 og B40/40L	

Figur 8. Valg av geonett relatert til belastning.

Flere lag geonett i samme oppbygging

Når den totale bærelagstykkelsen overstiger ca. 50 cm, kan man med fordel innebygge 2 eller flere lag geonett for å oppnå maksimal trykkspredning opp gjennom bærelagene. Dette på grunn av samme mekanisme man ser i forbindelse med komprimering, dvs. at en påvirkning på oversiden av bærelaget blir spredt i en pære- eller ballform

under enkeltkraften. Påvirkningen fra en enkeltkraft avtar med dybden. Når påvirkningen blir liten nok, kan man oppnå en ytterligere trykkspredningseffekt ved innebygging av enda et lag med geonett som er plassert høyere oppe i oppbyggingen. Se figur 9.



Figur 9. Belastningen fra enkeltkraften får ved store bærelagstykkelser mindre innvirkning på det nederste geonettlaget - det kan oppnås en ytterligere trykkspredningseffekt ved innebygging av flere lag geonett.

Ved ulike forsøk har man funnet ut at avstanden mellom de enkelte lagene geonett bør utgjøre

minimum 20 cm og maksimalt 50 cm. Det øverste geonettlaget bør som minimum plasseres 20 cm under oversiden av det ubundne bærelaget.

Ved innebygging av flere lag med GS-GRID, vil den totale tykkelsen av de ubundne bærelagene jf. designdiagrammene over kunne reduseres med ytterligere ca. 10%. [Ref. 9]

Krav til materialer brukt som ubundet bærelag

Designdiagrammene er utarbeidet under forutsetning av at det brukes velgraderte friksjonsmaterialer som bærelag, med en karakteristisk friksjonsvinkel $> 35^\circ$. På grunnlag av dette vurderes det, at stabilgrus 0-32 mm,

velgradert bunnsikring 0-90 mm, sprengstein, knust betong eller lignende direkte vil kunne brukes i ubundne bærelag i forbindelse med bruk av diagrammene.

Innebygging av GS-GRID geonett

En vannholdig myk undergrunn er spesielt følsom under innebygging av grusbærelag, da kraftig komprimering eller stor trafikkbelastning på tynne grusbærelag veldig lett forårsaker økninger i porevanntrykket. Dette resulterer typisk i en oppmyking, og noe som gjør bæreevnen betydelig dårligere. Da stort sett alle tilfeller av bløtbunn er forbundet med et svært høyt vanninnhold i undergrunnen, bør man om det er mulig ta følgende forholdsregler ved innebygging av geonett som forsterkning.

Erfaringer viser:

- At komprimering av bærelag på vannholdig underbunn med vibrasjon ofte er ugunstig for konstruksjonen, da påvirkningen øker porevanntrykket og dermed midlertidig nedsetter bæreevnen.
- At stor trafikkbelastning på for tynne grusbærelag også kan være medvirkende til at porevanntrykket øker, og dermed nedsette bæreevnen.
- At det ved komprimering uten vibrasjon oppnås komprimeringsgrad $> 95\%$ standard proctor på selv ekstremt myke avleiringer ved innebygging af min. 50 cm bunnsikring eller stabilgrus. Denne komprimeringsgraden ser ut til å være tilfredsstillende for den nederste del av bærelaget.

Overlapp i samlinger/skjøter:

Overlapp for GS-GRID-serien bør utgjøre minimum 30 cm for $E_u > 5 \text{ MN/m}^2$. For $E_u < 5 \text{ MN/m}^2$ bør overlapp utgjøre minimum 40 cm.

Designdiagrammer for GS-GRID

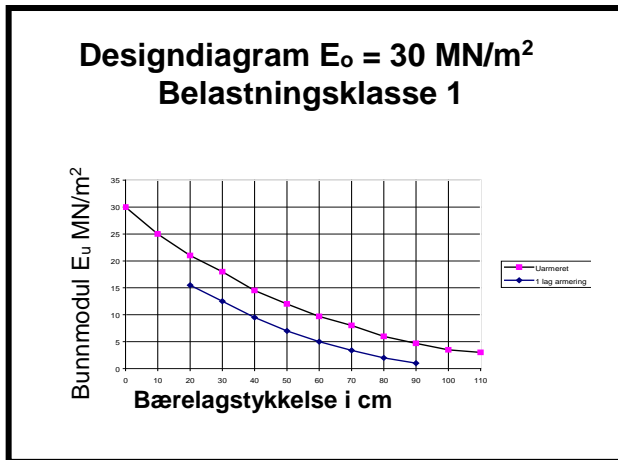


Diagram 1 – basert på bruk av GS-GRID B30/30

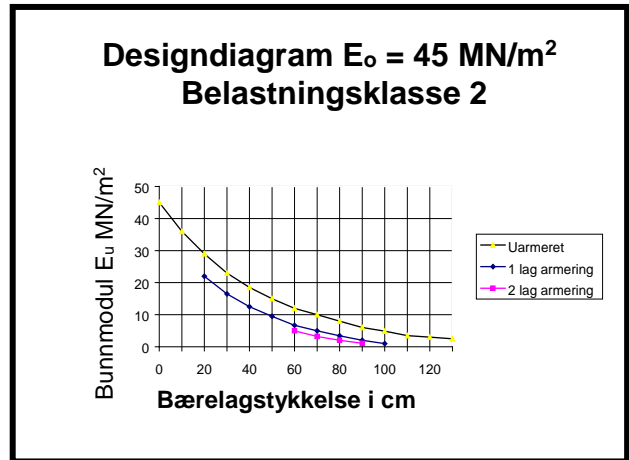


Diagram 2 – basert på bruk av GS-GRID B30/30

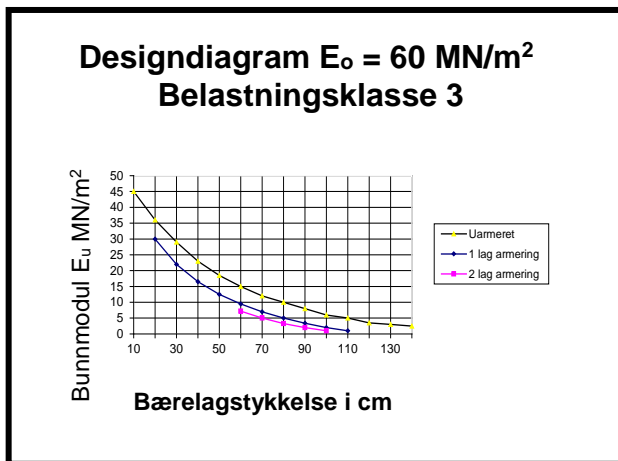


Diagram 3 – basert på bruk av GS-GRID B30/30

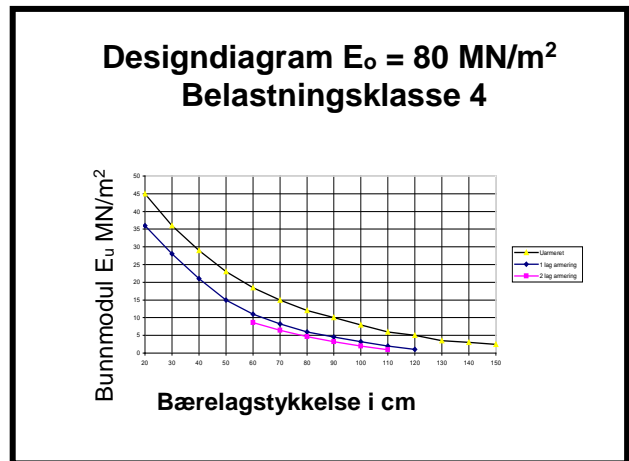


Diagram 4 – basert på bruk av GS-GRID B30/30

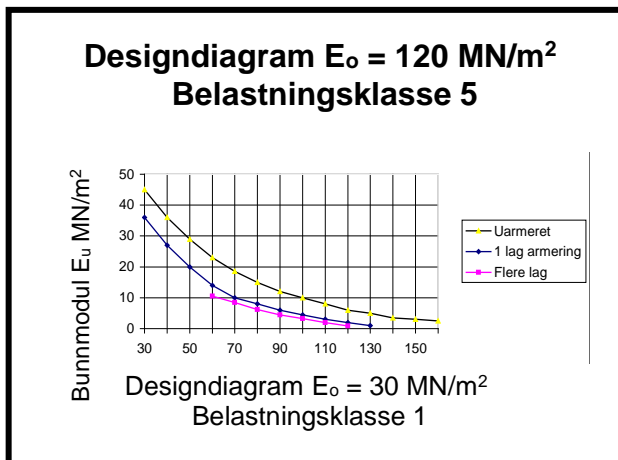


Diagram 5 – basert på bruk av GS-GRID B30/30
B40/40

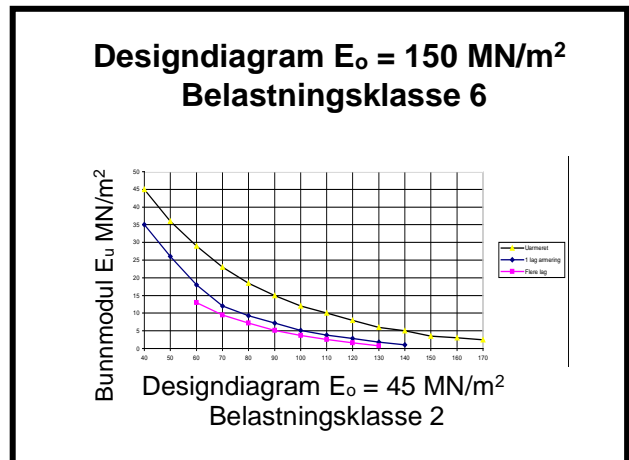


Diagram 6 – basert på bruk av GS-GRID

Eksempel 1 - Anleggsveier

Forutsetninger:

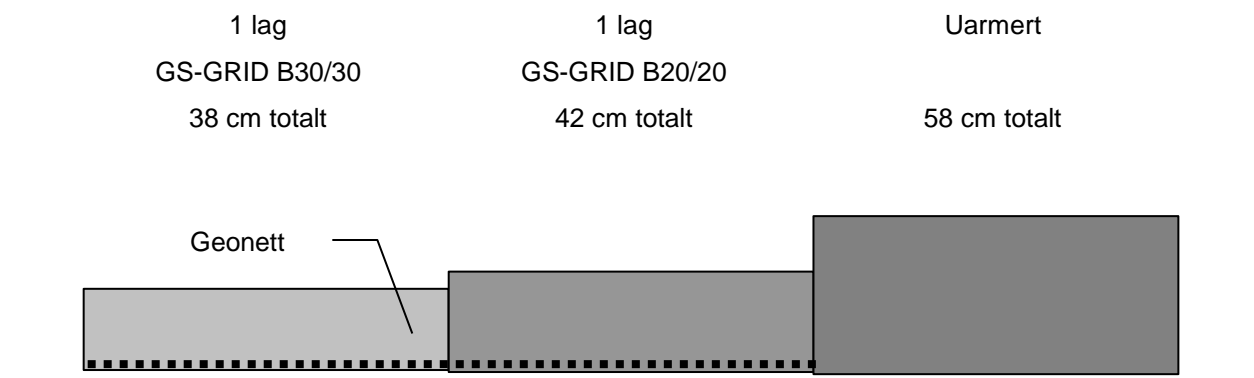
Anlegg av midlertidig anleggsvei på relativt slapp moreneleire – vingestyrken målt i området 40-50 kN/m². Veien skal fungere i en kortvarig periode for trafikk i forbindelse med transport av materialer. Det vurderes at det er behov for et overflatemodul tilsvarende ca. 30 MN/m². Det aksepteres løpende oppretting av veien, dersom belastningen måtte

forårsake uakseptabel sporkjøring. Som bærelag brukes 0-90 mm velgradert bunnsikring.

Diagram og inngangsverdi:

Designdiagram 1 - gjeldende for $E_o = 30 \text{ MN/m}^2$ - belastningsklasse 1, jf. figur 5. Vingestyrken målt i området 40-50 kN/m² – svarer til $E_u = 10 \text{ MN/m}^2$, jf. figur 3.

Avlest oppbygging jf. designdiagram 1:



NB! Ved endring fra GS-GRID B30/30 til GS-GRID B20/20 økes bærelaget med ca. 10%, jf. figur 7.

Eksempel 2 - Lagergulv

Forutsetninger:

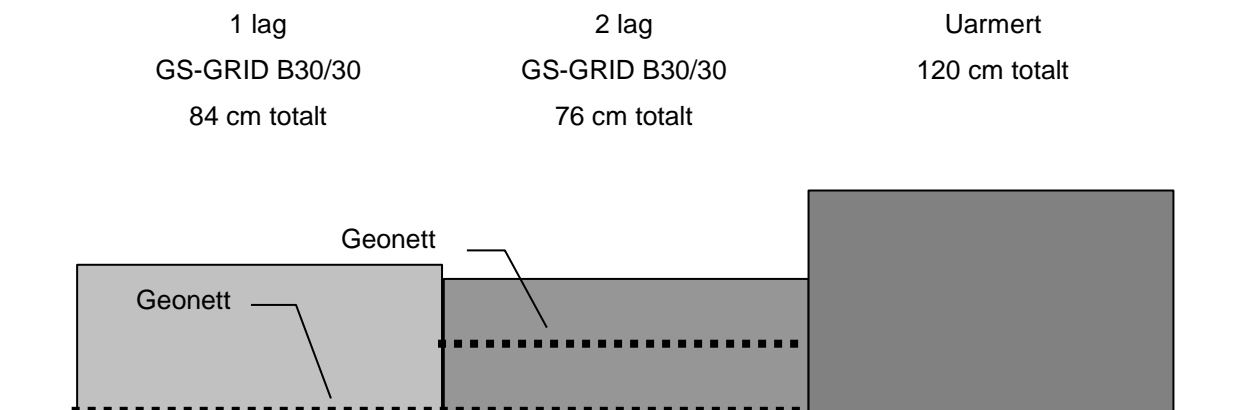
Etablering av lagerhall med flytende gulv på følsom moreneleire - ved platebelastning er målt E-moduler i råjordsplanum på ca. 5 MN/m². Det kreves et E-modul på 80 MN/m², målt på oversiden av det ubundne bærelaget. Som bærelag brukes 0-90 mm velgradert bunnsikring, samt

0-32 mm stabilgrus fordelt med 2/3 bunnsikring og 1/3 stabil.

Diagram og inngangsverdi:

Designdiagram 4 - gjeldende for $E_o = 80 \text{ MN/m}^2$ - belastningsklasse 4, jf. figur 5. $E_u = 5 \text{ MN/m}^2$

Avlest oppbygging jf. designdiagram 4:



Eksempel 3 – Tungt trafikkerte veier

Forutsetninger:

Etablering av tungt trafikkerte veier, tilsvarende belastningsklasse 6. Ved platebelastning er målt E-moduler i råjordsplanum på ca. 10 MN/m². Som bærelag anvendes 0-90 mm velgradert bunnsik

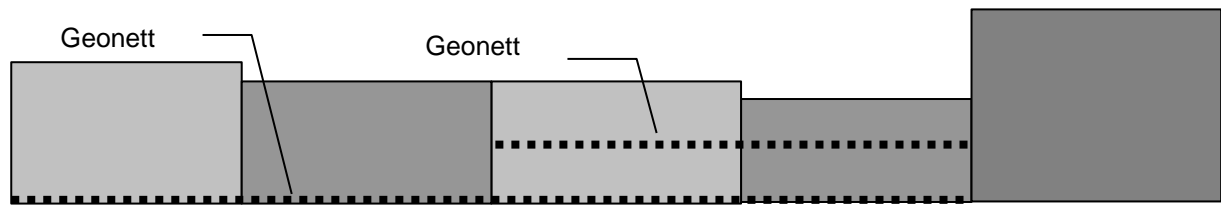
ring samt 0-32 mm stabilgrus fordelt med 2/3 bunnsikring og 1/3 stabil.

Diagram og inngangsverdi:

Designndiagram 5 - gældende for $E_o = 120 \text{ MN/m}^2$ - belastningsklasse 5, jf. figur 5.
 $E_u = 10 \text{ MN/m}^2$

Avlest oppbygging jf. designndiagram 6:

1 lag		1 lag		2 lag		2 lag		Uarmert
GS-GRID		GS-GRID		GS-GRID B30/30		GS-GRID B40/40		
B30/30L	77	B40/40L	70	GS-GRID		GS-GRID		110 cm totalt
cm totalt		cm totalt		B30/30L		B40/40L		
				70 cm totalt		63 cm totalt		



Referanser

1. Prof. Voss Tyskland (1961)
Beziehung zwischen E_{v2} -werten des Planums
under Oberkante einer unterschiedlich dicken
Frostschuttschicht aus Kiessand
2. J. P. Giroud, L. Noiray (1981)
Geotextile-Reinforced Unpaved Road Design
3. Dr. F. P. Jaecklin, Prof. R. Floss, Technische
Universität München, (1988)
"Methode zur Bemessung von Geotextilien im
Strassenbau auf besonders weichem
Undergrund"
4. Guy T. Houlsby & Richard A. Jewell (1990)
Design of reinforced unpaved roads for small
rut depths
5. Van Zanten, R. Veldhuijzen (1986)
"Geotextiles and geomembranes in civil
engineering"
6. Voskamp, Vim (1993)
"Geogrids in road design - towards generic
specifications"
7. DS 415, Fundering, februar 1984
8. A. Watn, H. Søgne, E. Emdal (1996)
Improvement of bearing capacity for traffic
areas on soft subsoil - Large scale laboratory
testing
9. Prof. Andrea Cancelli, Ing. Fillippo Montanelli
(1997) Full scale laboratory testing on
geosynthetics reinforced paved roads
10. Morten Vanggaard, Franck Geoteknik AS -
Pladebelastningsforsøg udført i perioden
august 1997 til juli 1999
11. Prof. Andrea Cancelli, Ing. Fillippo Montanelli
(1998) In-Ground Test for Geosynthetic
Reinforced Flexible Paved Road