

KRAV med RÅDSTEXT

TRVINFRA-00230

Version 1.0

Publiceringsdatum 2022-01-11

Geokonstruktion

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning



Trafikverkets infrastrukturregelverk

Trafikverket, 781 89 Borlänge

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-
123 50 00

[trafikverket.se](https://www.trafikverket.se)

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Innehållsförteckning

1	Syfte	7
2	Omfattning	8
3	Termer	9
4	Förkortningar och symboler	10
5	Styrande dokument.....	11
5.1	Myndighetsföreskrift.....	11
5.2	Europeiska beräkningsstandarder, Eurokod.....	11
5.3	Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten	11
6	Allmänna tekniska förutsättningar	12
6.1	Beständighet.....	12
6.1.1	Avsedd livslängd.....	12
6.1.2	Materialskiljande lager.....	12
6.1.3	Erosionsskydd	15
6.2	Dimensionering.....	22
6.2.1	Allmänt	22
6.2.2	Säkerhetsklass	23
6.2.3	Geoteknisk kategori	23
6.2.4	Geometriska data.....	24
6.2.5	Materialegenskaper	25
6.2.6	Laster.....	27
6.2.7	Varaktig och tillfällig dimensioneringssituation.....	32
6.2.8	Tillfällig konstruktion	42
7	Slänter och bankar	44
7.1	Jordslänter	44
7.1.1	Utformning.....	44
7.1.2	Dimensionering.....	45
7.2	Bergslänter	48
7.2.1	Utformning.....	49
7.2.2	Dimensionering	49
7.2.3	Utförande	50
7.3	Bankar	50
7.3.1	Underbyggnad av berg för väg.....	52

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

7.3.2	Underballast för järnväg.....	53
8	Underbyggnad och undergrund.....	54
8.1	Massutsiftning.....	54
8.1.1	Massutsiftning genom grävning och återfyllning	54
8.1.2	Massutsiftning genom nedpressning.....	56
8.1.3	Redovisning i bygghandling	59
8.2	Djupstabilisering.....	60
8.2.1	Stabilisering med kalk och cement	60
8.2.2	Material	61
8.2.3	Utformning.....	61
8.2.4	Dimensionering.....	63
8.2.5	Redovisning i bygghandling	74
8.2.6	Utförande och kontroll	74
8.3	Jordarmering i underkant av bank.....	75
8.3.1	Brottgränstillstånd.....	75
8.3.2	Bruksgränstillstånd	78
8.4	Grundläggning med lastreducerande material	78
8.4.1	Cellplast	78
8.4.2	Lättklinker.....	85
8.4.3	Skumglas.....	90
8.5	Vertikaldränering	94
8.5.1	Material	94
8.5.2	Utformning.....	94
8.5.3	Dimensionering.....	95
8.5.4	Redovisning i bygghandling	100
8.5.5	Utförande och kontroll.....	100
8.6	Förbelastning av väg på låg- och mellanförmultnad torv	101
8.6.1	Material	101
8.6.2	Utformning.....	101
8.6.3	Dimensionering.....	102
8.6.4	Utförande och kontroll.....	105
8.7	Lätt bankpålning med träpålar	105
8.7.1	Material	105

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

8.7.2	Utformning.....	106
8.7.3	Dimensionering.....	107
8.7.4	Redovisning i bygghandling.....	108
8.7.5	Utförande och kontroll.....	108
9	Grundkonstruktioner.....	110
9.1	Grundläggning av byggnadsverk.....	110
9.1.1	Grundläggning på fyllning.....	110
9.1.2	Fyllning mot bro.....	111
9.1.3	Minsta avstånd till tjällyftande jord för vägbroar.....	112
9.1.4	Minsta avstånd till tjällyftande jord för järnvägsbroar.....	113
9.1.5	Isolering med cellplast.....	113
9.2	Plattgrundläggning.....	113
9.2.1	Dimensionering brottgränstillstånd.....	113
9.2.2	Dimensionering bruksgränstillstånd.....	118
9.3	Pålgrundläggning.....	119
9.3.1	Dimensionering brottgränstillstånd.....	119
9.3.2	Dimensionering bruksgränstillstånd.....	124
9.4	Bankpålning.....	125
9.4.1	Utformning.....	125
9.4.2	Dimensionering.....	127
10	Stödkonstruktioner.....	137
10.1	Spont.....	137
10.1.1	Dimensionering.....	137
10.2	Slitsmur.....	139
10.2.1	Dimensionering.....	139
10.3	Sekantpålevägg.....	141
10.3.1	Dimensionering.....	141
10.4	Stödkonstruktion av armerad jord.....	143
10.4.1	Beständighet.....	143
10.4.2	Utformning.....	143
10.4.3	Dimensionering av jordarmerad stödmur.....	146
10.4.4	Dimensionering av brant slänt med jordspikning.....	152
10.4.5	Dimensionering av flack slänt med jordspikning.....	157

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

11	Referenser.....	159
A.	Bilaga A Bestämning av materialegenskaper hos jord.....	160
B.	Bilaga B Inblandning av kalk och cement	177

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

1 Syfte

Dokumentet ingår i Trafikverkets infrastrukturregelverk. Syftet med Trafikverkets infrastrukturregelverk är att beskriva de krav som ställs på infrastrukturanläggningens egenskaper och skötsel. Regelverk åberopas vid ny- och ombyggnation samt drift och underhåll, exempelvis vid planering, projektering, genomförande och förvaltning. Användare av regelverken är såväl Trafikverkets egen organisation som externa entreprenörer och leverantörer. För användning av regelverket krävs fackkunskap om det teknikområde och anläggningstyp som behandlas och om byggprocessens skeden och villkor.

Dokumentet innehåller krav med rådstext. Rådstexten anger information om hur krav kan uppfyllas eller verifieras.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

2 Omfattning

"Geokonstruktion, Dimensionering och utformning" anger krav avseende geoteknisk dimensionering och utformning av geokonstruktioner för vägar och järnvägar samt anordningar som hör till dessa. Kraven är avsedda att tillämpas vid nybyggnad, ombyggnad och annan ändring i enlighet med PBL Plan- och bygglag (2010:900).

Regler för geokonstruktioner består av två dokument: "Administrativa regler", TRVINFRA-00229 respektive "Dimensionering och utformning", TRVINFRA-00230 som gäller tillsammans.

Detta kravdokument baseras på de ursprungliga dokumenten enligt listan nedan och ersätter hela eller delar av dessa dokument:

- TK Geo version 2.0, TDOK 2013:0667
- TR Geo version 2.0, TDOK 2013:0668

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

3 Termer

Term	Definition
Geokonstruktion	Stödjande eller bärande konstruktion som antingen helt utgörs av jord eller berg eller vars funktion är beroende av omgivande jords eller bergs hållfasthetsegenskaper. (TNC 95)
Geoteknisk last	Last som överförs till bärverk från mark, vatten eller grundvatten. (SS-EN 1990 / SS-EN 1997-1)
Mark	Jord, berg och fyllning på platsen före utförande av byggnadsarbetena. (SS-EN 1997-1)

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

4 Förkortningar och symboler

Förkortning/Symbol	Definition
EQU	Brottgränstillstånd - förlorad statisk jämvikt för bärverket eller en del av det när det betraktas som en stel kropp.
STR	Brottgränstillstånd - inre brott eller för stor deformation av bärverket eller bärverksdelarna där hållfastheten hos bärverkets material är avgörande.
GEO	Brottgränstillstånd - brott eller för stor deformation i undergrunden där hållfastheten hos jord eller berg är av betydelse för bärverkets bärförmåga.
UPL	Brottgränstillstånd - förlorad jämvikt hos bärverk eller mark beroende på hydraulisk upptryckning (flytförmåga) eller andra vertikala krafter.
HYD	Brottgränstillstånd - bottenuppluckring, inre erosion och erosionskanaler (piping) orsakade av hydrauliska gradienter.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

5 Styrande dokument

5.1 Myndighetsföreskrift

K156636

För geokonstruktioner för vägar och järnvägar samt anordningar som hör till dessa ska ”Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder”, TSFS 2018:57, tillämpas.

Råd i Transportstyrelsens föreskrifter ska gälla som krav.

Om författning ställer strängare krav än föreliggande dokument ska författningens krav gälla.

För författningar hänvisas alltid till grundförfattningen. Vid tillämpningen ska alla författningar som är ändringsförfattningar till den angivna grundförfattningen gälla.

5.2 Europeiska beräkningsstandarder, Eurokod

K156639

SS-EN 1990 – SS-EN 1999 ska tillämpas för konstruktion och konstruktionsmaterial som de omfattar varvid nationella val som framgår av ”Transportstyrelsens föreskrift och allmänna råd om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder”, TSFS 2018:57, ska tillämpas.

Fullständiga beteckningar samt gällande utgåvor av SS-EN 1990 – SS-EN 1999 anges i TSFS 2018:57.

Hänvisningar till SS-EN 1990 – SS-EN 1999 ska läsas enligt följande:

- Med ”SS-EN 1990 – SS-EN 1999” avses samtliga standarder i Eurokodserien.
- Med beteckning för huvuddel, till exempel SS-EN 1992, avses samtliga standarder som hör till denna huvuddel.
- Vid hänvisning till specifik eurokoddel anges dess fullständiga standardbeteckning, till exempel SS-EN 1991-1-1.

5.3 Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten

K156641

Med hänvisning till AMA i detta dokument avses:

- AMA Anläggning 20

Ovanstående publikation ges ut av Svensk Byggtjänst och gäller med ändringar och tillägg enligt ”Trafikverkets ändringar och tillägg till AMA”, TDOK 2020:0245.

Där krav i AMA åberopas genom hänvisning till kod i AMA gäller även krav under överordnade koder och rubriker.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

6 Allmänna tekniska förutsättningar

6.1 Beständighet

6.1.1 Avsedd livslängd

K165493

Utformning med avseende på beständighet ska beakta de miljöer ett byggnadsverks delar är belägna i.

K165494

Dimensionering med avseende på beständighet ska beakta de miljöer ett byggnadsverks delar är belägna i.

K156649

För geokonstruktion som inte kan repareras eller bytas ut utan att järnvägstrafik påverkas ska avsedd livslängd sättas till minst 120 år.

För annan geokonstruktion ska avsedd livslängd sättas till minst 80 år om Trafikverket inte anger annat.

6.1.2 Materialskiljande lager

K157175

Materialskiljande lager i geokonstruktioner ska utgöras av jord eller geotextil.

K157176

Materialskiljande lager ska utformas så att:

- finmaterial förhindras att passera genom lagret
- portryck inte byggs upp intill lagret.

Råd

Materialskiljande lager bör användas då oönskad materialvandring mellan olika lager riskerar att påverka geokonstruktionens funktion under dess avsedda livslängd.

Materialskiljande lager bör övervägas då

$$\frac{d_{s,(\text{grövre material})}}{d_{p,(\text{finare material})}} > 4$$

och då varierande vattenytta förekommer t.ex. fluktuerande grundvattenytta.

Materialskiljande lager används vanligen på terrassytan för att åtskilja ett grövre material från ett finare material.

När jorden närmast under terrassytan består av grovkorniga jordarter behövs normalt inget materialskiljande lager.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

6.1.2.1 Lager av jord

K157179

Materialskiljande lager av jord eller krossmaterial ska bestå av material med sådan kornstorleksfördelning och lagertjocklek att det materialskiljande lagret av jord inte blandas med intilliggande jord.

K157180

Materialskiljande lager av jord ska utformas enligt Tabell K6.1-1.

Tabell K6.1-1. Utformning av materialskiljande lager av jord. C_U är graderingstalet d_{60} / d_{10} .

Övre material	Undre material	Läge	Materialskiljande lager av jord
Överbyggnad med $d_{30} > 1$ mm	Finkornig jordart med lerhalt $\leq 40\%$ och ensgraderad ($C_U < 5$)	Skärning samt låga bankar med nivåskillnad högst 1 m mellan terrassyta och omgivande markyta alt högsta högvattenyta	$\geq 0,3$ m materialskiljande lager av typ 2 enligt AMA 20 CEG.312
Överbyggnad med $d_{30} > 1$ mm	Övrig finkornig jordart eller blandkornig jordart med $C_U \leq 15$	Skärning samt låga bankar med nivåskillnad högst 1 m mellan terrassyta och omgivande markyta alt högsta högvattenyta	$\geq 0,2$ m materialskiljande lager av typ 1 enligt AMA 20 CEG.1
Underbyggnad av sprängsten eller mycket grovkornig jord, $d_{100} < 200$ mm	Finkornig jordart med $C_U \leq 15$	Närmare än 1,5 m från vägyta eller underkant slipers	$\geq 0,2$ m materialskiljande lager av typ 1 enligt AMA 20 CEG.1
Underbyggnad av sprängsten eller mycket grovkornig jord, $d_{100} > 200$ mm	Finkornig jordart med $C_U \leq 15$	Närmare än 2,5 m från vägyta eller underkant slipers	$\geq 0,3$ m materialskiljande lager av typ 1 enligt AMA 20 CEG.1
Underbyggnad med $d_{50} \geq 100$ mm	Blandkornig jordart eller finkornig jordart med lerhalt $< 40\%$	Brantare lutning än 1:2 och under högsta högvattenyta	$\geq 0,4$ m materialskiljande lager av typ 1 enligt AMA 20 CEG.1

6.1.2.2 Lager av geotextil

K157183

Materialskiljande lager av geotextil ska uppfylla Material- och varukrav enligt AMA 20 DBB.31.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K157184

Bruksklass hos materialskiljande lager av geotextil ska väljas med hänsyn till de material som ska separeras.

Lägsta tillåten bruksklass under fyllning/överbyggnad för vägar och järnvägar anges i Tabell K6.1-2.

Tabell K6.1-2. Lägsta tillåten bruksklass för geotextil under fyllning för vägar och järnvägar (DBB.3111 och DBB.3112).

Underliggande jord	Mekanisk påverkan ¹⁾	Fyllnadsmaterialets maximala kornstorlek, d_{max} (mm)			
		< 60	60 – 200	200 - 500	> 500
Pt, Gy och Cl, $c_u < 20$ kPa	Normala	N3	N4	N5	N5
	Gynnsamma	N3	N3	-	-
Cl, $c_u > 20$ kPa, Si, Sa, Gr	Normala	N3	N3	N3	N4
	Gynnsamma	N2	N2	-	-

¹⁾Normala: När minst två av följande förhållanden uppfylls:
 a) tung trafik under byggtiden
 b) krossat fyllnadsmaterial med skarpa kanter
 c) packning med tung vibrationsutrustning.
 Gynnsamma: Om endast ett av ovan nämnda förhållanden uppfylls och då fyllnadsmaterialets maximala kornstorlek är 200 mm.

Lägsta tillåten bruksklass under fyllning för grundläggning av bro anges i Tabell K6.1-3.

Tabell K6.1-3. Lägsta tillåten bruksklass för geotextil under fyllning för grundläggning av bro (DBB.3113).

Underliggande jord	Fyllnadsmaterial			
	Sprängsten enligt AMA 20 CEB.411	Sorterad sprängsten enligt AMA 20 CEB.412	Krossad sprängsten enligt AMA 20 CEB.413	Förstärkningslagermaterial enligt AMA 20 CEB.415.
Cl, $c_u < 20$ kPa	Ej aktuellt	Ej aktuellt	N3*	N4
Cl, $c_u > 20$ kPa, Si, Sa, Gr	N4	N4	N2*	N3

*Aktuellt enbart vid grundläggning av rörbroar.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

6.1.3 Erosionsskydd

6.1.3.1 Skydd mot ytvatten- och grundvattenflöde i slänt

K173134

Erosionsskydd mot ytvattenflöde ska dimensioneras och utformas med hänsyn till jordart, släntlutning, slänthöjd, vattenflödets storlek, grundvattennivå och klimatzon.

K212391

Erosionsskydd mot grundvattenflöde ska dimensioneras och utformas med hänsyn till vattenflödets storlek, utloppsområde samt materialets filterförmåga och dräneringsförmåga.

Råd

Jordslänt kan skyddas med jord- och krossmaterial, erosionsmattor, erosionsnät eller olika ingenjörsmatodologiska metoder.

Ingenjörsmatodologiska metoder innebär användning av växtmaterial med biotekniska egenskaper (t.ex. vegetativt förökningsbara växtarter) som förbättrar de markfysikaliska egenskaperna och stabiliserar slänter.

Ingenjörsmatodologiska metoder kräver ofta mycket skötsel.

Rekommenderad minsta omfattning på erosionsskydd i slänter med olika lutning och material ges i Tabell R6.1-1.

Tabell R6.1-1. Rekommenderad minsta omfattning på erosionsskydd för skärnings- och fyllningsslänter och naturliga slänter.

Materialtyp i slänt enligt Tabell AMA CE/1	Släntlutning och typ av skydd			
	<i>Naturliga slänter brantare än 1:1,7</i>	<i>Brantare än eller lika med 1:2, naturliga slänter flackare än 1:1,7</i>	<i>Brantare än 1:3, dock flackare än 1:2 för skärning och 1:1,5 för bank</i>	<i>Flackare än 1:3</i>
<i>2 Grovkorniga jordarter (ej med sand som huvudord)</i>	<i>Erosionsskydd erfordras inte.</i>	<i>Erosionsskydd erfordras inte.</i>	<i>Erosionsskydd erfordras inte.</i>	<i>Erosionsskydd erfordras inte.</i>
<i>2 Grovkorniga jordarter (med huvudord sand) 3B Blandkorniga jordarter med låg finjordshalt.</i>	<i>Krossmaterial alt. vegetation med kombinerad metod** alt. 3-dimensionell erosionsmatta med grässådd.</i>	<i>Krossmaterial alt. vegetation med stabiliserande* eller kombinerad metod**.</i>	<i>Grässådd alt. vegetation med stabiliserande* metod.</i>	<i>Grässådd.</i>

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

4A, 5A Blandkorniga jordarter med hög finjordshalt.	Val av erosionskydd bestäms i varje enskilt fall med hänsyn taget till klimatzon.	Krossmaterial alt. 3-dimensionell erosionsmatta.	Låg grundvattenyta: - Klimatzon 1-2: grässådd - Klimatzon 3-5: vegetation med stabiliserande metod* Hög grundvattenyta: Klimatzon 1-2: dräneringssystem med grässådd Klimatzon 3-5: krossmaterial.	Klimatzon 1-2: grässådd Klimatzon 3-5: vegetation med stabiliserande metod*.
4B Finkorniga jordarter med hög lerhalt.	Alla lutningar: Krossmaterial alt. grässådd ev. i kombination med erosionsmatta av naturfiber.			
* Stabiliserande metod innebär att orotade grenar eller plantor av vedartade växter används för att få en mer djupverkande effekt. ** Kombinerad metod innebär att vegetation kombineras med exempelvis gabioner eller stödmurar.				

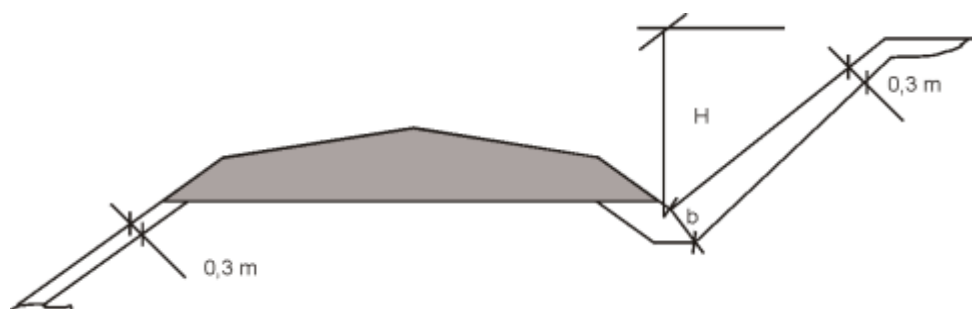
6.1.3.1.1 Erosionskydd av jord- och krossmaterial på jordslänt för väg

K157189

Erosionskydd av jord- och krossmaterial ska uppfylla "Material och varukrav" enligt AMA 20 DCK.2511.

K157190

Erosionskydd ska utformas enligt Figur K6.1-1 och Tabell K6.1-4.



Figur K6.1-1. Minsta tjocklek hos erosionskydd av jord- och krossmaterial på bank- resp. skärningslänt.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Tabell K6.1-4. Erosionsskyddets tjocklek vid slänthöjd, b (m) enligt Figur K6.1-1.

Slänthöjd, H (m)	Klimatzon		
	1 – 2	3 – 4	5
< 4	0,3	0,4	0,4
4 – 7	0,4	0,5	0,6
7 – 10	0,5	0,7	0,9
> 10	Utreds i varje enskilt fall		

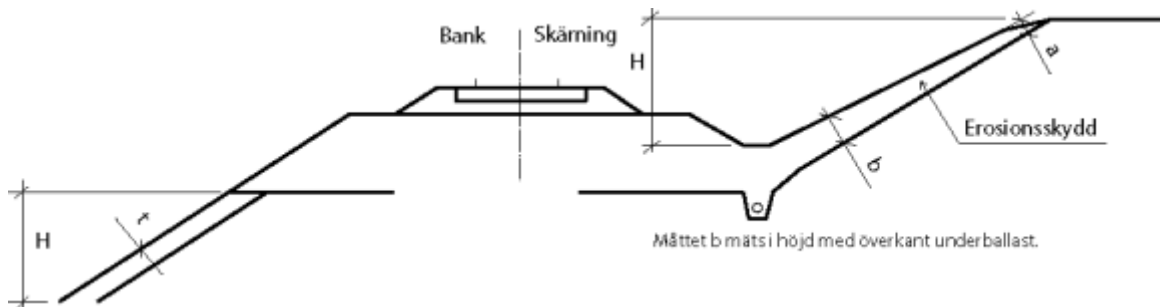
6.1.3.1.2 Erosionsskydd av jord- och krossmaterial på jordslänt för järnväg

K157199

Erosionsskydd av jord- och krossmaterial ska uppfylla "Material och varukrav" enligt AMA 20 DCK.2511.

K157200

Erosionsskydd på bank- och skärningsslänt ska utformas enligt Figur K6.1-2 och Tabell K6.1-5.



Figur K6.1-2. Utformning av erosionsskydd av jord- och krossmaterial på skärnings- och fyllningsslänt.

Tabell K6.1-5. Minsta tjocklek hos erosionsskydd på skärnings- och bankslänt med hänsyn till slänthöjd och klimatzon.

Minsta tjocklek på a, b och t						
Slänthöjd, H (m)		Klimatzon				
		1	2	3	4	5
0-3	a	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	b	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

	t	0,2	0,4	0,6	0,7	0,7
3-6	a	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
	b	0,4	0,5	0,8	0,8	0,9
	t	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9
6-9	a	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	b	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1
	t	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
>9	a	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
	b	0,6	0,9	1,1	1,2	1,3
	t	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1

6.1.3.1.3 Erosionsskydd av växter

K157204

Erosionsskydd av växter ska väljas med hänsyn till växtförhållanden, krav på tillväxthastighet, slitstyrka och estetik.

K222592

Erosionsskydd av växter ska ha ett rotsystem med sådan omfattning att det genom att binda yttjorden motverkar erosion.

Råd

Erosionsskydd av växter kan göras genom sådd eller plantering av ny vegetation eller återetablering av tillvaratagen markvegetation.

Erosionsmatta av naturfibrer eller syntetiska material kan användas för att skydda en släntyta tills den erosionsskyddande växtligheten har etablerats. Erosionsmatta väljs så att den bibehåller sin skyddande funktion tills dess att det erosionsskyddande vegetationsskiktet är fullt utvecklat och binder jorden med sitt rotsystem.

Befintlig vegetation bör bevaras i största möjliga mån, eftersom återetablering är kostsam och tidskrävande.

För att befintlig vegetation ska utgöra ett gott skydd bör:

- *plantorna ha stor biomassa*
- *markvegetationen vara heltäckande*
- *träbeståndet vara glest för att gynna buskar.*

Efter första växtsäsongen bör växtlighet som ej grott ersättas där erosionsskyddets funktion inte är tillfyllest.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K221285

Enbart vegetation som erosionsskydd får inte tillämpas på jord tillhörande tjälfarlighetsklass 4 eller i slänter brantare än 1:1,5.

K173143

Erosionsskydd av växter får inte användas i överbyggnadsslänter.

6.1.3.2 Skydd mot strömmande vatten

Förutsättning

Erosionsskydd dimensioneras och utformas enligt detta avsnitt under förutsättning att:

- släntlutningar över medelvattenytan flackare än 1:1,5, släntlutning under medelvattenytan flackare än 1:2 och medelvattenhastighet $v_{dim} \leq 2,5$ m/s
- släntlutningar under medelvattenytan är mellan 1:2 och 1:1,5 och medelvattenhastigheten $\leq 2,0$ m/s
- medelvattenhastigheten ≤ 2 m/s vid brogrundläggning
- vinkeln mellan ett brostöds längdaxel och strömningsriktningen är ≤ 15 grader vid brogrundläggning
- våg- eller propellererosion inte är dimensionerande
- erosionsskydd utgörs av jord- eller krossmaterial.

K157211

Krossmaterial ska ha en jämn gradering med en ”hängande” kornfördelningskurva utan partikelsprång. Kornen ska ha en så nära kubisk form som möjligt.

Råd

Största kornlängden bör inte vara större än tre gånger minsta tvärmått.

6.1.3.2.1 Kornstorlek och tjocklek hos erosionsskydd av krossmaterial

K157213

För att förhindra transport av bottenmaterial ska största stenstorlek bestämmas.

För konstruktioner i säkerhetsklass 1, SK1, ska största stenstorlek, D_{50} [m], vara:

$$D_{50} = 0,02 \cdot (1,35 \cdot v_{dim} / r_{\phi})^2$$

För konstruktioner i säkerhetsklass 2, SK2, ska största stenstorlek, D_{50} [m], vara:

$$D_{50} = 0,02 \cdot (1,5 \cdot v_{dim} / r_{\phi})^2$$

För konstruktioner i säkerhetsklass 3, SK3, ska största stenstorlek, D_{50} [m], vara:

$$D_{50} = 0,02 \cdot (1,65 \cdot v_{dim} / r_{\phi})^2$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

där

D_{50} är stenstorlek hos material som utgör 50% av kornfördelningen
 v_{dim} är dimensionerande medelvattenhastighet i vattendraget (m/s) enligt avsnitt 6.2.6.1.4.
 r_{ϕ} är en justeringsfaktor enligt Tabell K6.1-6 för erosionskydd av jord- och krossmaterial som funktion av släntlutning och friktionsvinkel hos erosionskyddet.

 Tabell K6.1-6. justeringsfaktor, r_{ϕ} , som funktion av släntlutning.

Släntlutning	ϕ'_{35°	ϕ'_{40°	ϕ'_{45°
Plan botten	1,0	1,0	1,0
1:3	0,8	0,85	0,9
1:2	0,65	0,7	0,8
1:1,5	-	0,5	0,6

Råd

Erosionskydd av krossmaterial kan antas ha friktionsvinkel 45° ovan vattenytan och 40° under vattenytan.

K157215

 För krossmaterial ska D_{100} sättas till 1,5 x D_{50} .

K157216

 För naturmaterial ska D_{100} sättas till 1,6 x D_{50} .

K157217

Vid skydd mot lokal erosion vid brostöd ska D_{100} fördubblas om erosionskyddets överyta ligger över vattendragets botten.

K157218

 Erosionskyddets tjocklek ska vara minst 2 x D_{100} , dock minst 0,5 m.

K157221

Max skillnad i stenstorlek i ett skikt ska vara 300 mm på grund av risk för materialseparation. Erfordras större sten så ska skyddet läggas i två eller flera skikt, med det grövre materialet ytterst.

Råd

Om erosionskyddet kommer utsättas för mycket stora iskrafter i klimatzon 4-5 kan detta beaktas genom att d_{100} ökas med 20 – 50 %.

K157223

Utförande och kontroll ska ske enligt AMA 20, DCK.252.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

6.1.3.2.2 Filterkriterier

K157225

För att förhindra uppbyggnad av höga portryck mellan material som ska skyddas och erosionsskydd ska erosionsskydd ha minst 10 gånger bättre permeabilitet jämfört med materialet som ska skyddas vilket medför att:

$$D_{15}/d_{15} > 4$$

D_{xx} avser korndiametern hos erosionsskyddet vid xx % passerande mängd vid siktning

d_{yy} avser korndiametern hos materialet som ska skyddas (bottenmaterialet) vid yy % passerande mängd vid siktning.

K157226

För att undvika transport av finmaterial genom erosionsskyddet ska

$D_{15}/d_{85} \leq 5$ och $D_{15}/d_{15} \leq 40$ när bottenmaterial utgörs av friktionsjord och

$D_{15}/d_{85} \leq 9$ och $D_{15} \leq 0,5$ mm när bottenmaterial utgörs av kohesionsjord.

D_{xx} avser korndiametern hos erosionsskyddet vid xx % passerande mängd vid siktning

d_{yy} avser korndiametern hos materialet som ska skyddas (bottenmaterialet) vid yy % passerande mängd vid siktning.

Alternativt får materialskiljande lager av geotextil med lägst bruksklass N3 enligt AMA 20 DBB.31 användas i kombination med att de finkornigaste fraktionerna i erosionsskyddet, < 63 mm, tas bort. Risken för att erosionsskyddet kan komma att glida på geotextilen ska beaktas.

6.1.3.2.3 Utbredning

K157228

Vid strömmande vatten ska erosionsskydd utföras till minst 0,3 m över högsta högvatten, HHW, där HHW bestäms med 10, 50 respektive 100 års återkomsttid för säkerhetsklasserna SK1, SK2 respektive SK3.

K157229

Vid strömmande vatten ska erosionsskydd utföras till minst 3 m utanför släntfot och kring brostöd.

Råd

Utsträckning av erosionsskydd i en kurva framgår av Figur R6.1-1.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

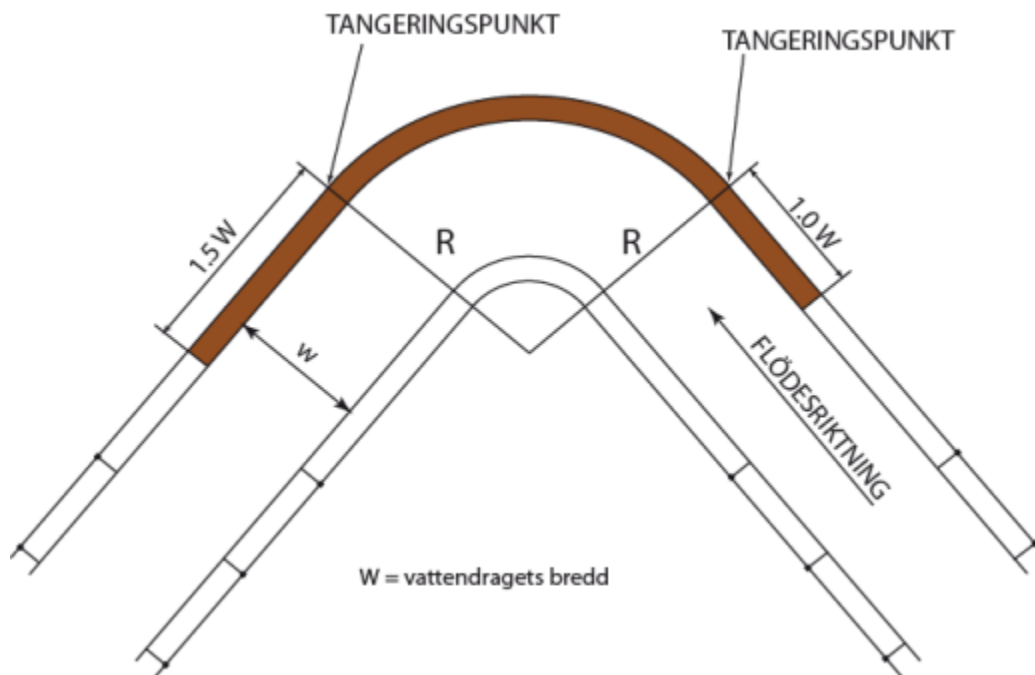
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur R6.1-1. Utsträckning av erosionsskydd i kurva

K157231

Erosionsskydd ska avslutas mot befintlig botten i lutning 1:3 eller flackare.

6.2 Dimensionering

6.2.1 Allmänt

K156653

Bärande system ska där inget annat anges dimensioneras enligt SS-EN 1990 - SS-EN 1999, se 5.2.1, med ändringar och tillägg enligt kap 6-10.

K156654

Laster och dimensioneringssituationer enligt SS-EN 1990 – SS-EN 1999 ska tillämpas med tillägg enligt föreliggande dokument.

K156655

SS-EN 1991-2, 6.6 ska tillämpas på bärverk som placeras intill spår.

K156656

Kraven för verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet förutsätter att krav på material, utförande och kontroll enligt AMA uppfylls för samtliga i konstruktionen ingående produktionsresultat.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K156657

Beräkningsmodell för bärande system ska avseende laster, geometri och deformationsegenskaper beskriva byggnadsverkets verkningssätt i sin helhet. Beräkningsmodell ska vara lämplig för det fenomen som studeras.

6.2.2 Säkerhetsklass

K156660

Indelning av byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser och säkerhetsindex ska göras i enlighet med ”Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av Eurokoder” (TSFS 2018:57) Avdelning I, 2 kap.

Råd

Säkerhetsklass beaktas i varje enskild dimensioneringssituation utifrån de förhållanden som råder.

En konstruktion eller konstruktionsdel kan alltså hänföras till olika säkerhetsklass i varaktig respektive tillfällig dimensioneringssituation.

K156661

Med tillägg till vad som anges i TSFS 2018:57 ska följande säkerhetsklasser tillämpas för varaktig dimensioneringssituation:

- geokonstruktion där stabilitetsbrott omfattar kvicklera ska hänföras till säkerhetsklass 3.
- järnvägsbank i bantyp 1 och 2 eller TSD-linjekategori P1-P5 och F1-F2 ska hänföras till säkerhetsklass 3.
- påverkar ett stabilitetsbrott annan byggnadsverksdel i högre säkerhetsklass ska den högre säkerhetsklassen tillämpas.

6.2.3 Geoteknisk kategori

K156663

Geokonstruktioner ska utifrån geoteknisk komplexitet och risk klassificeras i geoteknisk kategori enligt SS-EN 1997-1.

Råd

Geokonstruktioner hänförs normalt till Geoteknisk Kategori 2. Som ledning för klassificering i GK 1 eller GK3 kan Tabell R6.2-1 användas.

För att en geokonstruktion ska kunna hänföras till Geoteknisk kategori 1 bör samtliga kriterier för GK1 i tabellen vara uppfyllda. Uppfylls endast ett av kriterierna för GK3 i tabellen bör geokonstruktionen hänföras till Geoteknisk kategori 3.

Tabell R6.2-1. Faktorer påverkande Geoteknisk kategori

Faktor	GK1, Geoteknisk kategori 1	GK3, Geoteknisk kategori 3
--------	----------------------------	----------------------------

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Jord- och bergförhållanden	<p>Markförhållandena är, genom jämförbar lokal erfarenhet, kända för att vara tillräckligt okomplicerade.</p> <p>Risk för totalstabilitetsbrott eller markrörelser är försumbar.</p> <p>(Ex fast friktionsjord, packad fyllning, berg i kombination. Gynnsam geometri.)</p>	<p>Ovanliga eller Exceptionellt svåra markförhållanden föreligger.</p> <p>Sannolikt instabila områden eller områden med pågående markrörelser som kräver speciella åtgärder.</p> <p>(Ex förekomst av kvicklera, mycket brant terräng)</p>
Grundvattenförhållanden	<p>Grundvattnet påverkar ej geokonstruktionen.</p> <p>Risk för sänkning av grundvattennivån eller för annan påverkan på grundvattnet föreligger ej.</p>	<p>Risk för omfattande flytjordsfenomen föreligger.</p>
Bärverk	<p>Litet och relativt enkelt bärverk med måttlig omfattning.</p>	<p>Mycket stora eller ovanliga bärverk.</p> <p>Ovanliga eller Exceptionella lastförhållanden.</p>

6.2.4 Geometriska data

K156717

Nivå och lutning på markyta, grundvattennivå och fri vattenyta, gränssytor mellan olika lager, schaktnivåer och dimensioner på geotekniska bärlager ska behandlas som geometriska data.

K156718

Karaktäristiskt värde på grundvattennivå och fri vattenyta ska anges som uppmätt eller uppskattad övre eller undre nivå.

K156719

Dimensionerande vattennivå ska bestämmas med minst 50 års återkomsttid. För konstruktioner i SK3 ska vattennivå med minst 100 års återkomsttid användas.

Vattennivån HHW_{50} ska antas motsvara $G_{k,sup}$ och vattennivån LLW ska antas motsvara $G_{k,inf}$.

Råd

Nivå hos ytvatten kan bestämmas på grundval av observationer på platsen eller i närliggande observationspunkter i samma vattensystem.

Vattennivåer kan beräknas enligt TRVINFRA-00231.

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

6.2.5 Materialegenskaper

K222637

Materialegenskaper för jord och berg ska bestämmas utifrån provning, empiriska samband eller empiriska värden.

6.2.5.1 Indelning av jord- och bergmaterial

K156712

Identifiering, klassificering, benämning och beskrivning av jord ska överensstämma med SS-EN ISO 14688-1 och SS-EN ISO 14688-2.

Morän ska benämnas enligt T21:1982.

Benämning och indelning av berg ska överensstämma med SS-EN ISO 14689.

6.2.5.2 Bestämning av egenskaper genom provning

K222692

Fält- och laboratoriearbeten ska utföras enligt svensk standard. Saknas svensk standard ska SGF:s metodbeskrivningar användas. Provgropar ska utföras enligt VV Publ. 2006:59.

K222737

Provningsmetod ska väljas efter vilken egenskap som ska bestämmas.

Råd

Provningsmetoder för utvärdering av egenskaper i jord framgår av bilaga A.

Provningsmetoder för utvärdering av egenskaper i berg kan vara

- *okulärbesiktning (hällkartering),*
- *geofysiska metoder (refraktionsseismik, magnetisk mätning, resistivitetsmätning, elektromagnetisk mätning eller georadar),*
- *borrning (jordbergsondering, kärnborrning eller hammarborrning)*
- *vattenförlustmätning (spinnerflödesloggning, vattenförlustmätning eller provpumpning).*

6.2.5.3 Bestämning av egenskaper genom empiri

K222693

Empiriska samband och empiriska värden får endast tillämpas för jord med motsvarande bildningssätt och sammansättning.

Empiriska samband och empiriska värden får endast tillämpas så att beräkningar med empiriska värden, enskilt och i kombination, med tillräcklig tillförlitlighet ger resultat på säkra sidan.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

*Råd**Tillämpliga empiriska samband och empiriska värden för jord anges i bilaga A.***6.2.5.4 Karakteristiskt värde**

K222709

Valt värde för en egenskap ska väljas för varje enskilt dimensioneringsfall.

*Råd**Valt värde får antingen väljas ur ett statistiskt synsätt eller genom en grafisk sammanställning och en ingenjörsmässig värdering.**Den ingenjörsmässiga värderingen av valt värde bör minst beakta följande:*

- *geologisk information och annan bakgrundsinformation, t.ex. data från tidigare projekt*
- *spridningen hos de uppmätta egenskapsvärdena och annan relevant information, t.ex. empiri*
- *enskilda uppmätta egenskapsvärdens relevans för verifiering i det betraktade gränstillståndet.*

Hållfasthetsegenskaper hos berg bör bedömas utifrån bergkvalitet och förekomst, riktning och typ av

- *sprickor*
- *krosszoner*
- *och leromvandlat berg.*

K156714

Karakteristiskt värde för en egenskap ska bestämmas för varje enskilt dimensioneringsfall.

*Råd**Karakteristiskt värde kan anges som:*

$$X_k = \eta \cdot X$$

X är valt värde på egenskapen. *η är en omräkningsfaktor***Omräkningsfaktor***Omräkningsfaktorn η för hållfasthet väljs med avseende på:*

- *geologisk och annan bakgrundsinformation, t.ex. data från tidigare projekt*

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

- *spridningen hos de uppmätta egenskapsvärdena och annan relevant information, t.ex. empiri*
- *omfattningen av fält- och laboratorieundersökningar*
- *typ av och antal prover*
- *hur stor del av den aktuella jordvolymen som påverkar beteendet hos geokonstruktionen i det betraktade gränstillståndet*
- *geokonstruktionens förmåga att överföra laster från veka till fasta delar i marken.*

För övriga parametrar, exempelvis förkonsolideringstryck, modul och densitet sätts $\eta=1,0$.

För hållfasthet kan omräkningsfaktorn η beräknas som produkten av flera delfaktorer. Vid val av värden på delfaktorer kan IEG:s tillämpningsdokument användas som råd.

6.2.6 Laster

6.2.6.1 Permanent last

6.2.6.1.1 Egentyngd

Råd

Den sammanlagda egentyngden av bärande och icke bärande konstruktionsdelar bör i lastkombinationer betraktas som en enda last.

Egentyngd hos jord och berg bör beräknas utgående från nominella mått och karaktäristiska värden för tunghet.

6.2.6.1.2 Jordtryck

Råd

Jordtryck kan beräknas enligt bilaga C i SS-EN 1997-1.

Viljordtryck får uppskattas utifrån empiriska värden för vilojordtryckskoefficienten, K_0 , enligt Bilaga A.

6.2.6.1.3 Vattentryck

K156673

Vattentryck ska beräknas som permanent last med ett högt och ett lågt värde, $G_{k,sup}$ resp. $G_{k,inf}$

K156674

Torrskorpa ska förutsättas vara uppsprucken i sådan omfattning att vattentryck kan bildas i de fall detta är ogynnsamt.

Råd

Den teoretiska sannolikheten för att minst ett 50-årsvärde överskrids under en 50 års-period är ca 60 % och under en 100-årsperiod ca 90 %.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utföring

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Prognostisering av portryck kan utföras genom att jämföra egna observationsmätningar med närbelägna mätpunkter med lång tidsserie, t.ex. referensrör i SGU:s grundvattennät inom samma klimatzon och högst 50 km från observationspunkten, se Figur B.2-1.

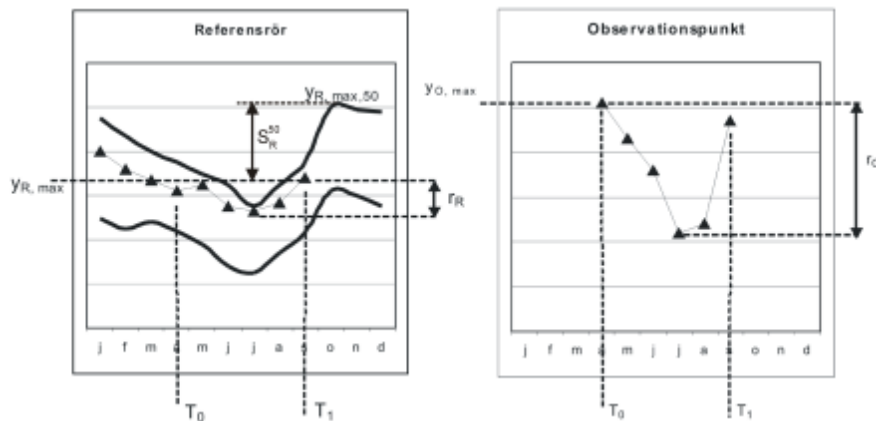
50-årsvärdet i observationspunkten, $Y_{O,max,50}$ beräknas som:

$$Y_{O,max,50} = Y_{O,max} + S_R^{50} \cdot \frac{r_0}{r_R}$$

$Y_{O,max}$ är maximal nivå i observationspunkten under observationstiden, T_0-T_1
 S_R^{50} är skillnaden mellan $Y_{R,max,50}$ (beräknat maxvärde för 50 års återkomsttid för referens-röret) och $Y_{R,max}$ (uppmätt maximal nivå i referensröret) under observationstiden T_0-T_1 .

r_0 är variationsbredden (maxvärde-minvärde) i observationspunkten under observationstiden T_0-T_1 .

r_R är variationsbredden (maxvärde-minvärde) i referensröret under observationstiden T_0-T_1 .



Figur R6.2-1. Benämningar för prognostisering av portryck.

6.2.6.1.4 Last orsakad av strömmande vatten

K156677

Dimensionerande vattenhastighet ska sättas till medelvattenhastigheten vid flöden med minst 50 års återkomsttid. I de fall konsekvenserna är betydande ska längre återkomsttid användas.

K156678

Vid ojämn flödesfördelning i vattendraget ska mest ogynnsamma medelvattenhastighet på aktuell del av vattendraget användas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

6.2.6.2 Variabel last

6.2.6.2.1 Trafiklast i varaktig dimensioneringssituation

K156681

Lastspridning ska beaktas med en elasticitetsteoretiskt baserad metod.

6.2.6.2.1.1 Trafiklast på vägar

K156684

Trafiklast ska placeras på hela vägytan, dvs. på både körbanor och vägren med oändlig utbredning i längdled.

K156685

Den karakteristiska ytlasten, q_k , för vägtrafik ska sättas till 15 kN/m².

*Råd**Den karakteristiska ytlasten baseras på fordon med totalvikt upp till 74 ton.*

K156687

Den karaktäristiska ytlasten för GC-trafik, q_k , ska sättas till 5 kN/m².

K156682

Geokonstruktioner som ligger närmare vägens överyta än 1,5 m ska dessutom dimensioneras för 3/4 av enstaka last enligt avsnitt 12.3 TRVINFRA-00224.

6.2.6.2.1.2 Trafiklast av järnvägstrafik

K156689

Vid dubbelspår ute på linjen ska ett spår belastas med full trafiklast och det andra ska belastas med full trafiklast som får reduceras med 25 %.

K156690

Vid tre spår eller fler ska ett spår belastas med full trafiklast och ett spår ska belastas med full trafiklast som får reduceras med 25 %. För övriga spår ska trafiklasten sättas till 0.

K156691

Lasterna ska placeras på de spår där de har mest ogynnsam effekt.

K156692

Ett mötesspår ska belastas med full trafiklast, med eller utan dynamiskt tillskott beroende på om spåret dimensioneras för stillastående tågmöte eller tågmöte med fart.

K156693

Trafiklast på spår på stationer, bangårdar och uppställningsspår ska anpassas till verklig trafikering.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

6.2.6.2.1.2.1 Tåglast 1 – Jämnt fördelad långsträckt ytlast enligt LM71

Förutsättning

Tåglast 1 används som standardlast för vanliga dimensioneringssituationer som exempelvis stabilitetsberäkningar.

Tåglast 1 motsvarar en av lastkomponenterna i LM 71. Ett dynamiskt lasttillskott ingår i karakteristiskt värde för tåglast 1.

K156697

Tåglast 1 ska fördelas på 2,5 m bredd och antas ha oändlig utsträckning i längdled. Lasten angriper i nivå med underkant sliper.

K156698

Storleken på tåglast 1 framgår av Tabell K6.2-1.

Tabell K6.2-1. Tåglast 1

stax/stvm (största axellast/största vikt per meter)	Trafiklast kN/m ²	
	Karakteristiskt värde	Dimensionerande värde vid tillståndsbedömning
22,5/6,4 och 25/6,4	26	34
22,5/8 och 25/8	32	44
30/10	40	53
30/12	48	64

6.2.6.2.1.2.2 Tåglast 2 – Boggilast enligt LM71

Förutsättning

Boggilast används vid tredimensionell betraktelse där utbredningen av ett skred i plan är begränsad och kan förutses, till exempel vid kraftiga variationer i topografin såsom vid raviner eller schakter. Den används även för konstruktioner där boggilasten kan få inverkan, t.ex. trummor med liten jordtäckning eller spårnära spont.

Tåglast 2 motsvarar en av lastkomponenterna i LM 71. Ett dynamiskt lasttillskott ingår i karakteristiskt värde för tåglast 2.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

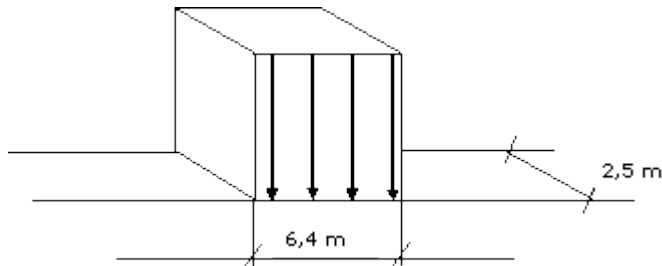
TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K156701

Tåglast 2 ska fördelas på 2,5 m bredd och 6,4 m längd enligt Figur K6.2-1. Lasten angriper i nivå med underkant sliper.



Figur K6.2-1. Lastfördelning Tåglast 2.

K156702

Storleken på tåglast 2 anges i Tabell K6.2-2

Tabell K6.2-2. Tåglast 2

Trafiklast stax	Trafiklast kN/m ²	
	Karakteristiskt värde	Dimensionerande värde vid tillståndsbedömning
22,5	56	74
25	62	83
30	75	99

6.2.6.2.1.2.3 Tåglast 3 – Stoppbock

Förutsättning

Tåglast 3 används vid dimensionering av grundläggning av stoppbock.

K156705

Tåglast 3 ska vara en horisontell kraft på 2000 kN som angriper 1,04 m över rälsens överkant.

6.2.6.2.1.2.4 Laster för spår vibrationer vid tågpassage i höga hastigheter

K156707

Vid tillståndsbedömning ska den aktuella karakteristiska axellasten eller boggilasten användas. Lasten ska antas angripa vid rälsens överkant.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

6.2.6.2.1.2.5 Reduktion av dynamiskt lasttillskott vid låga hastigheter

K156709

Vid dimensionering på järnvägar med hastigheter < 70 km/h får inverkan av dynamiskt tillskott reduceras med en reduktionsfaktor, enligt Tabell K6.2-3, som multipliceras med den dimensionerande lasten för tåglast 1 eller tåglast 2.

Tabell K6.2-3. Reduktionsfaktorer för inverkan av dynamiskt tillskott.

Hastighet v (km/h)	Tåglast 1 och 2
$v \geq 70$	1,0
$40 \leq v < 70$	0,92
$v < 40$	0,83

6.2.6.2.2 Trafiklast i tillfällig dimensioneringssituation

K222815

I tillfällig dimensioneringssituation får trafiklast ansättas till den verkliga trafiklast som kan uppkomma under den avsedda livlängden.

6.2.7 Varaktig och tillfällig dimensioneringssituation

6.2.7.1 Brottgränstillstånd

Råd

Statisk jämvikt enligt EQU behöver normalt endast verifieras vid grundläggning med plattor på mycket fast jord och berg.

Råd

Partialkoefficienter för laster vid verifiering av bottenuppluckring, inre erosion och erosionskanaler enligt HYD behandlas som för UPL.

6.2.7.1.1 Dimensionerande värde materialegenskaper

Råd

När ett lågt värde på en materialegenskap är dimensionerande, uttrycks dimensionerande värde för materialegenskapen, X_{dim} som:

$$X_{dim} = \frac{X_k}{\gamma_M}$$

X_k är karakteristiskt värde för materialegenskap för ett givet dimensioneringsfall.

γ_M är partialkoefficient för materialegenskap och väljs enligt tabell 38.3 i 38 kap, 6 § i TSFS 2018:57 för vägar och järnvägar, vilket innebär 1,3 för dränerad skjuvhållfasthet (c' och $\tan \phi'$) och 1,5 för odränerad skjuvhållfasthet (c_u).

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Om ett högt värde är dimensionerande multipliceras istället det karakteristiska värdet X_k med partialkoefficienten, γ_M .

Normalt är ett lågt värde dimensionerande. Ett högt dimensionerande värde på materialparametern är aktuellt om det verkar som en gynnsam last, exempelvis då viljordtryck är mothållande multipliceras friktionsvinkeln med partialkoefficienten, eftersom $K_0 = 1 - \sin \phi$ för en hög friktionsvinkel blir mindre än för en låg.

Råd

Effektivspänning i jord beräknas på basis av dimensionerande vattentryck och jordens tunghet.

6.2.7.1.2 Dimensionerande geoteknisk last

Förutsättning

Med geoteknisk last avses sådana laster som överförs från eller via jord, berg och vatten till en konstruktion. Andra laster än geotekniska laster benämns som konstruktionslaster.

K222827

DA3 ska tillämpas för brottgränstillstånd GEO.

K221561

Följande laster ska vid geoteknisk dimensionering (brottngränstillstånd GEO) betraktas som geotekniska laster:

- egentyngd av jord
- jordtryck inklusive vattentryck förorsakat av egentyngd av jord eller rörelse från konstruktionsdel
- Skjuvkrafter orsakade av jordsrörelser.

Råd

Geoteknisk last vid ogynnsamma lastsituationer uttrycks som

$$\gamma_{G,g} \cdot G_{kj} + \gamma_{Q,g} \cdot Q_k$$

$\gamma_{G,g}$ är partialkoefficient för permanent geoteknisk last och sätts till 1,1. γ_d

$\gamma_{Q,g}$ är partialkoefficient för variabel geoteknisk last och sätts till 1,4. γ_d

γ_d är partialkoefficient för säkerhetsklass:

G_{kj} är permanent ogynnsam last, t.ex. egentyngd.

Q_k är variabel ogynnsam last, t.ex. trafiklast.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

6.2.7.2 Bruksgränstillstånd

K156727

Dimensionering med avseende på deformationer och spår vibrationer ska utföras med materialegenskaper enligt avsnitt bilaga A.

Råd

För bruksgränstillstånd gäller att γ_M och γ_F är 1,0.

6.2.7.2.1 Sättningar

K156730

Dimensionerande sättningar ska beräknas för konstruktionens avsedda livslängd.

K156731

Dimensionerande sättningar för vägar och järnvägar ska utgå från projekterad profil och beräknas för en dimensioneringsperiod av 40 år.

K156732

Hänsyn ska tas till kryp- och konsolideringssättningar i undergrund och deformationer i underbyggnad.

Råd

För att klara projekterad profil med avseende på sättningar kan överhöjning av profilen tillämpas. Profilen får som mest höjas lika mycket som storleken på tillåten totalsättning, förutsatt att kraven på differenssättning och sättning i tvärled uppfylls.

Om underbyggnaden byggs upp av lager av jord för vilka liggtid föreskrivs medför kraven på största godtagbara sättningsskillnad i längdled att jordlagren kan behövas spetsas ut. En sådan utspetsning dimensioneras separat.

Hänsyn till krypning behöver normalt inte tas vid:

- *fridrainerande jord ($d_{10} > 0,01$ mm)*
- *belastningsnivå högst 80 % av förkonsolideringsspanningen*
- *lågformulnad torv med mäktighet högst 3 m på drainerande jord.*

Beräkning med metod som tar hänsyn till krypning kan utföras enligt SGI Information 13 eller "Claesson P 2003".

Dimensioneringsperioden ska vid nybyggnad och ombyggnad börja vid vägens eller järnvägens färdigställande. Dimensionerande totalsättning och sättningsskillnad i längd- och tvärled ska dels uppfylla krav på tillåtna sättningar relaterade till själva anläggningen med dess geometri, avvattning och uppbyggnad etc., dels uppfylla krav från omgivningen i form av t.ex. annan infrastruktur.

Vid sättningsdimensionering ska inverkan av grundvatten- och portrycksförändringar beaktas i form av medelvärden. Lastspridning ska beaktas med en elasticitetsteoretiskt baserad metod. Trafiklast ska inte beaktas vid sättningsberäkningar. Risken för omlagring till följd av vibrationer ska beaktas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

6.2.7.2.1.1 Vägbankar

Förutsättning

Krav på totalsättning och sättningskillnaden hos vägbanan i vägens tvärled och längdled baseras på att funktionen på avvattning och vägutformning säkerställs.

Kraven i längdled, som är baserade på maximal vertikalacceleration, påverkar trafiksäkerhet och komfort.

I tvärled avser kraven trafiksäkerhet kopplat till avvattning.

K156736

För cykelvägar ska sättningskraven för hastighet ≤ 30 km/h användas.

6.2.7.2.1.1.1 Totalsättning

K156738

Tillåten totalsättning i enskild sektion för vägar med olika referenshastighet anges i Tabell K6.2-4.

Tabell K6.2-4. Tillåten totalsättning, s vid olika referenshastighet.

Referenshastighet (km/h)	Tillåten totalsättning, s (cm)
≤ 30	40
40-90	35
100-120	30

6.2.7.2.1.1.2 Sättning i tvärled

K156740

Tillåten tvärfallsavvikelse till följd av sättning anges i Tabell K6.2-5.

Tabell K6.2-5. Största tillåtna tvärfallsavvikelse hos vägbanan till följd av sättning.

Referenshastighet (km/h)	≤ 30	40 – 90	100 – 120
Tvärfallsavvikelse (%)	1,2	1,1	1,0

K156741

Vid bro är tillåten tvärfallsavvikelse 0 % i direkt anslutning till bron och ökar sedan linjärt till värdena i Tabell K6.2-6 inom en övergångssträcka enligt Tabell K6.2-6.

Tabell K6.2-6. Minsta övergångssträcka för tvärfallsavvikelse vid bro.

Referenshastighet (km/h)	Minsta övergångssträcka (m)
--------------------------	-----------------------------

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

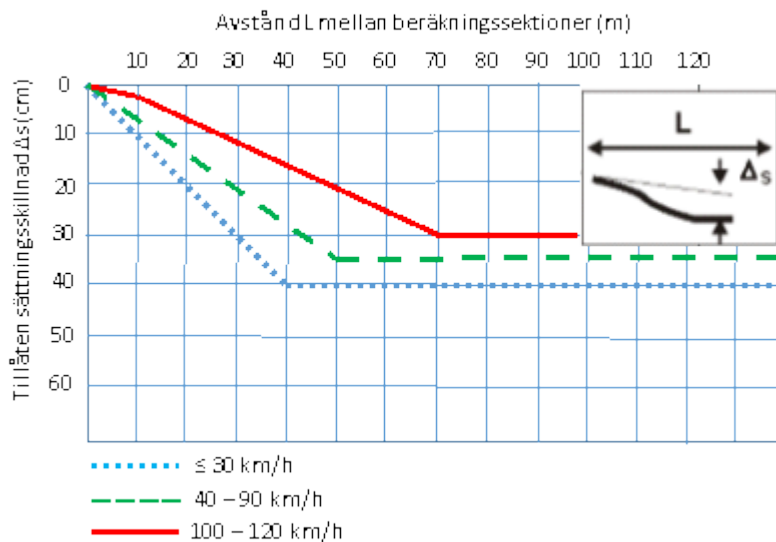
1.0

≤30	20
40 – 90	30
100 – 120	50

6.2.7.2.1.1.3 Sättning i längdled

K156743

Sättningskillnad i längdled ska beräknas som differensen mellan två sektioner på sträckan L. Tillåten sättningskillnad anges i Figur K6.2-2.



Figur K6.2-2. Tillåten sättningskillnad i längdled.

6.2.7.2.1.2 Järnvägsbankar

Förutsättning

Sättningskraven utgår från kraven på spårläge och spårgeometri.

Sättningskraven innebär att normalt underhåll behöver ske, exempelvis i form av spårjusteringar.

För höghastighetsbanor och ballastfria spårlosningar återfinns kraven i Trafikverkets Tekniska Systemkrav, Nya stambanor.

6.2.7.2.1.2.1 Totalsättning

K156745

Totalsättning ska beräknas i spårmitt.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K156748

Tillåten totalsättning i enskild sektion för järnvägar med olika största tillåten hastighet (sth) anges i Tabell K6.2-7.

Tabell K6.2-7. Tillåten totalsättning, s vid olika sth.

sth (km/h)	Tillåten totalsättning, s (cm)
≤40	30
40<sth≤80	25
80<sth≤120	20
120<sth≤160	20
160<sth≤200	20
200<sth≤250	20

6.2.7.2.1.2.2 Sättning i tvärled

K156750

Största tillåten snedsättning i tvärled är 1 %. Snedsättning ska bestämmas som lutningen mellan beräknad sättning i två punkter belägna på ömse sidor om spåret.

K156751

Vid bro är tillåten snedsättning 0 % i direkt anslutning till bron och ökar linjärt till 1 % inom en övergångssträcka på 50 m.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

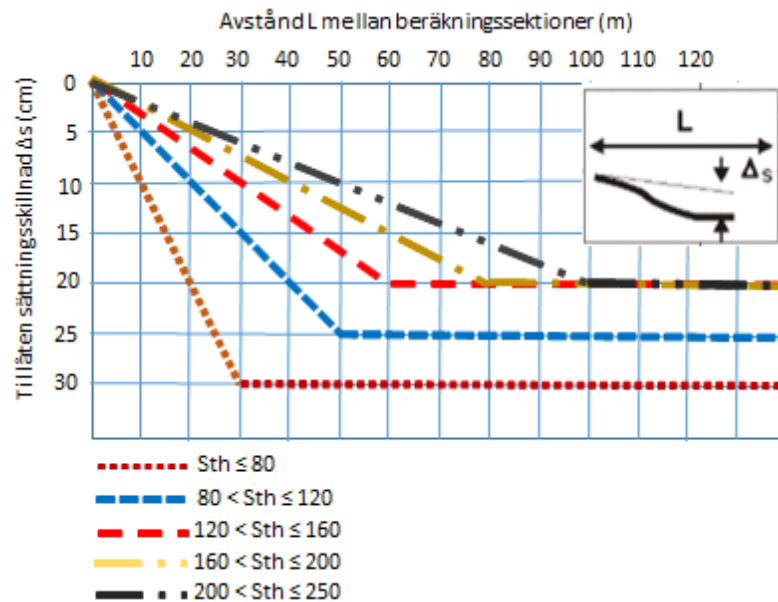
Ej känslig

1.0

6.2.7.2.1.2.3 Sättning i längdled

K156753

Sättningskillnad i längdled ska beräknas som differensen mellan sättning i spårmittpå mellan två sektioner på avståndet L . Tillåten sättningskillnad anges i Figur K6.2-3.



Figur K6.2-3. Tillåten sättningskillnad i längdled.

6.2.7.2.1.2.4 Kontaktledningsfundament

K156755

Tillåten sättningskillnad mellan kontaktledningsfundament och närliggande spår är +/- 0,10 m.

6.2.7.2.2 Verifiering

K156757

En sättningsprognos ska upprättas för hela dimensioneringsperioden. Prognosen ska redovisas grafiskt.

K156758

Sättningar i byggskede såväl utan som med eventuella förstärkningsåtgärder ska dokumenteras. Sättningar med och utan krypning samt med hänsyn till pågående sättningar ska redovisas.

I spänningsdiagram ska följande redovisas:

- effektiv vertikalspänning, $\sigma'0$
- förkonsolideringstryck, $\sigma'C$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

- gränsspänning, $\sigma'L$
- tillskottsspänning.

Råd

Uppföljning görs mot prognosticerade sättningar och därför bör kontrollprogram kompletteras med prognosticerade värden. Det bör övervägas om det är lämpligt att komplettera kontrollprogram med toleranser på den prognosticerade sättningen.

Prognosticerade sättningar och deformationer följs upp genom mätning under byggtid, garantitid och drifttid. Prognos tillsammans med i byggskedet uppmätta sättningar, i form av graf och tabell, överförs vid överlämning av anläggningen.

$$s = \alpha \log t$$

Prognostisering av sättningsförloppet kan göras med kurvanpassning av uppmätta sättningar. Något av följande samband kan vara lämpliga:

$$s = \alpha \sqrt{t}$$

$$s = \frac{t}{(a + (b \times t))}$$

$$s = c + d(t - \Delta t)$$

t är tid.

Δt är tidsintervallet mellan mättillfällena.

a och b är regressionskonstanter.

c och d är variabler.

I tredje ekvationen ovan ska Δt hållas konstant och då plottas sättning för t mot sättning för $t - \Delta t$. Slutsättningen uppnås då c blir 0 och d blir 1.

6.2.7.2.3 Markvibrationer pga tågpassage i höga hastigheter

Förutsättning

Mycket kraftiga markvibrationer kan uppkomma i jord med låg styvhet, exempelvis lös lera eller organisk jord, vid tågpassage i höga hastigheter, s k höghastighetsfenomen.

Markvibrationerna beror på förhållandet mellan tågets hastighet och skjuvvågshastigheten i överbyggnad, underbyggnad och undergrund. När tågets hastighet närmar sig eller sammanfaller med skjuvvågshastigheten fås en kraftig förstärkning av rörelserna.

K156762

Vid nybyggnad av järnväg med $s_{th} > 160$ km/h eller uppgradering av befintlig järnväg till $s_{th} > 160$ km/h ska en bedömning om risk för höghastighetsfenomen föreligger.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

Vid bedömningen bestäms jordens skjuvvågshastighet med empiriska samband, c_s , empiri, eller med mätningar under pågående trafik, c_s , uppmätr. Bestämning genom mätning görs med mellanhålsseismik (cross-hole metoden) eller seismisk CPT. Undersökningsdjupet bör sträcka sig till ca 10 m djup under markytan.

Risk för höghastighetsfenomen föreligger när

$$Sth \geq c_s \text{ empiri} / 1,5 \text{ eller}$$

$$Sth \geq c_s \text{ uppmätr} / 1,4$$

K156765

Om risk för höghastighetsfenomen föreligger ska verifieras att

- $sth < C_d \cdot c_{cr}$ (största tillåten hastighet ska vara mindre än produkten av faktorn C_d som tar hänsyn till detaljeringsgraden i utredningen och den kritiska hastigheten, c_{cr})
- Tillåten vertikal förskjutning vid underkant sliper ej överskrids.

För befintlig järnväg får verifiering alternativt göras genom vibrationsmätningar i fält under pågående trafik.

Råd

Trafikverket avgör största tillåten vertikal förskjutning i varje enskilt fall.

Råd

Vibrationsmätning under pågående trafik utförs med geofoner eller accelerometrar. Geofoner ska ha tillräckligt låg egenfrekvens så att frekvenser ned till ca 2 Hz kan mätas korrekt.

Vibrationsmätning bör utföras nära spåret, lämpligen på ca 3 m avstånd från spårmittpunkt. Förskjutningsamplituden under pågående trafik i dimensionerande hastighet mäts.

Spårstyvhet kan studeras genom provkörningar med exempelvis RC-lok eller genom mätningar med belastningsmätvagn (RSMV).

För befintlig järnväg föreligger inte höghastighetsproblem om mätningar vid befintlig trafik eller provkörningar i dimensionerande hastighet visar på:

- Mätresultat som inte visar någon hastighetsberoende ökning av förskjutningsamplituden.
- Vertikala förskjutningar under rådande förhållanden (dimensionerande sth, jordlagerföljd etc.) som bedöms vara acceptabla.

6.2.7.2.3.1 Bestämning av kritisk hastighet, ccr

6.2.7.2.3.1.1 Bestämning av jorddynamiska egenskaper

K156769

Vid en dynamisk analys ska följande egenskaper bestämmas:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

- banöverbyggnadens egenskaper i form av spårläge, styvhet och tunghet
- banunderbyggnadens egenskaper i form av styvhet, geometri, tunghet och materialdämpning
- undergrundens egenskaper i form av styvhet, geometri, tunghet och materialdämpning som funktion av djupet.

Råd

Styvhet bestäms genom mätning av skjuvvågshastigheten. Styvhetstillväxt som erhållits sedan järnvägen anlades bör beaktas.

Tunghet bestäms genom provning eller erfarenhetsvärden.

Bankroppens geometri mäts i fält.

Materialdämpningen kan vanligtvis försummas.

Styvhet och tunghet hos banöverbyggnad påverkas av rälstyp, typ av sliper och sliperavstånd och ballastens tjocklek.

Den initiella skjuvmodulen, G_0 , kan bestämmas med hjälp av skjuvvågshastigheten. Skjuvmodulen får bestämmas empiriskt. Skjuvmodulen och dess beroende av deformationsamplituden i bankropp och undergrund är den viktigaste styrande egenskapen vid utvärdering av höghastighetsfenomen.

Spårläget bedöms i förhållande till intilliggande sträckor genom utvärdering av spårlägesdiagram från t.ex. mätvagn STRIX.

6.2.7.2.3.1.2 Beräkningsmodeller

K156771

Vid simulering av rörlig tåglast ska ett tågset med en last enligt avsnitt 6.2.6.2.1.2.4 användas. Järnvägen ska dimensioneras så att villkoren i avsnitt 6.2.7.2.1.2 uppfylls.

Råd

Kritisk hastighet får bestämmas genom

- *beräkning av vågutbredningshastigheten i en 2D-modell*
- *beräkning av vågutbredningshastigheten i 3D-modell*
- *beräkning av vågutbredningshastigheten i 3D-modell med rörlig last simulerande relevanta tågset.*

6.2.7.2.3.2 Bestämning av faktorn C_d

K156773

Faktorn C_d ska bestämmas av utredningsnivån vid bestämning av kritisk hastighet respektive jordodynamiska egenskaper enligt Tabell K6.2-8, Tabell K6.2-9 och Tabell K6.2-10.

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Tabell K6.2-8. Utredningsnivåer för bestämning av jorddynamiska egenskaper.

Utredningsnivå	Bestämning av jorddynamiska egenskaper (skjuvvågshastighet c_s , initiell skjuvmodul G_0 , skjuvmodul G)
A1	Jorddynamiska egenskaper bestäms utifrån konventionella geotekniska undersökningar och empiriska samband enligt Bilaga 1.
A2	Skjuvvågshastigheten i undergrunden bestäms genom mätningar in situ. I övrigt enligt A1.
A3	Skjuvvågshastigheten i undergrunden bestäms genom mätningar in situ och skjuvmodulens deformationsberoende bestäms i laboratorium.

Tabell K6.2-9. Utredningsnivåer för bestämning av kritisk hastighet.

Utredningsnivå	Bestämning av kritisk hastighet
B1	Kritisk hastighet bestäms genom beräkning av vågutbredningshastigheten i en 2D-modell.
B2	Kritisk hastighet bestäms genom beräkning av vågutbredningshastigheten i en 3D-modell.
B3	Kritisk hastighet bestäms genom beräkning av vågutbredningshastigheten i en 3D-modell samt med rörlig last simulerande relevanta tågset.

 Tabell K6.2-10. Faktorn C_d

Utredningsnivå	A1	A2	A3
B1	0,50	0,55	0,60
B2	0,55	0,60	0,65
B3	-	0,65	0,70

Faktorn C_d får ökas om en detaljerad 3D-analys med rörlig last simulerande relevanta tågset visar begränsade deformationer < 2 mm.

6.2.8 Tillfällig konstruktion

Förutsättning

Med tillfällig konstruktion avses konstruktion som ska användas endast en gång och under högst tre år.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K156779

För konstruktion som omfattas av föreliggande dokument och är tillfällig ska krav enligt kap 6-10 tillämpas med de ändringar och tillägg som anges i 6.2.8.

K221391

En tillfällig konstruktion får dimensioneras för de verkliga trafikklaster på väg eller järnväg som kan uppkomma under den tillfälliga konstruktionens avsedda livslängd.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

7 Slänter och bankar

7.1 Jordslänter

Förutsättning

Med jordslänter avses:

- *slänter i skärningar och bankar*
- *naturliga slänter.*

7.1.1 Utformning

K157071

Jordslänt ska utformas så att slänten blir stabil och att skjuvrörelser i form av krypning inte uppstår.

Råd

I skärningsslänt i säkerhetsklass 1 utan grundvattenutflöde kan kraven på släntstabilitet och krypning anses uppfyllda om slänten utformas med brantaste släntlutning enligt Tabell R7.1-1.

Tabell R7.1-1. Brantaste släntlutning för skärningsslänt i mineraljordart i säkerhetsklass 1.

<i>Material</i>	<i>Brantaste släntlutning</i>
<i>Grov- och mycket grovkornig jord och blandkornig jord.</i>	<i>1:2</i>
<i>Finkornig jordart med lerhalt < 40 %</i>	<i>1:2,5</i>
<i>Finkornig jordart: lerhalt > 40 %, skärningsdjup < 5 m och skjuvhållfasthet > 25 kPa.</i>	<i>1:2</i>

K157072

Jordslänt ska utformas så att oacceptabla erosions-skador orsakade av ytvattenflöde, grundvattenutflöde, tjäle och strömmande vatten inte uppkommer.

Råd

För att förhindra erosions-skador av ytvattenflöde eller grundvattenutflöde kan erosionskänsliga slänter skyddas med erosions-skydd enligt avsnitt 6.1.3.1 eller genom att vatten leds bort från slänten via diken.

För att förhindra erosions-skador av strömmande vatten kan erosionskänsliga slänter skyddas med erosions-skydd enligt avsnitt 6.1.3.2.

Vid tillrinning av vatten från bakomliggande terräng och/eller utströmningsområde i eller nära slänten bör erosions-skydd kompletteras med lämplig avledning, t.ex. överdike.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

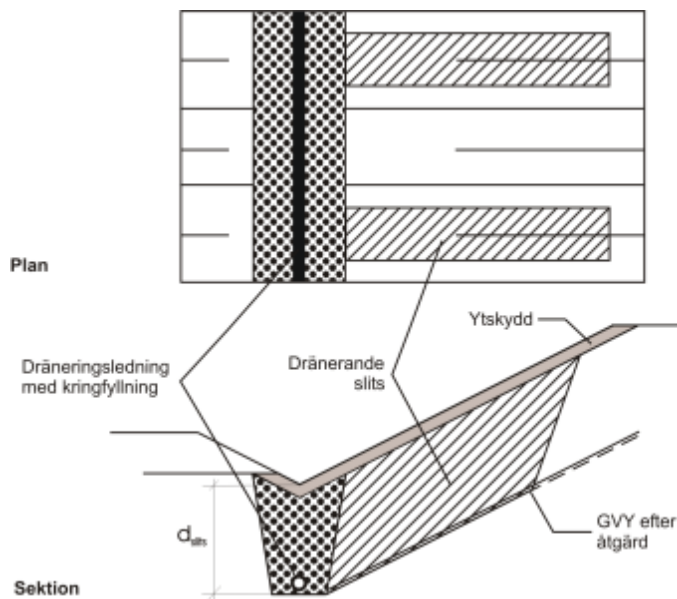
Om slänten är mer än 15 m lång och/eller har en slänthöjd större än 7 m kan avskärande diken eller dräneringssystem som avleder ytvatten i slänten behövas, oaktat andra åtgärder.

Råd

För att undvika erosionsproblem kopplade till tjäle kan vatteninnehållet i jorden minskas genom dräneringsåtgärder eller genom etablering av växtlighet.

Dränering kan utformas som ett ytskydd med filterverkan som kan kombineras med tvärgående dränerande slitsar, se Figur R7.1-1. Vid långa och branta slänter kan slitsarna placeras i ett fiskbensmönster.

Materialet hos dränerande slitsar bör uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CEC.3112. Slitsarnas djup, d_{slits} , bör inte understiga 1 m. Fria avståndet mellan slitsarna bör inte understiga $3 \cdot d_{slits}$. Slitsar bör inte läggas i brantare lutning än 1:1,5.



Figur R7.1-1. Skydd mot erosion i slänt med dränerande slitsar.

K157073

Slänter utanför väg- och järnvägsområdet ska skyddas mot erosion om skred i slänten kan påverka väg- eller järnvägskonstruktionen.

7.1.2 Dimensionering

K157151

Totalstabilitet och lokal släntstabilitet ska verifieras.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Råd

Vid tillgodoräknande av ändyteffekter i kohesionsjord enligt Skredkommissionens rapport "Anvisningar för släntstabilitetsutredningar" kan endast glidyteberäkning med karakteristiska värden med odränerad analys användas.

SBUF 13626 "Frischakt (släntschakt) i lös lera med nyttjande av "3D-effekten" innehåller kompletterande information.

Råd

Störst risk för skred i slänt intill vattendrag inträffar ofta i samband med snabb avsänkning av vattennivån i vattendraget.

K157152

Svaga skikt och deras inverkan på stabiliteten ska beaktas.

K157153

Beräkning ska utföras för alla kritiska glidytor, dvs. cirkulär cylindriska, plana och sammansatta, med odränerad och kombinerad analys. Glidyten får inte i någon del anta former som medför orimliga vinklar för skjuvplanet.

Råd

Med kombinerad analys avses en beräknad glidyta där det för varje del av glidyten väljs det alternativ med lägst värde av dränerad respektive odränerad hållfasthet.

Vid homogen lågpermeabel jord och laster med kort varaktighet är normalt inte kombinerad analys dimensionerande.

I stabilitetsprogram beräknas normalt endast cirkulär cylindriska glidytor varför plana glidytor lätt förbises. Speciellt bör beaktas att stabilitetsprogram med automatiska optimeringsfunktioner för att få en lägre säkerhetsfaktor kan medföra att glidyten antar orimliga former.

I de fall då den kritiska glidyten helt eller delvis kan löpa längs en gränssyta, t.ex. mellan jord och berg, kan särskilt risken för glidning i gränssytan behöva beaktas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

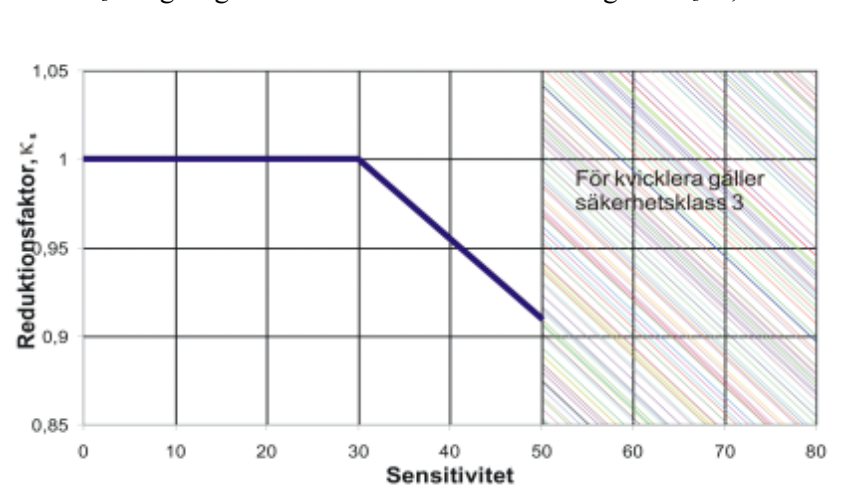
Ej känslig

1.0

7.1.2.1 Dimensionering med partialkoefficienter

K221275

Skjuvhållfasthet hos högsensitiva leror, $30 < S_t < 50$, ska i säkerhetsklass 2 reduceras med faktorn κ_s enligt Figur K7.1-1. För säkerhetsklass 3 gäller $\kappa_s = 1,0$.



Figur K7.1-1. Reduktionsfaktor κ_s för skjuvhållfasthet i säkerhetsklass 2 med hänsyn till sensitivitet.

K221480

Vid nyttjande av stabilitetsprogram utvecklade för totalsäkerhetsanalyser ska partialkoefficient för SK 2 användas vid bestämning av dimensionerande värde på laster och materialegenskaper, även för SK 1 och SK 3.

Lägsta godtagbara säkerhetsfaktor som erhålls med stabilitetsprogrammet, F_{EN} , anges i Tabell K7.1-1.

Tabell K7.1-1. Lägsta godtagbara säkerhetsfaktor, F_{EN} , vid beräkning med stabilitetsprogram utvecklade för totalsäkerhetsanalys.

Säkerhetsklass	F_{EN}
SK 1	0,90
SK 2	1,00
SK 3	1,10

7.1.2.2 Dimensionering med karakteristiska värden

K157156

Vid dimensionering med karakteristiska värden på laster och material ska totalsäkerhetsfaktorn mot stabilitetsbrott för den mest sannolika glidytan i jord minst uppgå till värden enligt Tabell K7.1-2.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

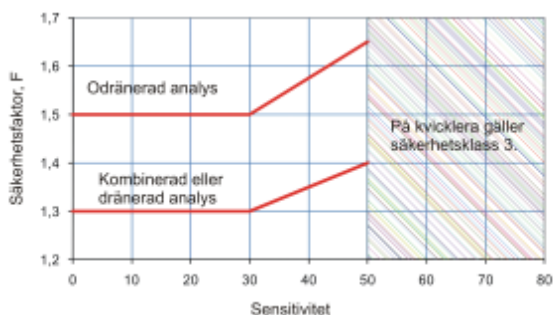
1.0

Tabell K7.1-2 Lägsta godtagbara totalsäkerhetsfaktor vid dimensionering med karakteristiska värden

Lägsta godtagbara totalsäkerhetsfaktor		
Odränerad analys, F_c	Kombinerad eller dränerad analys, F_{c0}	Säkerhetsklass
1,35	1,20	SK1
1,50	1,30	SK2
1,65	1,40	SK3

Om högsensitiv lera, $30 < S_i < 50$, förekommer i undergrunden ska lägsta godtagbara värde på totalsäkerhetsfaktorn minst uppgå till värden enligt Figur K7.1-2 för att uppnå säkerhetsklass 2.

Om kvicklera förekommer i undergrunden ska lägsta godtagbara totalsäkerhetsfaktor vara enligt SK3.


 Figur K7.1-2. Lägsta godtagbara totalsäkerhetsfaktor, F/F_{cr} , för undergrund av lera i säkerhetsklass 2.

Råd

Bedömning av säkerhetsnivå hos befintliga anläggningar bör utföras med totalsäkerhetsanalys med karakteristiska värden på laster och material.

Vid tillståndsbedömning för befintliga järnvägar bör TDOK 2015:0154 BVS 1585.002 användas.

7.2 Bergslänter

Förutsättning

Med bergslänter avses:

- slänter i skärningar
- naturliga slänter.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

7.2.1 Utformning

K157082

Bergslänt ska utformas så att slänten är stabil.

Råd

Glidning av enstaka block och bergskilar kan förhindras med förankringar, inre dränering eller genom minskning av slänthlutningen med hjälp av banketter.

Vid uttag av slänter kan glidning förhindras genom att välja riktning och orientering av släntytan så att rörelser hos enskilda block omöjliggörs.

Stjälpning av block eller skivor kan förhindras med förankring, bultning eller inre dränering.

K157083

Bergslänt och sidoområde ska utformas så att utfall av block och is hindras att falla in på väg respektive järnväg.

Råd

Bergslänt kan tätas, dräneras eller frostisolerats för att undvika svallisbildning.

K157085

För bergslänter brantare än 1:1 ska bergytan ovan verkligt släntrön hållas frilagd till minst 1,5 m bredd.

Råd

För bergskärningar högre än 6 m kan en bredare frilagd yta erfordras.

7.2.2 Dimensionering

K180304

Stabilitet hos bergslänter ska verifieras för

- glidning av block eller bergskilar
- stjälpning av block eller skivor
- en kombination av stjälpning och glidning

Råd

Stabilitet hos bergkonstruktioner bedöms på basis av bergkonstruktionens geometri, bergets struktur och hållfasthetsegenskaper, lastens storlek samt inverkan av vatten, frost och vald sprängmetod.

Praktiska råd om sprängteknik återfinns i Trafikverkets publikation 2014:044 Trafikverkets handbok för ovanjordsprängning.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförande

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

7.2.3 Utförande

K157088

Avtäckning av berg ska utföras enligt avtäckningsklass I enligt Tabell AMA 20 CBB.71/1.

K157089

Borring, sprängning och utlastning ska utföras enligt AMA 20 CBC.111 för väg och enligt AMA 20 CBC.41 för järnväg.

7.3 Bankar

K157107

Fyllning i bankar ska utföras med mineraljord med krav på material och utförande enligt AMA 20 CEB.11 för väg och CEB.3 för järnväg med relevanta underliggande koder.

K157108

Fyllningsmaterial för höga bankar ska väljas med hänsyn till erosionsrisk vid extrema vattenflöden på grund av bl.a. klimatförändringar.

Råd

För väg- och järnvägsbankar intill vattendrag bör erosionskänsliga bankmaterial undvikas pga. risken för bortspolning.

K157109

Fyllningsmaterial i bank ska vara klassat med avseende på materialtyp och tjälfarlighetsklass.

K157110

Bankar ska utformas så att homogent tjällyftande egenskaper erhålls.

K157111

För vägar ska utskiftning och utspetsning utföras enligt AMA 20 CBB.12. Utskiftningsdjup, d, ska beräknas eller väljas enligt TRVINFRA-00224.

K157112

För järnvägar ska utskiftning och utspetsning utföras enligt AMA 20 CBB.42. Terrasytan ska vara frostfri om undergrunden består av jord i tjälfarlighetsklass 2-4. Utskiftningsdjup, e, och utspetsningslängd, L, ska väljas enligt AMA 20 CBB.42, tabell RA CBB.42/1 och figur RA CBB.42/1.

K157113

För underbyggnad som kräver liggtime ska återstående sättning efter liggtime vara högst 1 % av fyllningshöjden.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

Om underbyggnaden utförs med material, lagertjocklekar och packningsinsats enligt detta avsnitt och AMA 20 CEB.11 och CEB.3 med relevanta underkoder kan det förutsättas att kravet på återstående sättning efter liggtid uppfylls.

Råd

Krav på släntstabilitet och krypning kan anses uppfyllda för fyllningsslänt i säkerhetsklass 2 på undergrund med tillfredsställande stabilitet om fyllningen utformas med brantaste slänthlutning enligt Tabell R7.3-1.

Tabell R7.3-1 Brantaste slänthlutning hos fyllning av mineraljordart i säkerhetsklass 2.

Material	Brantaste slänthlutning
Sprängsten	1:1,5
Grovkornig jordart och mycket grovkornig jordart	1:2 ¹⁾
Blandkornig jordart	1:2,5
Finkornig jordart med lerhalt < 40%	1:3 ²⁾
Finkornig jordart med lerhalt: > 40%, fyllningshöjd < 5 m och skjuvhållfasthet > 25 kPa. ¹⁾ Alternativt 1:1,5 om slänten påförs minst 0,7 m krossat material med $d_{50} > 50$ mm. ²⁾ Förutsätter utförande enligt Figur K7.3-1 om undergrunden lutar brantare än 1:3 i tvärled och består av finkornig jordart, berg eller blandkornig jord med rikligt vattenflöde i ytskiktet.	1:2 ²⁾

K157114

Behov av dränering av terrassytor i skärningar med jord som har hög vattenkvot och är vattenkänslig ska beaktas.

K157115

Dränerande lager ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CEF.11.

K157116

Dränerande lager i underbyggnaden för att ta ut konsolideringssättningar ska utföras enligt AMA 20 CEF.1112 för vägar eller AMA 20 CEF.142 för järnvägar.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

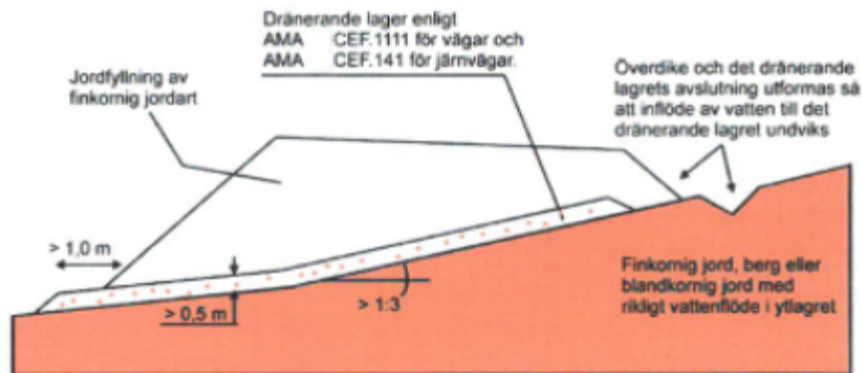
TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K157117

Dränerande lager under underbyggnaden ska utföras enligt AMA 20 CEF.1111 för vägar och AMA 20 CEF.141 för järnvägar, se Figur K7.3-1.



Figur K7.3-1 Dränerande lager av jord under fyllning.

7.3.1 Underbyggnad av berg för väg

K157123

Underbyggnad av berg för väg ska utgöras av bergmaterial av bergtyp 1 eller 2.

K157124

Bergschakt för väg ska utföras enligt AMA 20 CBC.111.

K157125

Vid utlastning enligt Alternativ 1 enligt AMA 20 CBC.111 ska tätning och avjämning av bergterrass utföras enligt CEE.1112.

Råd

Vid utlastning enligt Alternativ 2 enligt AMA 20 CBC.111 kan tätning och avjämning av bergterrass utföras enligt CEE.1111.

K157127

Underbyggnad av sorterad sprängsten ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.11112 med minst 0,8 m tjocklek.

K157128

Lager av sorterad sprängsten ska tätas och avjämnas med ett 0,2 m tjockt lager enligt AMA 20 CEE.1112.

K157129

Underbyggnad av grovkrossad sprängsten ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.11113 med minst 1,0 m tjocklek.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

*Råd**Lager av grovkrossad sprängsten kan tätas med förstärkningslager enligt AMA 20 CEE.1111.***7.3.2 Underballast för järnväg**

K157133

Underballast för förstärkning av järnväg ska utföras enligt AMA 20 DCH.15 och DCH.16.

*Råd**När terrassytan består av berg får tjockleken på underballastlager för förstärkning enligt AMA 20 DCH.15 minskas till 0,5 m.*

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

8 Underbyggnad och undergrund

8.1 Massutskiftning

Förutsättning

Massutskiftning är en av de vanligaste metoderna för grundläggning av väg- och järnvägsbankar i områden med lös lera, torv eller gyttja med begränsad mäktighet. Massutskiftning innebär att den icke bärkraftiga jorden ersätts med friktionsjord eller sprängsten. Detta kan ske genom grävning och återfyllning, genom nedpressning eller genom en kombination av dessa.

Då ett utskiftningsområde innehåller jord med negativ miljöpåverkan, t.ex. högt sulfidinnehåll, kan utskiftning vara olämplig. I dessa fall bör exempelvis stabilisering eller lätt bankpålning med träpålar övervägas.

Schakt under vatten möjliggör utskiftning till större djup.

K157233

Massutskiftning får inte medföra skadlig inverkan på omgivningen. Rörelser, grundvattensänkning, ändrade avrinnings- och dräneringsförhållanden ska beaktas.

Råd

Återfyllning vid massutskiftning kan fungera som ett drändike vilket kan leda till grundvattensänkning.

8.1.1 Massutskiftning genom grävning och återfyllning

8.1.1.1 Material

K157245

Återfyllningsmaterial ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CEB.71.

8.1.1.2 Utformning

K157234

Massutskiftning genom grävning och återfyllning ska utformas så att krav på stabilitet och sättningar i fyllningsmaterialet och kvarvarande kompressibel jord uppfylls. Deformationer i sidled på grund av krypning och skjuvrörelser i såväl jorden utanför schaktväggen som i återfyllningsmaterialet ska beaktas.

Råd

Massutskiftning genom grävning och återfyllning utförs vanligen ned till fasta jordlager varvid krav på sättningar och stabilitet oftast uppfylls.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

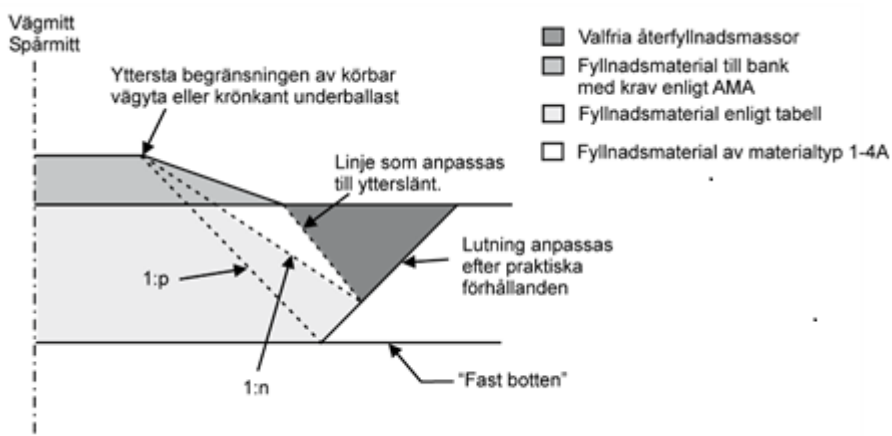
Ej känslig

Version

1.0

Råd

För massutskiftning i säkerhetsklass 1 kan krav på deformationer i sidled på grund av krypning och skjuvrörelser antas vara beaktade om säkerheten verifieras utan beaktande av omgivande jordtryck. En godtagbar lösning visas i Figur R8.1-1.



Fyllnadsmaterial	lutning, p	lutning, n
Sprängsten	1,0	1,3
Grovkorniga jordarter	1,2	1,5
Blandkorniga jordarter	1,3	1,7

Figur R8.1-1. Tillåten slänthlutning för olika fyllnadsmaterial.

K157244

Återfyllnadsmaterial ska väljas så att erforderlig packning kan åstadkommas och att separation av materialet inte sker.

K203762

Återfyllnadsmaterial ska väljas med hänsyn till grundvattennivå och dess fluktuation.

Råd

Risken för sättningsskador på grund av urspolning och materialtransport är stor när fyllning utförs med avsänkt vattenyta eller när vattennivån i bruksskedet står högre än eller fluktuerar omkring gränssytan mellan ett finkornigare och ett grövre material.

8.1.1.3 Dimensionering

K157236

Totalstabilitet och lokal stabilitet ska verifieras.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

Erforderlig stabilitet hos konstruktionen kan erhållas genom att jordtryck från omgivande jordlager kan nyttjas eller genom att återfyllningen är stabil i sig.

K203761

Behov och storlek på eventuell överlast efter återfyllning samt dess liggtid ska bestämmas.

K157238

En sättningsprognos ska utföras. Sättningar ska verifieras genom sättningsuppföljning mot prognosticerade sättningar, särskilt vid partiell utskiftning då massutskiftningen inte når ner till fasta jordlager eller då massutskiftning görs under vatten.

8.1.1.4 Utförande och kontroll

K157251

Utförande och kontroll vid urgrävning av svag undergrund ska utföras enligt AMA 20 CBB.721. Vid urgrävning ner till fasta jordlager ska kontrolleras att detta uppnåts.

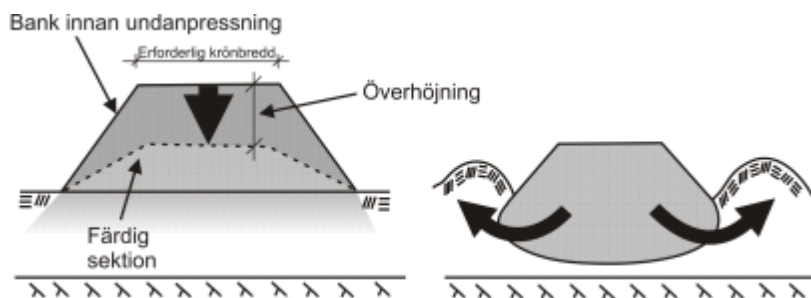
K157252

Utförande och kontroll av fyllning efter urgrävning ska utföras enligt AMA 20 CEB.71.

8.1.2 Massutskiftning genom nedpressning

Förutsättning

Massutskiftning genom nedpressning innebär att en bank fylls ut med så stor överhöjning att befintliga underliggande lösa jordlager genom kontrollerade skred pressas undan så att jorden under banken ersätts med fyllningsmassor, se Figur K8.1-1.



Figur K8.1-1. Utskiftning genom nedpressning – principskiss.

Utskiftningsdjup större än 15 meter bör undvikas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

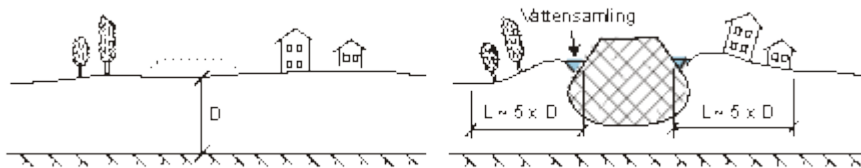
Ej känslig

Version

1.0

Geometrin på det skred som uppkommer är osäker vilket gör att utbredningen av hävningar och sidorörelser blir osäker. Massutskiftning genom nedpressning bör därför inte utföras intill befintliga konstruktioner eller anläggningar. Upptäckta massor medför också förändrade marknivåer och därmed ändrade avrinningsförhållanden. Vattenansamlingar kan bildas i uppkomna lågpunkter, se Figur K8.1-2.

Grovt kan antas att nedpressningen påverkar omgivningen till ett avstånd motsvarande $5 \times$ utskiftningsdjupet, D . Vid lutande botten kan det påverkade området bli avsevärt större.



Figur K8.1-2. Omgivningspåverkan vid horisontell botten.

8.1.2.1 Material

K157264

Fyllningsmaterial ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CEB.72.

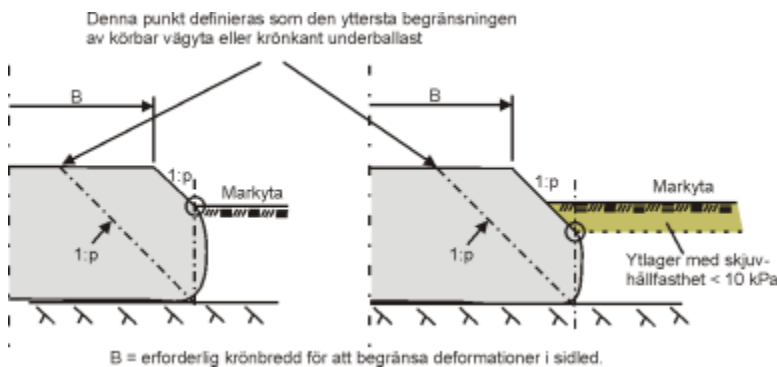
8.1.2.2 Utformning

K157256

Nedpressning ska utformas så att krav på stabilitet och sättningar i fyllningsmaterialet och kvarvarande kompressibel jord uppfylls. Deformationer i sidled på grund av krypning och skjuvrörelser ska beaktas.

Råd

För nedpressning kan kravet på stabilitet och sättningar i fyllningsmaterialet och kvarvarande kompressibel jord antas vara beaktade om stabiliteten verifieras utan att omgivande jordtryck beaktas. En godtagbar lösning för nedpressning visas i Figur R8.1-2.



Fyllnadsmaterial

 lutning, p

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Sprängsten	1,0
Grovkorniga jordarter	1,2
Blandkorniga jordarter	1,3

Figur R8.1-2. Erforderlig krönbredd vid nedpressning.

8.1.2.3 Dimensionering

K157258

Nedpressning ska dimensioneras så att ett kontrollerat skred genereras.

Råd

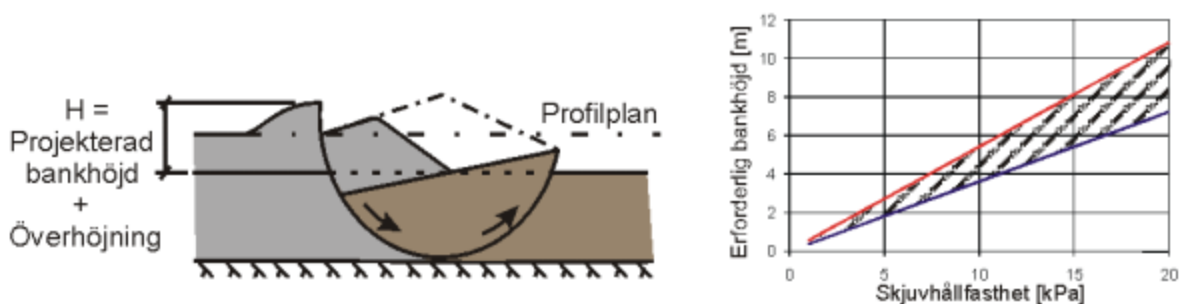
Nedpressning kräver en noggrann planering och uppföljning eftersom det är svårt att beräkna när och hur ett skred kommer att ske. Nedpressningsförfarandet kan behöva underlättas genom förberedande åtgärder. Dessa kan utgöras av t.ex. förberedande schaktning framför fyllningsfronten för att ta bort rötter och bryta igenom de fasta ytlagren eller genom sprängning framför fyllningsfronten.

K157259

Storleken på den överhöjning som behövs för att generera skred ska bestämmas.

Råd

Storleken på den överhöjning som behövs för att generera skred erhålls vanligen då totalsäkerhetsfaktorn ligger mellan 0,6 och 0,9, se Figur R8.1-3. Överhöjningen bör inte understiga 2 meter.



Figur R8.1-3. Grov uppskattning av bankhöjd för att generera skred vid nedpressning.

K157260

Behov och storlek på överlast efter utförd nedpressning samt dess liggtid ska bestämmas.

Råd

Vid nedpressning kan det inte garanteras att fyllningen blir homogen ända ned till fast botten. Skikt med kompressibel jord kan bli kvar under fyllningen. Metoden kräver överlast och att det finns tid för sättningar att utbildas.

Liggtidens längd beror av:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

- *krav på tillåtna sättningar*
- *mäktigheten hos det sättningsgivande skiktet*
- *egenskaperna hos det sättningsgivande skiktet*
- *dräneringsförhållanden*
- *belastningen på det sättningsgivande skiktet.*

För att bedöma hur mycket kompressibel jord som finns kvar kan en uppföljning av massåtgången göras enligt:

- *volymen av utfyllt material bedöms, t.ex. genom vägning*
- *den prognostiserade massåtgången jämförs med verklig massåtgång*
- *redovisning utförs sektionvis och helst grafiskt som ackumulerad volym.*

Råd

Bedömd volym vid hävning kan antas motsvara de massor som pressats ner under ursprunglig markyta.

Gyttja och lera som pressas undan betraktas som inkompressibla under nedpressningsfasen. Torv betraktas som ett kompressibelt material.

K157262

Totalstabilitet och lokal stabilitet hos den färdiga konstruktionen ska verifieras.

Råd

Erforderlig stabilitet hos konstruktionen kan erhållas genom att jordtryck från omgivande jordlager kan nyttjas eller genom att återfyllningen är stabil i sig.

8.1.2.4 Utförande och kontroll

K157273

Utförande och kontroll av fyllning genom nedpressning ska utföras enligt AMA 20 CEB.72.

8.1.3 Redovisning i bygghandling

K157276

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning över massutskiftning innehålla:

- *utförning och utförande av schaktslänter, återfyllnadsmaterial, överhöjning och överlast med liggtid*
- *dimensionerande materialegenskaper hos återfyllnadsmaterialet*
- *restriktioner för belastningar, framkomlighet och omgivningspåverkan.*

Råd

I beskrivning av material, utförande och kontroll anges för respektive utskiftningsavsnitt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

- *förutsättningar för bedömning av schaktstabilitet*
- *restriktioner vid arbetsutföranden med avseende på stabiliteten*
- *krav på tillåten tjocklek av kvarvarande lös jord*
- *behov av materialskiljande lager*
- *alternativ användning av utskiftade massor*
- *restriktioner med hänsyn till omgivningen*
- *kontrollåtgärder*
- *behov av överlast och liggtid.*

8.2 Djupstabilisering

Förutsättning

Djupstabilisering avser förstärkning under väg- och järnvägsbankar, under byggnadsverk samt i skärningsslänter.

Kraven i detta avsnitt gäller för dimensionering med:

- *mjuka kalkcementpelare med skjuvhållfasthet upp till och med 100 kPa*
- *diameter mellan 0,5 och 0,8 m*
- *bindemedel som ska bestå av minst 70% bränd kalk och cement enligt bilaga B.*
- *bindemedelsmängd uppgår till minst 80 kg/m³*

8.2.1 Stabilisering med kalk och cement

K157281

Djupstabilisering av torv ska utföras som masstabilisering eller blockstabilisering.

Råd

Vid stabilisering i gyttja är blockstabilisering att föredra framför masstabilisering för att erhålla en homogenare inblandning.

K157287

Inverkan på beständigheten av jord med hög organisk halt eller högt sulfidinnehåll ska beaktas.

Råd

Jord med hög organisk halt eller högt sulfidinnehåll kan medföra att reaktionsprodukter med sämre beständighetsegenskaper bildas.

Då förstärkning sker enligt specifikationer i Bilaga B för kalkcementpelare och masstabilisering kan beständigheten anses vara uppfylld för 120 år.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

8.2.2 Material

K157323

Djupstabilisering ska utgöras av mjuka bindemedelspelare eller masstabilisering med bindemedel med en kritisk skjuvspänning upp till och med 100 kPa.

K157324

Dokumenterade egenskaper ifrån provning i laboratorium och i fält ska finnas för valda bindemedel.

K157301

Dränerande lager ska uppfylla krav enligt AMA 20 CEF.11.

8.2.3 Utformning

Förutsättning

Pelare kan installeras som singulära pelare, i skivor, i gitter eller som block.

K157285

Pelarmönster baseras på totalsäkerhet hos den oförstärkta banken och ska väljas enligt Tabell K8.2-1. Kontroll för oförstärkt bank ska utföras med laster i SK 2.

Tabell K8.2-1. Pelarmönster vid olika dimensioneringssituationer.

Dimensioneringssituation	Acceptabla pelarmönster			
	singulär a	skivor	gitter	block
Stabilisering under bankar i aktivzonen där $F_{c,ostab} \geq 0,67$	X	X	X	X
Stabilisering under bankar i aktivzonen där $F_{c,ostab} < 0,67^1$		X	X	X
Stabilisering i passivzon och direkt skjuvzon		X	X	X
Skärningsslänter $F_{komb, ostab} > 0,60$		X	X	X
Pelare vilka installeras mot kraftigt lutande fast botten, ($> 45^\circ$), där $F_{c,ostab} < 1,0$		X	X	X
Stabilisering av järnvägsbankar för att förhindra s.k. höghastighetsfenomen			X	X
F_c	Säkerhetsfaktor vid stabilitetsberäkning med odränerad analys			

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

F _{komb}	Säkerhetsfaktor vid stabilitetsberäkning med kombinerad analys	
F _{ostab}	Säkerhet mot stabilitetsbrott för konstruktion utan planerad djupstabilisering, men med ev. andra åtgärder, t.ex. tryck-bankar eller lättfyllning	
¹	Restriktionen avser att minska risken för brott i pelarna till följd av stora skjuvdeformationer i jorden, vilket exempelvis kan uppstå vid sluttande terräng, eller om pelarna i den övre delen inte har fullgod hållfasthet.	

K208368

Val av pelarmönster påverkar deformationernas tidsförlopp i den underliggande jorden, vilket ska beaktas.

K157286

När bankfyllning utgörs av materialtyp 4 eller 5A ska ett dränerande lager enligt AMA 20 CEF.111 med tjocklek om minst 0,15 m läggas mellan bankfyllning och pelarförstärkning.

8.2.3.1 Singulära pelare

K157290

Singulära pelare ska installeras med sådana avstånd att oönskade ojämnheter inte uppkommer i bankens överyta.

Råd

Oönskade ojämnheter i överytan för singulära pelare antas inte uppkomma om centrumavståndet för såväl kvadratisk som triangulärt pelarmönster väljs enligt:

$$cc_{pel} = 1,3 D_{pel} + 0,25$$

förutsatt att:

- *fyllningen utgörs av krossmaterial*
- *bankhöjd > 1,0 m*
- *1 månads ligg tid tillämpas.*

Centrumavstånden kan därutöver korrigeras enligt nedan:

- *Vid 0,5 m torrskorpa eller ytstabilisering kan centrumavståndet ökas med 0,3 m.*
- *Vid > 1,0 m torrskorpa eller ytstabilisering kan centrumavståndet ökas med 0,6 m.*
- *Mellan 0,5 m och 1 m torrskorpa eller ytstabilisering interpoleras centrumavståndet.*
- *Då ≥ 6 månaders ligg tid tillämpas kan centrumavståndet ökas med 0,2 m.*

Total ökning av centrumavståndet får maximalt vara 0,6 m.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K157292

Vid pelarmönster med växelvis långa och korta pelare ska de korta pelarnas förmåga att överföra banklast till undergrunden via de långa pelarna verifieras.

Råd

Då de korta pelarna är mindre än 10 m långa är det erfarenhetsmässigt svårt att få en bra överföring till de längre pelarna.

8.2.3.2 Pelare i skivor, gitter eller block

K157295

Skivor ska placeras med sådana avstånd att stabiliteten hos den mellanliggande jorden blir tillfredsställande och så att oönskade ojämnheter inte uppkommer i bankens eller skärningens överyta.

Råd

I Geoteknisk kategori 2 kan krav på tillfredsställande stabilitet hos den mellanliggande jorden och oönskade ojämnheter anses uppfyllt om det fria avståndet mellan skivor är högst 1,5 m för bankslänter och 2,0 m för skärningsslänter.

K157297

Pelare i skivor, gitter eller block ska installeras med tillräcklig överlappning för att kunna överföra dimensionerande krafter mellan pelarna.

Råd

En skiva antas kunna överföra skjuvkrafter mellan pelarna på djup ner till max 8 m om centrumavståndet väljs till:

- 0,40 m för pelare \varnothing 500 mm
- 0,45 m för pelare \varnothing 600 mm
- 0,55 m för pelare \varnothing 700 mm
- 0,65 m för pelare \varnothing 800 mm.

Om sådan skivverkan på större djup än 8 m utnyttjas bör pelarnas verkliga läge verifieras. Alternativt installeras skivor med två rader pelare i bredd med överlappning enligt ovan.

För skivor där endast tryckkrafter antas överföras mellan pelarna bör ovanstående centrumavstånd ökas med 0,05 m.

Pelare i slänter kan med fördel installeras lutande eftersom belastningen då blir mer axiell.

8.2.4 Dimensionering

Råd

Geoteknisk kategori 3 ska övervägas om något av följande gäller:

- bankhöjden överstiger 4 m (80 kPa)

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

- den oförstärkta jordens hållfasthet $< 8 \text{ kPa}$
- den oförstärkta jorden utgörs av torv, gyttja eller är starkt sulfidhaltig
- den förstärkta jorden utnyttjas i passivzon.

Råd

För dimensionering av masstabilisering kan tillämpliga delar av kapitel 8.2 användas tillsammans med Bilaga B.

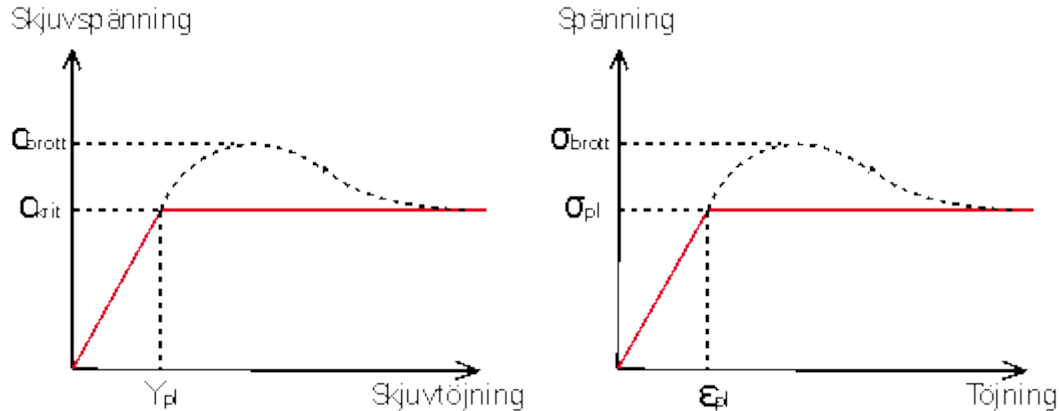
8.2.4.1 Hållfasthetsegenskaper

K157308

En preliminär bedömning av c_{krit} ska göras, vilken sedan ska verifieras genom provning enligt Bilaga B.

K157305

Pelare med en kritisk skjuvspänning lägre än 100 kPa ska antas ha ett ideal-elastoplastiskt spännings-töjnings samband enligt Figur K8.2-1 där den elastiska delen i skjuvfallet begränsas av en kritisk skjuvspänning, c_{krit} , och en "flytspänning" σ_{pl} för enaxlig tryckbelastning. Kritisk skjuvspänning c_{krit} ska antas motsvara 70 % av brottlasten c_{brott} .



Figur K8.2-1. Spännings-töjnings samband med $c_{krit} < 100 \text{ kPa}$. Kritisk skjuvspänning c_{krit} ska antas motsvara 70 % av brottlasten c_{brott} .

K208367

För mjuka pelare ska kritisk skjuvspänning, c_{krit} , uppgå till maximalt 100 kPa , vilket innebär att brotthållfastheten i pelarna ska verifieras i fält för $1,4 \cdot c_{krit}$.

K157311

Pelarnas karakteristiska odränerade skjuvhållfasthet, τ_{fuk} , ska bestämmas enligt:

$$\tau_{fuk} = c_{krit}$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K157314

Pelarnas karakteristiska dränerade skjuvhållfasthet, τ_{fdk} , ska bestämmas enligt:

$$\tau_{fdk} = c' + \sigma' \tan \varphi'$$

Kohesionsandelen, c , hos pelarnas dränerade skjuvhållfasthet ska antas vara:

$0,40 \cdot c_{krit}$ i aktivzonen

$0,15 \cdot c_{krit}$ i direkt skjuvzon

0 i passivzonen.

Friktionsvinkeln, φ' , hos pelarnas dränerade skjuvhållfasthet ska oberoende av bindemedel sättas till:

32° då jorden utgörs av lera eller torv

29° då jorden utgörs av gyttja

35° då jorden utgörs av silt.

Råd

Hänsyn bör tas till att pelarna genom sin högre styvhet erhåller en högre spänning och därigenom har en högre dränerad hållfasthet.

K157335

Den förstärkta jordvolymens hållfasthet, τ_f , ska representeras av ett viktat medelvärde av hållfasthet hos pelare och omgivande jord, enligt:

$$\tau_f = a \tau_{f, pel} + (1-a) \tau_{f, jord}$$

$\tau_{f, pel}$ är odränerad eller dränerad skjuvhållfasthet i pelaren.

$\tau_{f, jord}$ är odränerad eller dränerad skjuvhållfasthet i jorden.

Råd

Underlag för antagande om den bindemedelsförstärkta jordens hållfasthet bör erhållas genom:

- *erfarenhet*
- *resultat från laboratorieundersökningar*
- *resultat från utförda provpelare.*

8.2.4.2 Brottgränstillstånd

K157326

Förstärkningen ska utformas så att tillfredsställande stabilitet uppnås.

Råd

Pelarnas översta 2 m får ofta en lägre karakteristisk odränerad hållfasthet. Normalt kan denna antas vara minst 20 kPa.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K157328

Verifiering ska göras av glidytor som kan löpa längs pelarnas underkant då pelare förs ner till fast jord eller berg.

Råd

Kvalitén på den nedre delen av pelaren kan förbättras genom att inblandningen görs om 1 eller 2 gånger på den nedersta halvmeteren.

Då ett lerlager ligger direkt på berg utan något mellanliggande friktionsjordlager uppstår vanligen en ca 0,5-1,0 m svagare zon närmast berget. Den svagare zonen kan modelleras med pelare som har nedsatt hållfasthet, alternativt med enbart lerans skjuvhållfasthet.

K157330

Hållfastheten hos pelarförstärkt jord i direkt skjuvzon och passivzon får endast medräknas då pelarna installeras i skivor, gitter eller block.

8.2.4.2.1 Samverkan mellan pelare och omgivande jord

K157332

Vid dimensionering ska samverkan mellan oförstärkt och förstärkt jord beaktas. Om inte samverkan beaktas ska pelare dimensioneras så att de ensamma kan bära hela lasten.

Följande dräneringssituationer ska beaktas:

- odränerad hållfasthet i pelare och ostabiliserad jord
- dränerad hållfasthet i pelare och odränerad hållfasthet i ostabiliserad jord
- dränerad hållfasthet i såväl pelare som ostabiliserad jord.

Dimensionerande hållfasthet ska sättas till den lägsta av hållfastheterna i varje dräneringssituation, se Figur K8.2-2.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

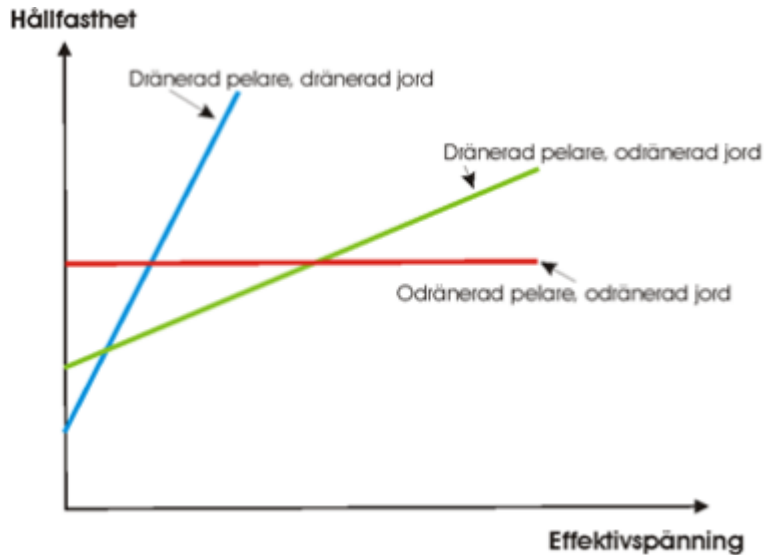
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0



Figur K8.2-2. Förhållandet mellan effektivspänning och hållfasthet hos bindemedelsförstärkt jordvolym vid olika dräneringssituationer.

Råd

Om mjuka pelare installeras med pelarmönster enligt Tabell K8.2-1 och om dräneringssituationer enligt ovan beaktas kan samverkan mellan pelare och jord anses vara uppfylld.

Beroende på bl.a. lastsituation, glidyttans djup och lerans hållfasthet kan ofta ett av sambanden med dränerade pelare enligt Figur K8.2-2 uteslutas.

8.2.4.3 Bruksgränstillstånd

K157317

Vid beräkning av deformationer ska antas att plana tvärsnitt förblir plana, dvs att kompressionen av jord och pelare är lika stora, vilket medför att elasticitetsmodulen är lika stor som kompressionsmodulen.

Råd

Pelarnas elasticitetsmodul, E_{pel} , kan för spänningar under den kritiska skjuvspänningen, c_{krit} beräknas ur sambandet:

$$E_{pel} = 13 c_{krit}^{1,6} \text{ där } c_{krit} \text{ anges i kPa.}$$

Vid beräkning av elasticitetsmodul kan värden på c_{krit} upp till 150 kPa nyttjas. Krypning i den förstärkta jorden får försummas.

K157320

För deformationsdimensionering ska permeabiliteten i förstärkt jord bedömas

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

 Vid beräkning av sättningarnas tidsförlopp kan pelarnas permeabilitet, k_{pel} , antas vara:

$1000 \cdot k_{jord}$ då kalk används som bindemedel
 $500 \cdot k_{jord}$ då cement eller kalk/cement används som bindemedel.

 k_{jord} är jordens permeabilitet.

Permeabiliteten hos den pelarförstärkta jordvolymen kan antas vara:

$$a \cdot k_{pel} + (1-a) \cdot k_{jord}$$

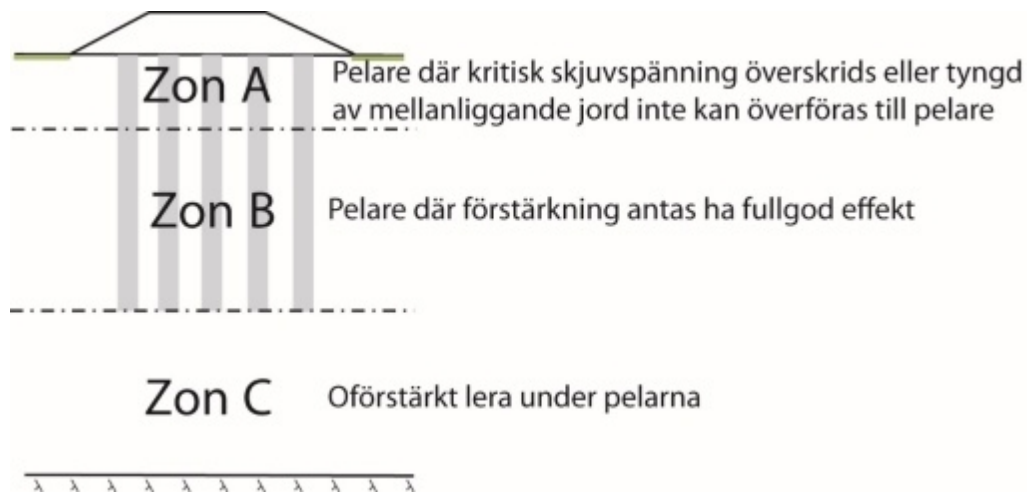
 a är pelarnas täckningsgrad.

K157338

Den bindemedelsförstärkta jorden ska dimensioneras så att oacceptabla deformationer eller vibrationer uppkommer. Vid beräkning av deformationer hos pelare ska såväl den förstärkta som den oförstärkta jordens spännings-töjningsegenskaper beaktas.

K157339

Baserat på jordens uppträdande ska undergrunden delas in i zonerna, A, B och C enligt Figur K8.2-3.



Figur K8.2-3. Förstärkt jord indelad i zonerna, A, B och C.

Råd

Om pelarna förs ner till fast botten utgår zon C.

K157341

Vid beräkning av deformationer i zon C ska beaktas att pelarnas underkant inte är fridränerande.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

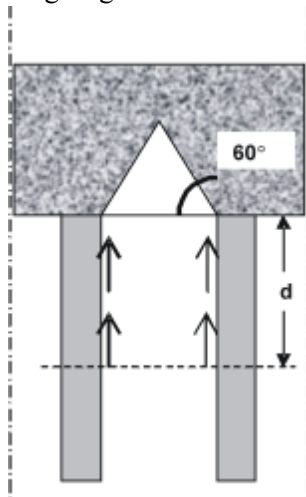
Sättningarna i oförstärkt jord under pelarna kan beräknas med traditionella metoder för långtidssättningar i lera.

Kalkcementpelarblockets fördröjning av konsolideringen i den underliggande leran kan modelleras genom att ansätta en längre, fiktiv, dräneringsväg.

8.2.4.3.1 Zon A

K157344

Tjockleken hos zon A ska bestämmas av det djup där pelarnas kritiska skjuvspänning inte överskrider eller överföringsdjupet d , dvs. det djup där tyngden av den ljusa pyramiden enligt Figur K8.2-4 balanseras av adhesionen längs närstående pelare.



Figur K8.2-4. Schematisk överföring av last till pelare vid beräkning av överföringsdjupet d .

Råd

Adhesionen får ansättas lika med den oförstärkta jordens odränerade skjuvhållfasthet. Om jorden utgörs av torrskorpa bör hållfastheten reduceras med 50 %.

K157346

Då kompressionen i zon A förväntas bli stor ska sättningsförloppet följas genom mätningar.

Råd

Storleken på deformationerna i zon A kan uppgå till flera decimeter. Deformationerna är helt beroende av på vilken nivå lasten från banken eller konstruktionen överförs till pelarna. Detta avgörs av:

- hur stor last som ska överföras till pelarna
- hållfastheten i pelarnas övre del.

Kompressionen i zon A kan antas vara avslutad nio månader efter det att full banklast påförts om följande villkor är uppfyllda:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

- torrskorpan är minst 0,5 m tjock
- kalkcementpelare med $0,5 \leq D_{pel} \leq 0,8$ m
- pelare med centrumavstånd $c_{c_{pel}} \leq D_{pel} + 1,0$ m.

Används överlast och liggtid kan större delen av sättningarna i zon A vanligen tas ut under byggtiden.

8.2.4.3.2 Tillskottsspänningar i zon A, B och C

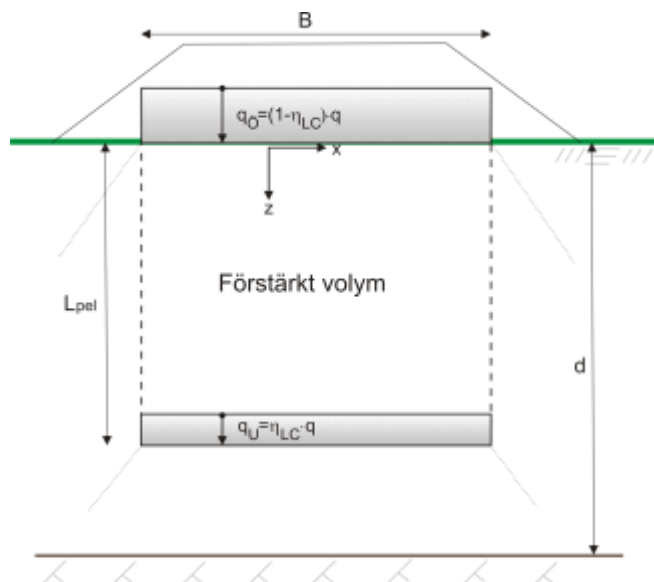
K157349

Tillskottsspänningen, $\Delta\sigma$, ska beräknas med hänsyn till lastspridning inom den förstärkta jorden.

Råd

Modell redovisad i SGF 2:2000 och SD 17 samt Limeset beaktar inte lastspridning i det förstärkta blocket.

Lastspridning inom den förstärkta volymen kan beaktas genom att den på toppen verkande lasten, q , delas upp i två fiktiva laster. Den ena, q_0 , antas angripa på nivån för den förstärkta jordens överyta och den andra, q_U , antas angripa i nivå med den förstärkta jordens underkant, se Figur R8.2-1.



Figur R8.2-1. Lastuppdelningsmodell för beräkning av tillskottsspänningar.

Hur stor andel som verkar på respektive nivå styrs av:

- djupet, d , från markytan ner till fast botten
- mäktigheten hos den förstärkta jorden, L_{pel}

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

- relationen mellan styvheten hos den oförstärkta och den förstärkta jordvolymen, M_{jord}/M_{block} där M_{block} är medelstyvheten hos den förstärkta jordvolymen.

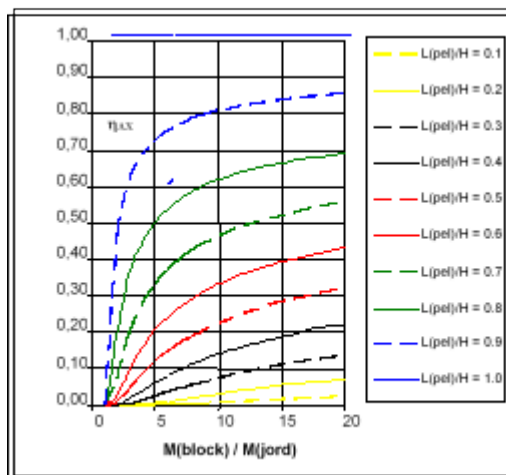
Fördelningen mellan last på förstärkningens över- och underkant kan uppskattas ur Figur R8.2-2 eller bestäms genom:

$$q_{\text{ö}} = (1 - \eta_{LC}) \cdot q$$

$$q_U = \eta_{LC} \cdot q$$

$$\eta_{LC} = \left(\frac{L_{\text{pel}}}{d} \right)^{\beta}$$

$$\beta = \frac{1}{(M_{\text{block}} / M_{\text{jord}})^{0,1} - (M_{\text{jord}} / M_{\text{block}})^{0,1}}$$



Figur R8.2-2. Faktorn, η_{LC} , beskriver fördelning av last mellan över- respektive underkant av den förstärkta volymen.

Ett begränsat djup i förhållande till förstärkningens bredd, B , ger en reducerad lastspridning, vilket kan beaktas genom att spänningsberäkningen utförs med ett fiktivt reducerat djup, z_{fikt} . Detta beräknas som:

$$z_{\text{fikt}} = (1 - 0,4 B/d) z$$

Tillskottspänningen på nivån z ersätts med tillskottspänningen på den beräknade nivån z_{fikt} . z_{fikt} ska vara minst 0.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Beräkningsmodellen beskrivs i sin helhet i SD Rapport 15.

8.2.4.3.3 Kompression i pelarförstärkt jordvolym

Råd

Om kompressionen av jord och pelare är lika stora kan kompressionen av det förstärkta lagret, ε , tecknas:

$$\varepsilon = \Delta\sigma / M_{block} \quad (= \varepsilon_{pel} = \Delta\sigma_{v,pel} / E_{pel} = \varepsilon_{jord} = \Delta\sigma_{jord} / M_{jord})$$

där

$$M_{block} = a \cdot E_{pel} + (1-a) \cdot M_{jord}$$

$\Delta\sigma_{v,pel}$ är vertikalspänningsökningen i pelarna.

$\Delta\sigma_{v,jord}$ är vertikalspänningsökningen i ostabiliserad jord.

Tillskottsspänningen i pelarna, $\Delta\sigma_{v,pel}$, uttrycks som:

$$\Delta\sigma_{v,pel} = \Delta\sigma / \{ [(1-a) \cdot M_{jord} / E_{pel}] + a \}$$

Lastfördelningen mellan jorden och pelarna baseras på en modell där båda materialens respons påverkas av effektivspänningsnivån och beräkningen blir då i de flesta fall iterativ. Detta beror på att pelarna inte kan antas bära mer last än motsvarande deras kritiska skjuvspänning och att jordens ödometermodul varierar beroende på om effektivspänningsnivån befinner sig över eller under förkonsolideringstrycket.

Den maximala vertikalspänningsökning som kan bäras av pelarna, $\Delta\sigma_{pel,max}$, kan beräknas enligt:

$$\Delta\sigma_{pel,max} = \frac{2 \cdot \cos \phi'_{pel}}{(1 - \sin \phi'_{pel})} \cdot c'_{pel} + \frac{(1 + \sin \phi'_{pel})}{(1 - \sin \phi'_{pel})} \cdot \sigma'_{k,pel} - \sigma'_{v,p}$$

med:

$$\sigma'_{k,pel} = \sigma'_{k,0,jord} + \Delta\sigma'_{k,jord} = \sigma'_{k,0,jord} + 0,5 \cdot \Delta\sigma'_{v,jord}$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

c'_{pel} är pelarnas effektiva kohesion.

ϕ'_{pel} är pelarnas effektiva friktionsvinkel.

$\sigma'_{h,pel}$ är horisontell effektivspänning mot pelare.

$\sigma'_{v,0,pel}$ är ursprunglig vertikal effektivspänning i pelaren.

$\sigma'_{h,0,jord}$ är ursprunglig horisontell effektivspänning i jorden.

$\Delta\sigma'_{h,jord}$ är horisontell effektivspänningsökning i jorden.

$\Delta\sigma'_{v,jord}$ är vertikal effektivspänningsökning i jorden.

Flyttöjningen, ε_{pl} , blir:

$$\varepsilon_{pl} = \Delta\sigma_{pel, max} / E_{pel}$$

8.2.4.3.4 Sättnings tidsförlopp i pelarförstärkt jordvolym

K157354

Sättnings utveckling med tiden ska beräknas.

Råd

Sättnings tidsförlopp för område med pelarförstärkt jord kan för radiellt flöde uppskattas ur ekvation nedan under förutsättning att:

- $0,5 \leq D_{pel} \leq 1,0 \text{ m}$,
- $0,8 \leq cc_{pel} \leq 2,0 \text{ m}$

Konsolideringsgraden, U , tecknas:

$$U = 1 - \exp\left[\frac{-2c_{vh} \cdot t}{R^2 \cdot f(n)}\right]$$

c_{vh} är konsolideringskoefficient vid horisontell strömning i oförstärkt jord. c_{vh} kan normalt antas vara lika med $2 c_{vv}$.

t är konsolideringstid.

R är pelares influensradie

För pelare installerade i kvadratisk eller triangulärt mönster får influensradien, R , sättas till $0,55 \cdot cc_{pel}$.

Faktorn, $f(n)$, beräknas enligt:

$$f(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \left[\ln(n) - 0,75 + \frac{1}{n^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{4n^2} \right) \right] + \left[\frac{n^2 - 1}{n^2} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \frac{k_{c,jord}}{k_{c,pel}} \cdot L_{pel}^2 \right]$$

$n = R/r$

r är pelarnas radie.

L_{pel} ansätts som halva längden vid dubbelsidig dränering.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Beräkningen ger erfarenhetsmässigt acceptabel överensstämmelse vid 80 å 90 % konsolidering. Vid lägre konsolideringsgrad erhålls normalt en underskattning av sättningarna.

Råd

Inverkan av den förstärkta jordvolymen kan anses beaktad om vattenströmning antas ske endast i vertikalled.

8.2.5 Redovisning i bygghandling

K157359

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med bindemedelsförstärkt jord innehålla:

- läge för pelare eller gräns för masstabilisering i plan
- utformning av överlast och liggtid
- inblandningsmedel (typ, mängd, inkl. toleranser)
- installationsförfarande (verktyg, blandningsarbete, installationsordning etc.)
- dimensionerande materialegenskaper i pelarna
- restriktioner för belastningar, framkomlighet och omgivningspåverkan
- arbetsbeskrivning och kontrollplan.

I den mån provpelare ingår som en del av projekteringen ska resultaten från dessa försök redovisas i en separat rapport i bygghandlingen.

8.2.6 Utförande och kontroll

K157361

Utförande och kontroll av jordförstärkning med inblandningspelare ska utföras enligt AMA 20 CDB.23.

K208378

Utförande och kontroll av jordförstärkning genom masstabilisering ska utföras enligt AMA 20 CDB.24.

K208379

Dränerande lager ska utföras enligt AMA 20 CEF.111.

K157362

Djupstabiliseringen ska delas in i kontrollobjekt som omfattar:

- en homogen geologi
- en och samma typ av stabilisering, typ av och mängd bindemedel, pelardiameter med mera.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

Vid installation av kalkcementpelare och utförande av masstabilisering kan kravet på en homogen blandning anses uppfyllt om utförande sker enligt Bilaga B.

K157364

Kontroll ska utföras enligt AMA 20 CDB.23 och Bilaga B. Verifiering av c_{krit} ska utföras enligt AMA 20 CDB.23.

Råd

Funktionsbaserade krav enligt Bilaga B kan användas.

8.3 Jordarmering i underkant av bank*Förutsättning*

Jordarmering kan användas i underkant av bankar för att förbättra stabiliteten genom att den kritiska glidytan styrs till fastare jordlager. Armeringen innebär inte att bärförmågan för banken som helhet ökar.

Jordarmering avser armerade lager av geosyntet.

8.3.1 Brottgränstillstånd

K222594

Geosyntet ska uppfylla krav enligt 10.4.2.1 Armerande lager av geosyntet.

K157138

Dimensionering illustreras i Figur K8.3-1. Dimensionering ska omfatta verifiering av:

- brott i armering
- utdragsbrott
- glidning på armeringen
- grundbrott/totalstabilitet, beräknas som för oförstärkt bank
- stabilitet hos jordkil utanför armeringen, kontrolleras separat med glidyteberäkning.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

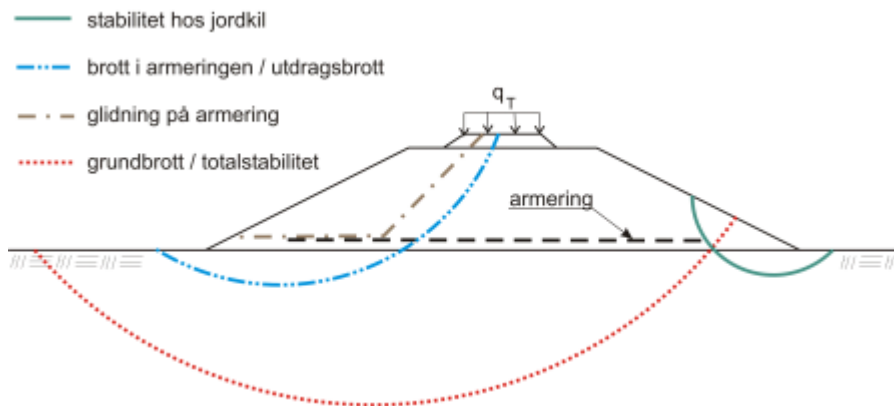
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur K8.3-1. Verifiering i brottgränstillstånd.

8.3.1.1 Brott i armeringen

K157140

Den maximala lasteffekten i armeringen, F_{arm} , får inte överskrida armeringens dragkapacitet, T_d .

Råd

Horisontalkraft, F_{arm} , från aktivt jordtryck får beräknas som:

$$F_{\text{arm}} = H \cdot \tan^2\left(45 - \frac{\phi_d}{2}\right) \cdot \left(\gamma_{G,g} \cdot \gamma \cdot \frac{H}{2} + \gamma_{Q,g} \cdot q_T\right)$$

H är bankens höjd.

ϕ_d är dimensionerande friktionsvinkel i bankfyllnadsmaterialet.

γ är bankfyllningens tunghet.

q_T är trafiklast för partialsäkerhetsanalys.

$\gamma_{G,g}$ och $\gamma_{Q,g}$ är partialkoefficienter för permanent och variabel geoteknisk last.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

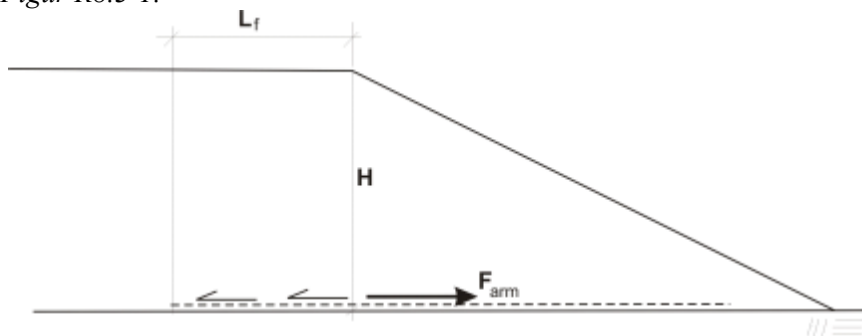
Ej känslig

1.0

8.3.1.2 Utdragsbrott i armering

Råd

Utdragsbrott i armeringen kan inträffa om armeringen avslutas strax bakom släntkrön, se Figur R8.3-1.



Figur R8.3-1. Utdragsbrott i armeringen under banken.

Utdragsbrott kan beräknas enligt:

$$F_{arm} \leq \frac{L_f \cdot \gamma \cdot H \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d}{\gamma_{Rd}}$$

F_{arm} är horisontalkraften i nätet.

L_f är armeringens förankringslängd in i banken.

γ är bankfyllningens tunghet.

H är bankhöjden.

ϕ_d är den dimensionerande friktionsvinkeln hos jordmaterialet i banken.

α är reduktionsfaktor för friktion mellan geosyntet och jordmaterial och väljs enligt avsnitt 10.4.3.2.1.

γ_{Rd} är en modellfaktor som sätts till 1,3.

8.3.1.3 Glidning av slänt på armering

Råd

Armeringens förankringslängd i slänten styrs av tyngden av fyllnadsmassorna i slänten. Därför måste längden anpassas efter slänthöjd och slänthlutning, se Figur R8.3-2.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

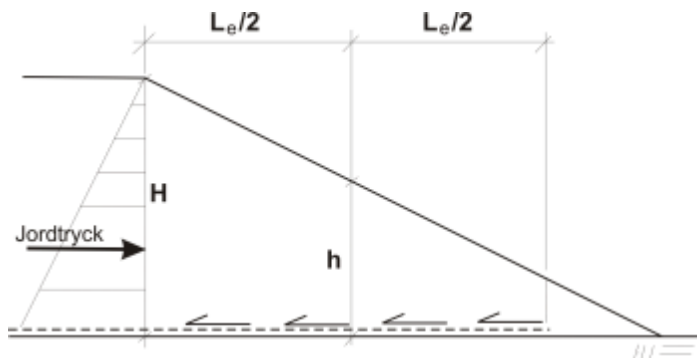
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0



Figur R8.3-2. Glidning av slänt på armering där jordtrycket kan uttryckas med F_{arm} .

Kontroll av glidning av slänt på armeringen kan utföras enligt:

$$F_{arm} \leq \frac{L_e \cdot \gamma \cdot h \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d}{\gamma_{Rd}}$$

F_{arm} är horisontalkraften i nätet.

L_e är armeringens förankringslängd.

γ är bankfyllningens tunghet.

h är medelbankhöjd över armeringen.

ϕ_d är den dimensionerande friktionsvinkeln hos jordmaterialet närmast armeringen.

α är reduktionsfaktor för friktion mellan geosyntet och jordmaterial och väljs enligt avsnitt 10.4.3.3.1.

γ_{Rd} är en modellfaktor som sätts till 1,3.

8.3.2 Bruksgränstillstånd

K157147

Krypningen i geosynteten under konstruktionens livslängd efter färdigställande får maximalt uppgå till 2 % för väg- och järnvägsbankar på oförstärkt undergrund.

Råd

Krypningen i geosynteten under konstruktionens livslängd efter färdigställande kan antas uppgå till maximalt 2 % för väg- och järnvägsbankar på oförstärkt undergrund om dimensioneringen baseras på korttidshållfasthet som reducerats enligt avsnitt 10.4.2.1.1.

Då långtidshållfastheten utvärderats enligt SS-EN ISO 13431 kan krypningen uppskattas ur isochronkurva från försök, se Figur K10.4-1.

8.4 Grundläggning med lastreducerande material

8.4.1 Cellplast

Förutsättning

I detta avsnitt förutsätts lättfyllning med cellplast av expanderad polystyren, EPS.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

8.4.1.1 Material

K157370

Cellplast ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 DBG.3.

K157371

För järnväg ska dynamiska belastningsförsök utföras enligt SS-EN 14933 Annex D där:

- deformationen inte får överstiga 2 % mellan den 10:e och den 2 000 000:e lastväxlingen för en belastning som varierar mellan 10 och 120 kPa.
- Kompressionsmodulen ska vara ≥ 20 MPa bestämd vid den 10:e lastväxlingen, vid 80 % av den största belastningen.

K157372

För återanvänd cellplast ska krav och egenskaper som ska deklarerats enligt AMA 20 DBG.3 verifieras.

K196814

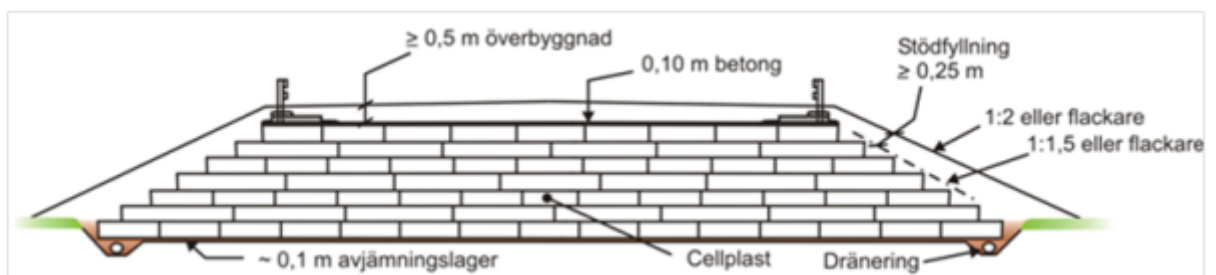
Stödfyllning ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.82.

8.4.1.2 Utformning

8.4.1.2.1 Cellplast i bank för väg

K157373

Bank med lättfyllning av cellplast för väg ska utformas enligt Figur K8.4-1.



Figur K8.4-1. Bank med cellplast för väg.

K157374

Cellplastblock ska läggas med minst 0,25 m förskjutning jämfört med underliggande lager.

Råd

Cellplast tillhör tjälfarlighetsklass 1 och är isolerande, vilket beaktas för att erhålla homogent tjällyftande egenskaper i banken.

K157375

Cellplast får inte placeras närmare överyta än 0,5 m för att undvika frosthalka.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K157376

Minsta tjocklek för obundet överbyggnadsmaterial vid $\text{ÅDT} > 2000$ eller $\text{ÅDT}_{\text{tung}} > 200$ ska vara 0,5 m då armerad betongplatta används och 0,7 m utan betongplatta.

K157377

Cellplast ska skyddas mot negativ inverkan från kemiska ämnen och klimat samt mekanisk inverkan som kan försämra egenskaperna med armerad betongplatta eller styvare cellplast i kombination med membran ovan cellplasten.

K157378

Betongplatta eller membran ovan cellplast ska ha en lutning $\geq 1,5\%$ för att säkerställa god vattenavrinning.

K157379

Membran ska skyddas om krossat material läggs direkt mot membranet.

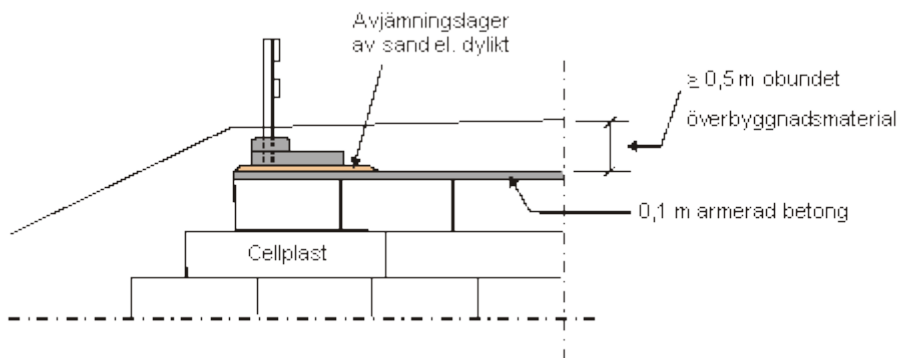
K157380

Cellplastblock som återanvänds ska ha ett sidomått $\geq 0,45$ m.

Råd

Fundament för vägutrustning får placeras på eller i cellplastfyllning.

Fundament för räckesstolpar kan utformas enligt Figur R8.4-1 och Figur R8.4-2.



Figur R8.4-1. Räckesstolpfundament på cellplastfyllning.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K157384

Återanvänd cellplast får inte användas.

K157385

Ovan cellplast ska finnas minst 0,8 m underballast och 0,5 m makadamballast.

Råd
Kontaktledningsfundament inom sträckor med cellplastbankar bör undvikas.

8.4.1.2.3 Länkplatta

K157386

Upplag för länkplatta på cellplastfyllning inklusive betongplatta ska utformas så att tillåten spänningsnivå inte överskrids. Rörelser mellan länkplatta och upplag ska möjliggöras. Länkplattan ska dimensioneras enligt TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion, Byggnad.

Råd
Länkplatta kan användas för att utjämna sättningsdifferenser vid exempelvis brolandfästen och kulvertar.

8.4.1.3 Dimensionering

K157410

Dimensionerande värde på densitet hos cellplast ska väljas enligt Tabell K8.4-1.

Tabell K8.4-1. Dimensionerande värden på densitet hos cellplast.

	Dimensionerande densitet	
Densitet över grundvattennivå	ρ =	50 kg/m ³
Densitet under grundvattennivå	ρ =	100 kg/m ³ (alternativt 0) ¹⁾
1) Mest ogynnsamma värde av 100 alt. 0 kg/m ³ väljs.		

K157411

Dimensionerande skjuvhållfasthet ska ansättas till en tredjedel av den som uppmätts i laboratorium eftersom skarvar förekommer mellan blocken.

Råd
Värden på cellplastens skjuvhållfasthet som funktion av materialets böjhållfasthet anges i SS-EN 14933, avsnitt E.3.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K157412

Erforderlig tryckhållfasthet hos cellplast ska beräknas för permanent last och för variabel last i form av trafik, inklusive enstaka last för vägar.

K157413

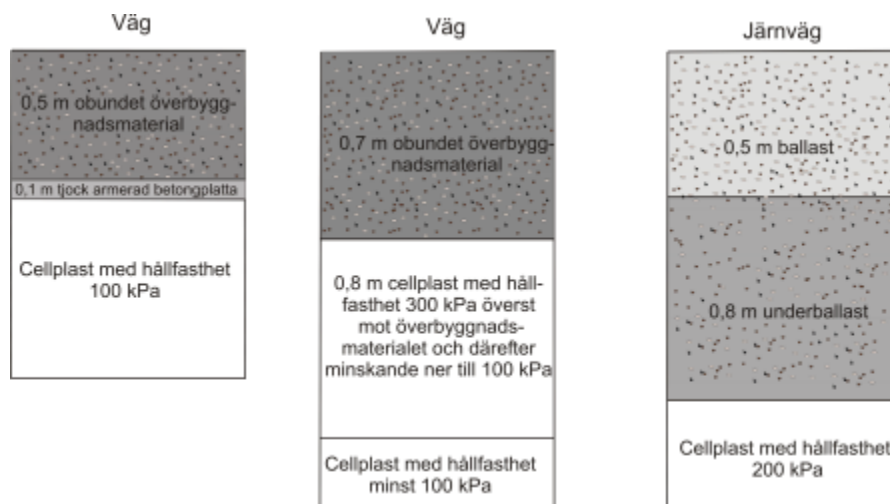
Vid beräkning av tillskottsspänning ska elasticitetsmodulen antas vara högst 150 MPa i de överliggande lagren.

K157414

Tryckhållfastheten, σ_5 , hos cellplast ska uppgå till minst 100 kPa för användning i vägkonstruktion och minst 200 kPa för användning i bankonstruktion.

Råd

Utformning med hänsyn till tryckhållfasthet hos cellplast visas i Figur R8.4-3.



Figur R8.4-3. Exempel på konstruktioner som uppfyller tillåten spänningsnivå på cellplasten.

För vägbank utan betongplatta ovan cellplast får hållfastheten i lagret närmast under överbyggnaden minskas vid tjockare överbyggnad på grund av ökad lastspredning.

8.4.1.3.1 Stabilitet och sättningar

K157415

Betongplattans stabiliserande effekt får inte tillgodoräknas vid beräkning av totalstabilitet och inre stabilitet hos cellplastbanken.

K157416

Bankens inre stabilitet ska verifieras om medelslänthlutning i cellplasten är brantare än 1:1.

K157417

Skjuvhållfasthet hos cellplast får endast utnyttjas vid verifiering av inre stabilitet för en cellplastbank.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K157418

Deformationer i cellplasten ska begränsas genom att säkerställa att tillåtna tryckspänningar inte överskrids.

Tillåten spänningsnivå för permanent last:

$$\sigma^{permanent} = 0,3 \cdot \sigma_5$$

Tillåten spänningsnivå för permanent och variabel last:

$$\sigma^{permanent+trafik} = 0,5 \cdot \sigma_5$$

där σ_5 är tryckhållfasthet för korttidslast vid 5 % deformation enligt SS-EN 826.

Råd

Krypdeformationer under driftskedet kan försummas för en cellplastfyllning som är utformad enligt Figur K8.5-1 för väg och Figur K8.5-2 för järnväg.

För normala laster kan kompressionen i cellplastfyllningen antas vara ca 1 % under byggskedet efter det att lasten påförts.

Cellplast som belastas med högst en tredjedel av tryckhållfastheten, σ_{10} , förväntas ha en krypning på mindre än 2 % under 50 års livslängd. σ_{10} definieras som spänning vid 10 % deformation.

8.4.1.3.2 Upplyftning

K157419

Upplyftning ska verifieras för HHW.

8.4.1.3.3 Horisontaltryck

K157420

Vid fyllning med cellplast mot bro ska koefficienterna för vilo- och aktivt jordtryck väljas till 0,1 respektive 0,05.

K157421

Friktionskoefficienten mellan cellplastblock och avjämningslager ska sättas till $\mu = 0,5$.

Råd

Mothåll för horisontella belastningar som kan förväntas på sträckor med cellplastfyllning beaktas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

8.4.1.3.3.1 Betongplatta för väg

K157422

Betongplatta ska dimensioneras för dimensionerande lasteffekt.

Råd

Betongplatta kan förutsättas klara dimensionerande lasteffekt om den:

- *uppfyller kraven för exponeringsklass XC3/XF3*
- *armeras centriskt med armeringsnät Nps500 ϕ 8s120 alternativt fiberarmering med 50 kg/m³*
- *ges en tjocklek på minst 100 mm.*

Med hänsyn till risk för spårbildning bör betongens överyta göras skrovlig. Detta kan göras genom borstning alternativt utläggning av ett tunt lager krossmaterial 16-32 mm på den färska betongytan.

8.4.1.3.3.2 Överbyggnadsdimensionering för väg

K157423

För dimensionering av vägöverbyggnad enligt TRVINFRA-00224 ska $E=\sigma_2/0,02$ väljas om inget annat anges, där σ_2 är spänning vid 2 % deformation.

8.4.1.4 Redovisning i bygghandling

K157424

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med cellplast innehålla:

- samtliga cellplastlager i plan med koordinatlistor, mått och nivåer för brytpunkter.
- utformning och utförande av underbyggnad, överbyggnad och släntskydd.
- utformning av stolpfundament och andra konstruktioner.
- dimensionerande materialegenskaper med beteckningar enligt SS-EN 14933.
- restriktioner för belastningar på cellplast och eventuell betongplatta.

8.4.1.5 Utförande och kontroll

K157432

Bank med lättfyllning av cellplast ska utföras och kontrolleras enligt AMA 20 DBG.31. Stödfyllning ska utföras enligt AMA 20 CEB.82.

8.4.2 Lättklinker

Förutsättning

Lättfyllning med lättklinker får utföras som obunden lättklinker, cementstabiliserad lättklinker eller cementstabiliserad och armerad lättklinker.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Dimensionering och utformning enligt detta avsnitt förutsätter en karakteristisk friktionsvinkel hos lättklinker på minst 35°.

8.4.2.1 Material

K157436

Lättklinker ska uppfylla krav enligt AMA 20 CED.11 och "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CED.111.

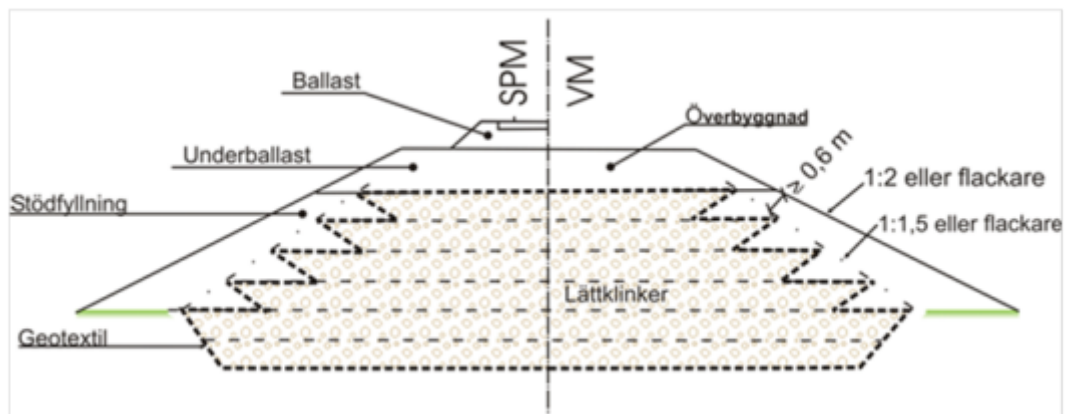
K197654

Stödfyllning ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.82.

8.4.2.2 Utformning

K157457

Bank med lättfyllning av lättklinker ska utformas enligt Figur K8.4-3.



Figur K8.4-3. Lättklinker i väg- och järnvägskonstruktion. Krav på släntlutning och tjocklek hos stödfyllning är samma för väg och järnväg.

K157425

Materialskiljande lager av geotextil ska användas runt lättklinkerfyllningen enligt Figur K8.4-3.

Råd

Lättklinker tillhör tjälfarlighetsklass 1 och är isolerande, vilket beaktas för att erhålla homogent tjällyftande egenskaper i banken.

8.4.2.2.1 Lättklinker i bank för väg

K157461

Lättklinker får inte placeras närmare överytan än 0,5 m för att undvika frosthalka. Detta gäller även cementstabiliserad lättklinker om $\lambda_{\text{ofruiset}} < 0,3 \text{ W/mK}$.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

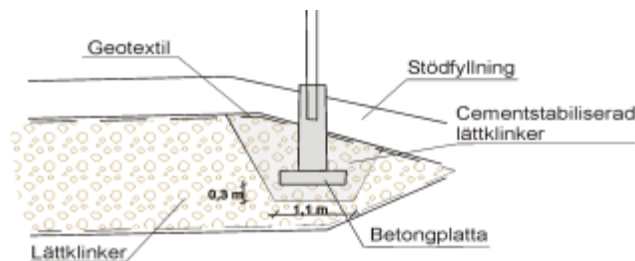
K157462

Minsta obunden överbyggnadstjocklek med ÅDT > 2 000 ska vara 0,7 m över obunden lättklinkerfyllning.

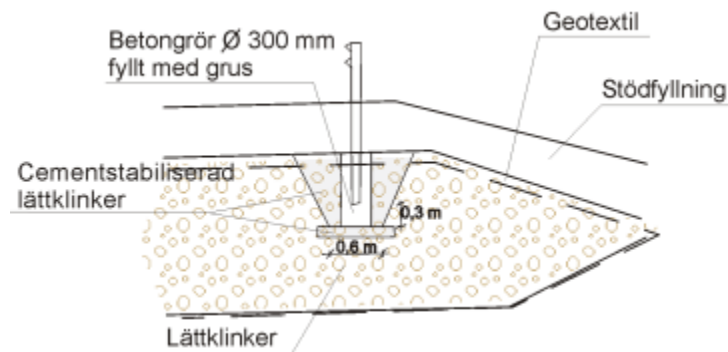
Råd

Fundament för vägutrustning får placeras i lättklinker.

Fyllningen kring stolpfundament och räckesinfästning kan utformas med cementstabiliserad lättklinker eller krossmaterial enligt Figur R8.4-4 respektive Figur R8.4-5.



Figur R8.4-4. Stolpfundament i lättklinker.



Figur R8.4-5. Räckesinfästning i lättklinker.

8.4.2.2 Lättklinker i bank för järnväg

K157464

Över obunden lättklinker ska finnas minst 0,8 m underballast och 0,5 m makadamballast räknat från underkant sliper.

Råd

Kontaktledningsfundament inom sträckor med lättklinker bör undvikas.

Brunnsringar kombinerade med spontplank eller armerad cementstabiliserad lättklinker kan användas, se Figur R8.4-6.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

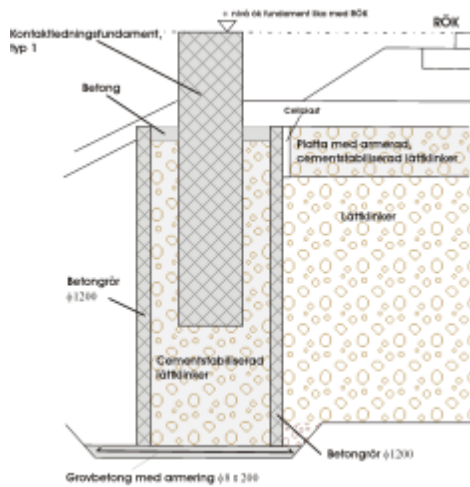
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0



Figur R8.4-6. Stolpfundament i lättklinker. Figuren visar även LLP för spårets bärrighet.

8.4.2.3 Dimensionering

K157441

Vid bestämning av lättklinkerns densitet ska hänsyn tas till om lättklinkern är nyutlagd eller om det är ett långtidsfall samt till lättklinkerns placering i konstruktionen.

8.4.2.3.1 Stabilitet och sättningar

K157448

Tunghet över GVY ska sättas till $4,5 \text{ kN/m}^3$ och effektiv tunghet under GVY ska sättas till $1,0 \text{ kN/m}^3$ om inte deklarerat värde kan visa annat.

K157450

Vid brantare medelslänthlutning i lättklinkern än 1:1,5 ska bankens inre stabilitet verifieras.

Råd

Utformas banken enligt avsnitt 8.4.2.2 kan sättning i lättklinkern förväntas bli maximalt 2 % av fyllningens tjocklek efter packning.

8.4.2.3.2 Upplyftning

K157453

Upplyftning ska verifieras för följande lastfall:

Lastfall 1: Nyutlagd lättklinker

Tunghet för torr lättklinker i kombination med medelvattennivån enligt Figur K8.4-4.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

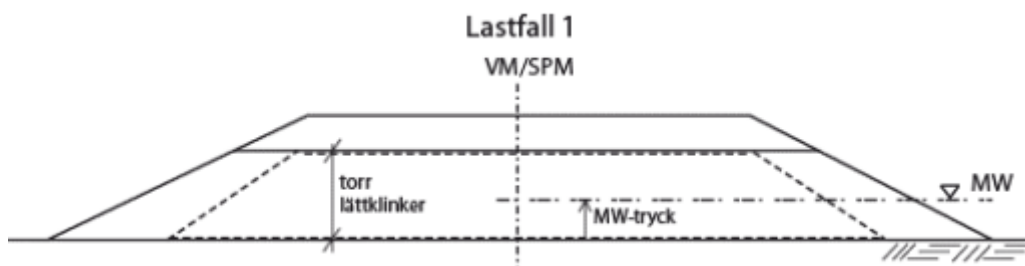
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

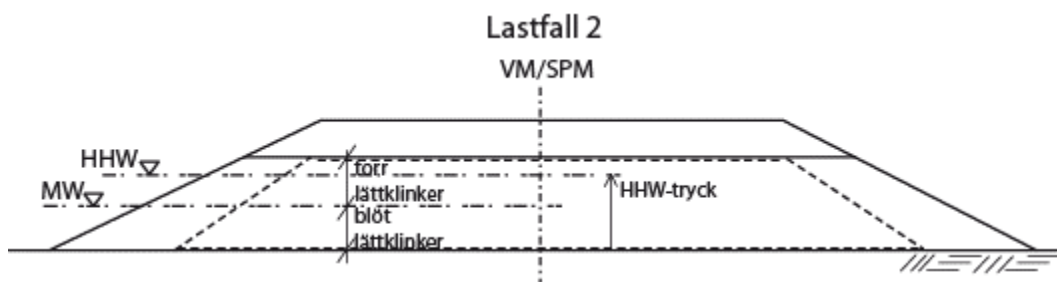


Figur K8.4-4. Lastfall 1 motsvarar nyutlagd lättklinker.

Effektiv tunghet för torrt material under MW ska sättas till $-4,5 \text{ kN/m}^3$ och tunghet för torrt material över MW ska sättas till $2,2 \text{ kN/m}^3$ om inte deklarerat värde kan visa annat.

Lastfall 2: Långtidsfall

Tunghet för torr lättklinker ovan medelvattennivån i kombination med högsta högvattennivån enligt Figur K8.4-5. Under medelvattennivån används tungheten för lättklinker som legat i konstruktionen under lång tid.



Figur K8.4-5. Lastfall 2 motsvarar lättklinker som legat i konstruktionen under lång tid.

Effektiv tunghet för blött material under MW ska sättas till $-2,5 \text{ kN/m}^3$, effektiv tunghet för torrt material mellan MW och HHW ska sättas till $-5,5 \text{ kN/m}^3$ och tunghet för torrt material över HHW ska sättas till $4,5 \text{ kN/m}^3$ om inte deklarerat värde kan visa annat.

8.4.2.3.3 Överbyggnadsdimensionering för väg

K157439

Elasticitetsmodulen för obunden lättklinker ska vid dimensionering av överbyggnadstjocklek enligt TRVINFRA-00224 sättas till 40 MPa.

Råd

För andra tillämpningar än bestämning av överbyggnadstjocklek för väg kan elasticitetsmodul väljas baserad på rekommenderade värden från tillverkaren.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

Vid beräkning av tjäldjup kan vattenkvoten sättas till 50 %. För torrdensitet används deklarerat värde. Om deklarerat värde saknas väljs $\rho_d = 0,40 \text{ t/m}^3$.

Värmeledningsförmåga för fruset material kan sättas till $\lambda_{\text{fruset}} = 0,22 \text{ W/mK}$. För värmeledningsförmåga för ofruset material används deklarerat värde från typprovningen, alternativt $\lambda_{\text{ofruset}} = 0,18 \text{ W/mK}$.

8.4.2.4 Redovisning i bygghandling

K157473

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med lättklinker innehålla:

- Utformning och utförande av underbyggnad, överbyggnad och släntskydd.
- Utformning av stolpfundament och andra konstruktioner.
- Dimensionerande materialegenskaper.
- Restriktioner för belastningar.

8.4.2.5 Utförande och kontroll

K157475

Bank med lättklinker för väg och järnväg ska och utföras och kontrolleras enligt AMA 20 CED.111 och CEB.82. Fyllning av lättklinker mot byggnadsverk ska utföras och kontrolleras enligt AMA 20 CED.1122.

8.4.3 Skumglas

Förutsättning

Lättfyllning med skumglas får utföras som obundet skumglas, cementstabiliserat skumglas eller cementstabiliserat och armerat skumglas.

Dimensionering och utformning enligt detta avsnitt förutsätter en karakteristisk friktionsvinkel hos skumglas på minst 42°.

8.4.3.1 Material

K157479

Skumglas ska uppfylla krav enligt AMA 20 CED.13 och "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CED.131.

K157480

Skumglas ska vara beständigt mot kemiska ämnen som härrör från trafik, exempelvis petroleumprodukter och vägsalt.

K197655

Stödfyllning ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.82.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

8.4.3.2 Utformning

K157504

Skumglas ska utformas och utföras enligt AMA 20 CED.131 och CED.1322.

K157506

Behov av materialskiljande lager ska utredas i varje enskilt fall.

Råd

Normalt är det lämpligt med materialskiljande lager vid skumglas på terrass av lera, organisk jord eller blöta siltiga jordar.

Mot vanliga överbyggnadsmaterial för väg och järnväg som förstärkningslagermaterial och underballast behövs inte materialskiljande lager.

Råd

Skumglas tillhör tjälfarlighetsklass 1 och är isolerande, vilket beaktas för att erhålla homogent tjällyftande egenskaper i banken.

8.4.3.2.1 Skumglas i bank för väg

K157512

Skumglas får inte placeras närmare överytan än 0,5 m för att undvika frosthalka.

K157516

Minsta obunden överbyggnadstjocklek för vägar med ÅDT > 2 000 ska vara 0,6 m över obunden skumglasfyllning.

Råd

Fyllning kring stolpfundament och räckesinfästningar får utgöras av skumglas.

Skumglas kring stolpfundament och räckesinfästningar kan cementstabiliseras alternativt ersättas med krossmaterial.

8.4.3.2.2 Skumglas i bank för järnväg

K157514

Över obundet skumglas ska finnas minst 0,8 m underballast och 0,5 m makadamballast.

K157515

Kontaktledningsfundament bör undvikas på sträckor med skumglas. Brunnsringar kombinerade med spontplank eller armerat cementstabiliserat skumglas kan användas.

8.4.3.3 Dimensionering

K157483

Lasttillskott från trafiklast får inte överstiga 60 kPa på överyta av skumglas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K157484

Total last (trafiklast + egentyngd överbyggnad) på överyta av skumglas får inte överstiga 100 kPa.

K157485

Egentyngden ovan GVV ska ansättas till 4,0 kN/m³ och effektiv tyngd under GVV ska ansättas till 1,0 kN/m³. om deklarerat värde inte kan ange annat.

8.4.3.3.1 Stabilitet och sättningar

K157493

Bankens inre stabilitet ska verifieras om medelsläntlutningen i skumglasfyllningen är brantare än 1:1.

K157495

Vid utläggning av höga bankar ska stabiliteten hos skumglas beaktas och all onödig trafik ska undvikas innan stödfyllningen är utlagd.

Råd

Vid beräkningar av deformationer bör styvhetsmodulen baseras på deklarerade värden från tillverkaren. Saknas deklarerat värde från typprovning kan modulen sättas till 150 MPa.

Råd

Utförs banken enligt avsnitt 8.4.3.2 kan sättning inklusive omlagring i skumglas förväntas bli maximalt 2,0 % efter packning.

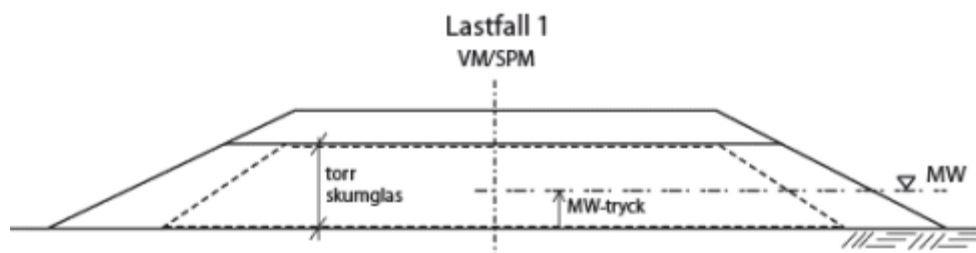
8.4.3.3.2 Upplyftning

K157499

Upplyftning ska verifieras för följande lastfall:

Lastfall 1: Nyutlagd skumglas

För torrt skumglas i kombination med medelvattennivån ska tunghet enligt Figur K8.4-6 användas.



Figur K8.4-6. Lastfall 1 motsvarar nyutlagd skumglas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

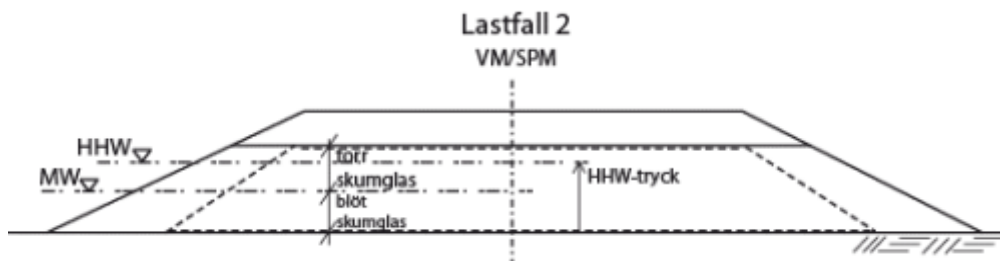
Version

1.0

Effektiv tunghet för torrt material under MW ska sättas till $-5,5 \text{ kN/m}^3$ och tungheten för torrt material över MW ska sättas till $1,9 \text{ kN/m}^3$ om inte deklarerat värde kan visa annat.

Lastfall 2: Långtidsfall

För torrt skumglas ovan medelvattennivån i kombination med högsta högvattennivå ska tunghet enligt Figur K8.4-7 användas. Under medelvattennivån ska tunghet för skumglas som legat i konstruktionen under lång tid användas.



Figur K8.4-7. Lastfall 2 motsvarar skumglas som legat i konstruktionen under lång tid.

Effektiv tunghet för blött material under MW ska sättas till $-3,0 \text{ kN/m}^3$, effektiv tunghet för torrt material mellan MW och HHW ska sättas till $-5,5 \text{ kN/m}^3$ och tungheten för torrt material över HHW ska sättas till $3,5 \text{ kN/m}^3$ om deklarerade värden inte kan visa annat.

8.4.3.3 Överbyggnadsdimensionering för väg

K157501

Elasticitetsmodulen för skumglas ska vid dimensionering av överbyggnadstjocklek enligt TRVINFRA-00224 sättas till 300 MPa.

Råd

Vid beräkning av tjäldjup kan vattenkvoten sättas till 50 %. För torrdensitet används deklarerat värde. Om värde saknas väljs $\rho_d = 0,35 \text{ t/m}^3$. Värmeledningsförmåga för fruset material ska sättas till $\lambda_{\text{fruset}} = 0,15 \text{ W/mK}$. För värmeledningsförmåga för ofruset material ska deklarerat värde från typprovningen användas. Saknas deklarerat värde från typprovning ska värmeledningsförmågan för ofruset material sättas till $\lambda_{\text{ofruset}} = 0,13 \text{ W/mK}$.

8.4.3.4 Redovisning i bygghandling

K157521

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med skumglas innehålla:

- Utformning och utförande av underbyggnad, överbyggnad och släntskydd.
- Utformning av stolpfundament och andra konstruktioner.
- Dimensionerande materialegenskaper.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

- Restriktioner för belastningar.

8.5 Vertikaldränering

Förutsättning

Vertikaldränering får utföras med antingen sanddräner eller förtillverkade banddräner.

8.5.1 Material

K157528

Dräner ska uppfylla krav enligt SS-EN 15237.

K157529

Dräneringsbädd ska bestå av material enligt AMA 20 CEF.16.

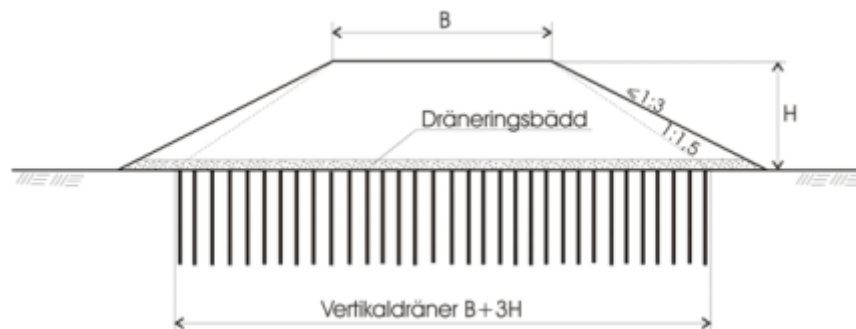
8.5.2 Utformning

K157530

Vertikaldräner ska utsträckas så långt mot släntfot att inga besvärande sättningar uppkommer i bankens tvärled.

Råd

Besvärande sättningar kan undvikas om dränerna sätts utanför respektive krönkant för underballast eller vägbana till minst 1,5 gånger bankhöjden, se Figur R8.5-1, om slänterna är brantare än 1:3.



Figur R8.5-1. Dränerings utsträckning i bankens tvärled.

K157531

Vertikaldränering ska utsträckas så långt i längdled att övergången till odränerat område blir jämn i bankens längdled.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Råd

I anslutning till fastmark kan övergången till odränerat område antas bli jämn om vertikaldräneringen utsträcks så långt att den kompressibla jordens mäktighet under torrskorpan avtagit till ca 1,5 gånger dränavståndet och att den temporära överhöjningen utspetsas över det odränerade området.

K157532

Temporär överhöjning ska utgöras av material med känd tunghet.

K157533

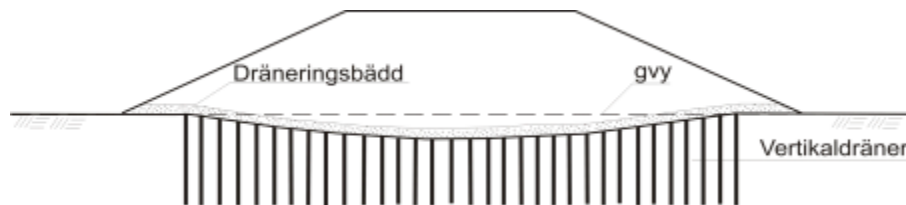
När temporär överhöjning utgörs av annat material än resterande överbyggnad ska materialskiljande lager användas för att undvika materialblandning i överbyggnaden.

K157534

Om vertikaldränering utformas med dräneringsbädd ska dräneringsbädd utformas och ha tillräcklig kapacitet att avbörda det utpressade porvattnet från vertikaldränerna utan att det påverkar konsolideringsförloppet.

Råd

Vid täta fyllningsmassor i banken bör dräneringsbädd vara minst 0,5 m.
Vid stora sättningar kan särskilda åtgärder krävas för att undvika problem i lågpunkten t.ex. pumpgropar nedförda till dränbädden, se Figur R8.5-2.



Figur R8.5-2. Exempel på behov av att säkerställa dränering vid stora sättningar.

8.5.3 Dimensionering*Råd*

Geoteknisk kategori 3 bör övervägas då:

- bankhöjden överstiger 4 m
- den ostörda jordens hållfasthet < 8 kPa.

K157546

Liggtid för bank och temporär överhöjning ska beräknas.

Råd

Liggtid för bank med temporär överhöjning är normalt 1-1,5 år. Dimensionering av dränavstånd och temporär överhöjning med hänsyn till disponibel liggtid, aktuellt dränmönster och jordens konsolideringsegenskaper kan göras enligt avsnitt 8.5.2.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

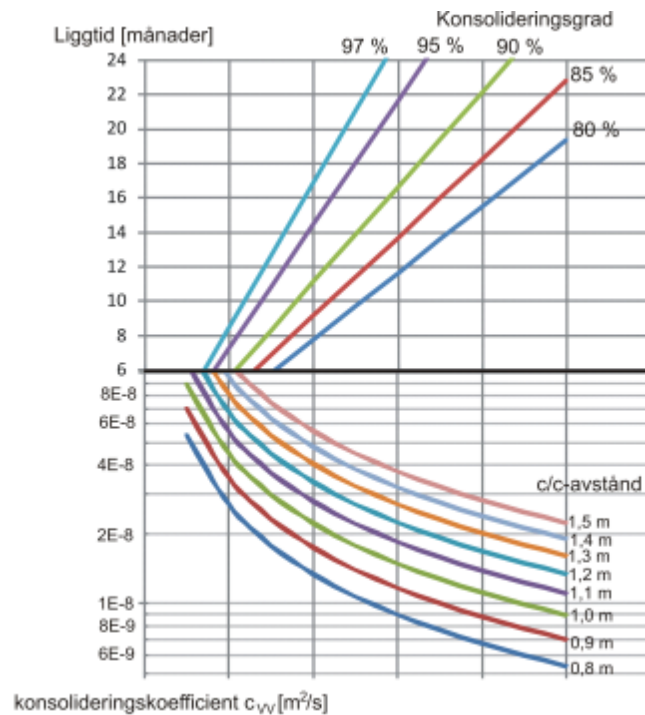
Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Ekvationen återges grafiskt för dubbelsidig dränering med kvadratisk placerade banddräner (100x4 mm) i Figur R8.5-3.



Figur R8.5-3. Diagram för bestämning av liggtid och dränavstånd vid olika konsolideringsgrad för banddräner satta i kvadratisk rutmönster i lera. För sulfidjord minskas centrumavståndet med 25 %.

K157548

Vid beräkning av liggtid och lastetapper ska försämrade dräneringsfunktion hos dräneringsbädden på grund av frysning beaktas.

K157567

Efter avlastning får inte den totala lasten på undergrunden (tyngd av bank inklusive sättningkompensation) överstiga 90 % av den effektivspänning som jorden konsoliderats för under liggtiden antaget att lastspridning beaktats med en elasticitetsteoretiskt baserad metod.

K157569

Vid lastberäkning ska kompensation göras för jordmassor som hamnar under grundvattenytan på grund av sättningar.

Råd

Den totala lasten på undergrunden (tyngd av bank inklusive sättningkompensation) efter avlastning antas inte överstiga 90 % av den effektivspänning som jorden konsoliderats för under liggtiden om spänningen i mitten av jordvolymen uppfyller:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

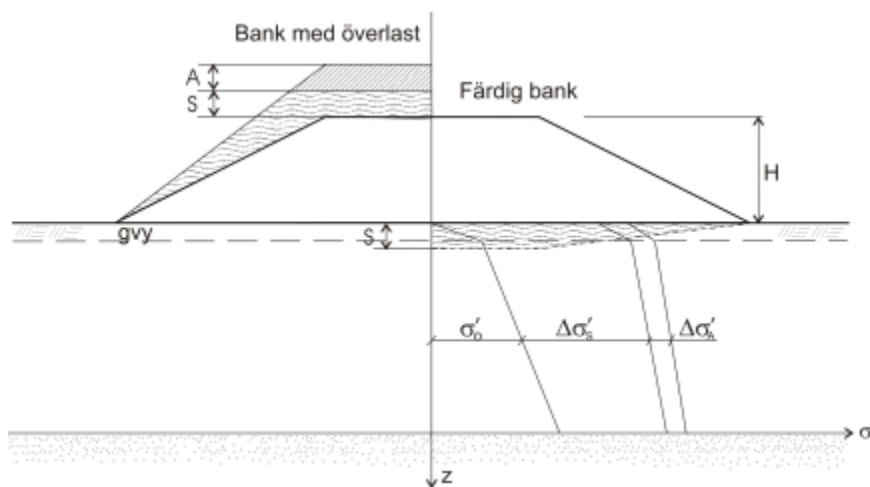
1.0

$$\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_s + \Delta\sigma_A}{\sigma'_0 + \Delta\sigma_s} = 1,10$$

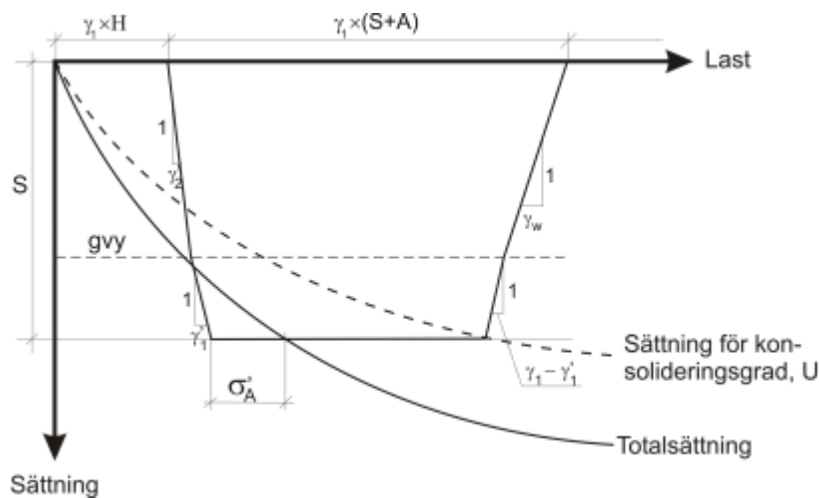
σ'_0 är effektiva normalspänningen före bankuppfyllnad.

$\Delta\sigma_s$ är spänningstillskottet för bankfyllning inklusive sättningkompensation.

$\Delta\sigma_A$ är tillskottspänningen för den överlast som sedan lastas av. Se Figur R8.5-4



Figur R8.5-4. Utfylld och färdig bank med effektivspänning vid olika lastfall. A illustrerar avlastning och S illustrerar sättningkompensation.



Figur R8.5-5. Grafisk beräkning av överhöjning där hänsyn tas till att jordmassor hamnar under grundvattenytan. γ_1 är tungheten för banken, γ_2 är tungheten på leran och γ_w är tungheten på vattnet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Vid beräkning av överlast enligt Figur R8.6-5 får följande beräkningsgång användas:

1. Beräkna och rita upp totalsättningen, sättningen för konsolideringsgrad U och $1,15$ -totalsättningen. $1,15$ avser att uppfylla spänningskravet i mitten av jordvolymen.
2. Lägg in grundvattenytan.
3. Avsätt bankens tyngd, $\gamma_1 \cdot H$, på last-axeln.
4. Dra en linje i lutning $1:\gamma'_2$ ner till grundvattenytan för att modellera lerans nedsjunkning under grundvattenytan.
5. Förläng linjen med lutning $1:\gamma'_1$ ner till kurvan för $1,15$ -totalsättningen för att modellera bankens nedsjunkning under grundvattenytan.
6. Dra en horisontell linje till sättningskurvan för konsolideringsgrad U .
7. Dra en linje upp mot last-axeln i lutning $1:\gamma_1 - \gamma'_1$ upp till grundvattenytan för att modellera lastkompensationen för inträffad sättning.
8. Förläng linjen med lutning $1:\gamma_w$ upp till last-axeln för att modellera lastkompensation för inträffad sättning.
9. Avläs överlasten på last-axeln ($S+A$).
10. Kontrollera att ekvation ovan uppfylls, annars repeteras från steg 1 med ett högre värde än $1,15$.

8.5.3.1 Brottgränstillstånd

K157550

Dimensionerande hållfasthet ska bestämmas med beaktande att installation av dräner medför en störd zon kring dränerna med kraftigt reducerad hållfasthet direkt efter installation.

Råd

Den störda zonens diameter får sättas lika med dubbla drändiametern om installation sker med konventionell utrustning.

K157553

Ökning av markens bärförmåga i takt med att jorden konsolideras för bankens tyngd får tillgodoräknas om det kan verifieras med beräkningar eller provning. Vid verifiering med enbart beräkning ska hållfasthetsökningen maximalt motsvara 10 % av den effektivspänningsökning som åstadkommit över det ursprungliga förkonsolideringstrycket.

Råd

Om uppfyllning påbörjas inom 3 månader efter installation av vertikaldränerna bör skjuvhållfastheten reduceras med 30 %. Om uppfyllningen påbörjas senare än 3 månader efter dränernas installation behövs ingen reduktion av hållfastheten förutsatt att dränavståndet för banddräner väljs $\geq 0,8$ m.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

8.5.3.2 Bruksgränstillstånd

K157558

En prognos över sättningar och konsolideringsgrad ska göras för att bestämma erforderlig överhöjning och liggtid.

K157559

Hänsyn ska tas till att jordens permeabilitet minskar i takt med att jorden konsolideras för bankens tyngd.

Konsolideringsgraden i den aktuella jordvolymen ska verifieras genom mätning under utförandet.

Råd

Minskning av jordens permeabilitet under konsolideringsfasen får beräknas med en konsolideringskoefficient vid horisontell strömning, c_{vh} , som representerar hela det aktuella spänningsintervallet.

c_{vh} kan normalt antas vara lika med 2 c_{vv} för normal lera och 1,3 c_{vv} för sulfidlera (c_{vv} är konsolideringskoefficient vid vertikal strömning).

Råd

En konsolideringsgrad på 85-95 % bör eftersträvas.

Konsolideringsgraden är till största delen beroende av den horisontella strömningen mellan dränerna men vid djup mindre än 10 m beaktas även den vertikala strömningen.

Den färdiga bankens beräknade slutsättning uppnås inte vid exakt samma tidpunkt i alla jordlager. Det beror främst på att jordens permeabilitet varierar i olika lager men även på att lastökningen blir olika stor i förhållande till jordens konsolideringsspanning.

För homogen lera kan medelkonsolideringsgrad, U , enligt Carillo beskrivas som:

$$U = U_h + U_v - U_h \cdot U_v$$

U_v är konsolideringsgraden för vertikal strömning som kan bestämmas med Terzaghis teori.

U_h är konsolideringsgraden för horisontell strömning och kan beskrivas som:

$$U_h = 1 - \exp\left[\frac{-8c_{vh} \cdot t}{D^2 \cdot f(n)}\right]$$

c_{vh} är konsolideringskoefficient vid horisontell strömning. .

t är tid efter bankens uppfyllnad.

D är diametern för dränens influensområde. För dräner installerade i kvadratisk mönster kan D sättas till $1,13 \cdot cc_{drän}$ och vid triangulärt mönster kan D sättas till $1,05 \cdot cc_{drän}$, där $cc_{drän}$ är centrumavståndet mellan dränerna.

Faktorn, $f(n)$, beräknas vid dubbelsidig dränering enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

$$f(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \left[\ln\left(\frac{n}{s}\right) - 0,75 + \frac{k_h}{k_s} \cdot \ln(s) \right]$$

n är *D/d*.

d är dränens diameter. För banddräner räknas med en ekvivalent diameter lika med diametern för en cirkel med samma omkrets som banddränen och kan sättas till 0,066 m för dräner 100x4 mm.

s=*d_s*/*d*.

d_s är diameter för störd zon och kan normalt sättas till 2·*d*.

k_h är den ostörda jordens horisontella permeabilitet.

k_s är permeabilitet i störningszonen och kan normalt sättas till *k_h*/3.

För varviga jordar eller gytta kan andra antaganden behöva göras.

Råd

Under liggtiden får antas att inga krypsättningar inträffar.

8.5.4 Redovisning i bygghandling

K157571

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med vertikaldränering innehålla:

- läge för dräner i plan
- utformning av temporär överhöjning, inklusive tjocklek och sättningskompensation och tryckbankar
- typ av dräner
- liggtid för temporär överhöjning samt prognostiserat sättningsförlopp
- restriktioner för belastningar, framkomlighet och omgivningspåverkan.

8.5.5 Utförande och kontroll

K157573

Installation av dräner ska ske enligt AMA 20 CDB.11 och SS-EN 15237.

K157574

Sättningsuppföljning ska utföras så att underlag erhålls för att bestämma rätt tidpunkt för avlastning och för eventuell modifiering av överhöjningen på grund av avvikelser vid jämförelse med sättningsprognoser.

Råd

Vid sättningsuppföljning är det en fördel att kontinuerligt kompensera lasten så att belastningen på ursprunglig markyta hålls konstant om prognosen bygger på Terzhagis konsolideringsteori.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K157576

Kontroll av vertikaldräneringar ska omfatta dels arbetet med dränernas installation och utfyllning av bankmassor och dels uppföljning och analys av rörelser.

8.6 Förbelastning av väg på låg- och mellanförmultnad torv

Förutsättning

Lämpligheten för förbelastning av väg på låg- och mellanförmultnad torv begränsas av att vägen utgör en flytande konstruktion och att vägens projekterade profilplan helst inte bör ligga alltför högt över markplanet.

Vägar tillhörande det sekundära vägnätet har ofta svaga vägkanter orsakade av s.k. "självbreddning" där överbyggnadsmaterial hyvlats ut över svag undergrund.

8.6.1 Material

K157580

Material i förbelastning som ska utgöra överbyggnad i färdig väg ska uppfylla krav på material enligt TRVINFRA-00224.

Råd

Grundvattenytan står högt i torvmarker vilket medför att förstärkningslager och bärlager ofta hamnar nära eller under grundvattenytan.

K157581

Material i förbelastning som inte kommer utgöra överbyggnad i färdig väg ska uppfylla krav på bankmaterial enligt avsnitt 7.3.

K157582

Dimensionerande draghållfasthet för geotextil ska vara minst 35 kN/m.

8.6.2 Utformning

K157583

Förbelastning ska utformas och utföras så att brott i torven inte uppkommer.

K157588

Vid breddning med förbelastning ska befintlig väg och breddning ha samma bärighet.

Råd

Nybyggnad

Vid nybyggnad bör beaktas att sättningen kan bli så liten att vägöverbyggnadens totaltjocklek blir mindre än vad som anges i TRVINFRA-00224 och i dessa fall utförs en förskakt för att uppnå erforderlig överbyggnadstjocklek. Den ytliga rotfilten bör om möjligt kvarlämnas då denna har en armerande effekt. Fyllningen kan efter avjämning läggas ut direkt på markytan eller på en geotextil.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

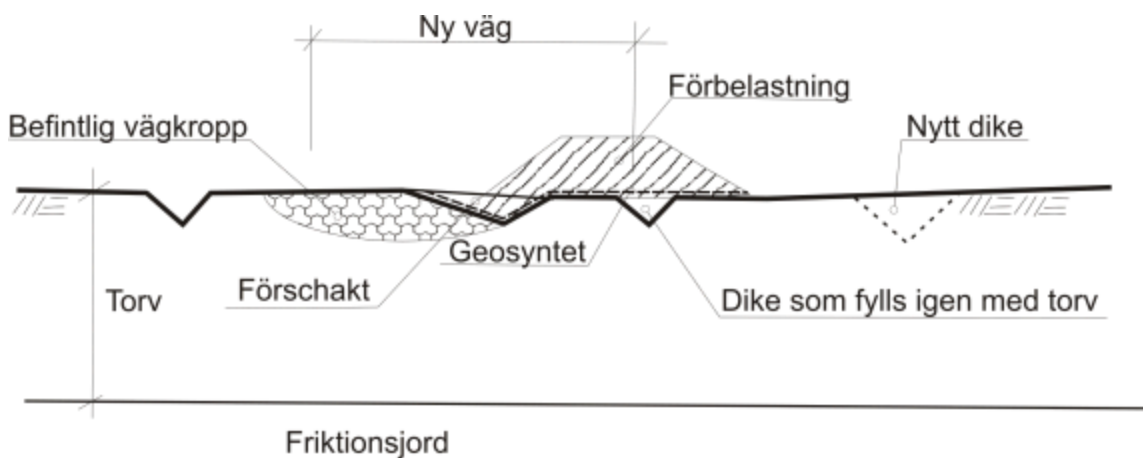
Version

1.0

Breddning av befintlig väg

I Figur R8.6-1 visas ett exempel på hur en väg kan breddas och förstärkas med hjälp av förbelastning.

Befintligt dike återfylls med torv som packas med skopa och ett nytt dike tas upp på större avstånd från befintlig väg. En förshakt utförs i befintlig väggropp varefter en geotextil läggs ut på schaktens botten och ut under blivande förbelastning. Geotextilen används för att fungera som materialskiljande lager och hålla samman befintlig väggropp med den breddade delen. Den befintliga yttorven bör vara kvar under den blivande breddningen.



Figur R8.6-1. Breddning av befintlig väg med förbelastning.

K157584

Geotextil ska läggas i våder vinkelrätt mot vägen.

8.6.3 Dimensionering

8.6.3.1 Brottgränstillstånd

K157587

Förbelastningens storlek, pålastningsetapper och liggtid ska dimensioneras så att brott i torven inte uppkommer.

Råd

Torvens hållfasthetsegenskaper avgör vilken pålastning som kan tillåtas.

Normalt kan 1,0-1,2 m lastas på utan att det orsakar brott i torven.

K157592

Pålastning ska dimensioneras så att en avlastning är möjlig vid tidpunkten för primär konsolidering för att reducera eftersättningar.

K222840

Om pålastning utförs i flera steg ska konsolidering tillåtas ske mellan varje laststeg.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

Torvens hållfasthet ökar med kompressionen vilket får tillgodoräknas vid dimensionering med flera laststeg.

Det första laststeget utförs i två steg med maximalt 0,6 m fyllningshöjd i varje laststeg. Innan det andra laststeget påförs bör det första laststeget ha legat i ca 1-2 dygn.

Normalt konsoliderar torven snabbt för belastningen. Intervallet mellan de därpå följande pålastningarna behöver inte bli längre än ca en månad. Intervallet kan beräknas med hjälp av Figur R8.6-3 med förutsättningen att 70-80 % konsolidering uppnås vid varje lastetapp innan nästa pålastning påbörjas.

Råd

Långtidsdeformationer i torv kan antas uppkomma när den aktuella effektivspänningen i jorden σ' är högre än $0,8 \sigma'_c$. Om en förbelastning t.ex. ökar effektivspänningen i jorden till 30 kPa betyder det att en avlastning med minst $(1-0,8) \cdot 30 \text{ kPa} = 6 \text{ kPa}$ bör genomföras.

K197836

Dimensionering av förbelastningens storlek och tidpunkt för avlastning ska justeras efter resultat från sättninguppföljning i byggskedet.

Råd

Förbelastning kräver att fyllningstjockleken och tids/sättningsförloppet följs upp noggrant under byggnadstiden.

8.6.3.2 Bruksgränstillstånd

K157590

En prognos över sättningar ska göras för att bedöma erforderlig överhöjning.

Råd

Där kompressibla lager förekommer under torven måste sättningarna även i dessa lager medräknas i sättningsprognos. Ofta förekommer lagerföljder med torvlager överst och därunder en normalkonsoliderad och kompressibel lera. I dessa fall får lerans egenskaper en avgörande betydelse för beräkning av sättningar och tidsförlopp.

Råd

Beräkningar bör utföras med egenskaper bestämda på ostörda prover.

Överslagsmässig bestämning av sättningars storlek vid en given belastning kan göras med hjälp av Figur R8.6-2.

Överslagsmässig bestämning av sättningars tidsförlopp kan göras med hjälp av Figur R8.6-3.

Diagrammen bygger på erfarenhetsvärden på torvs egenskaper.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

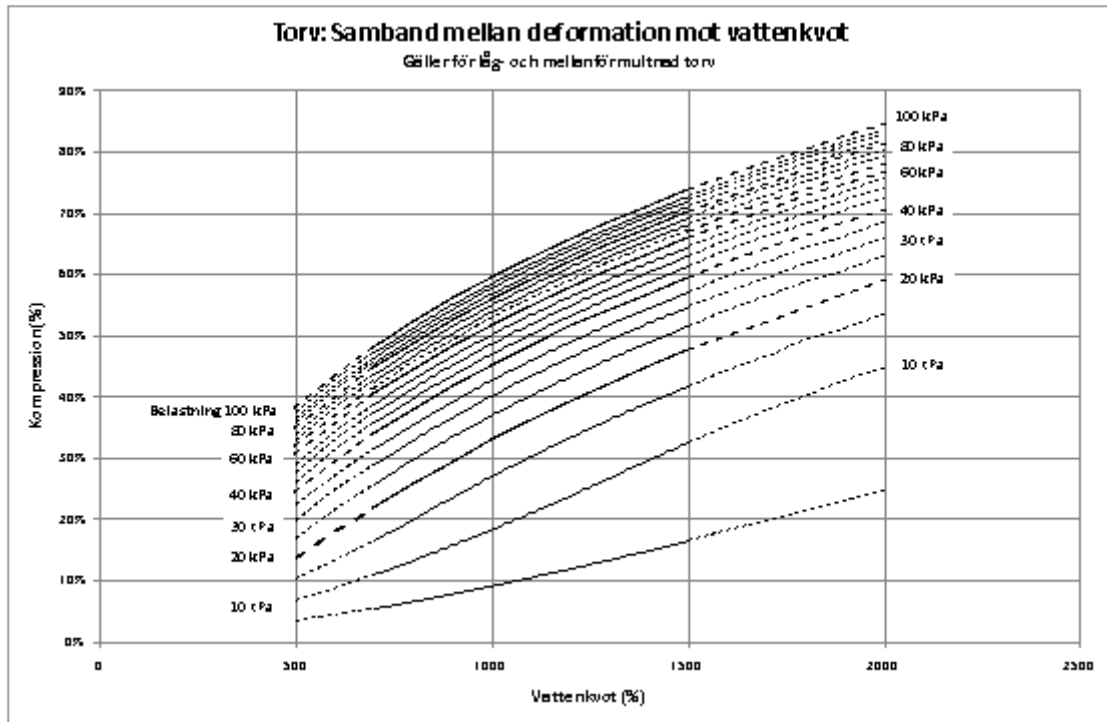
Konfidentialitetsnivå

Version

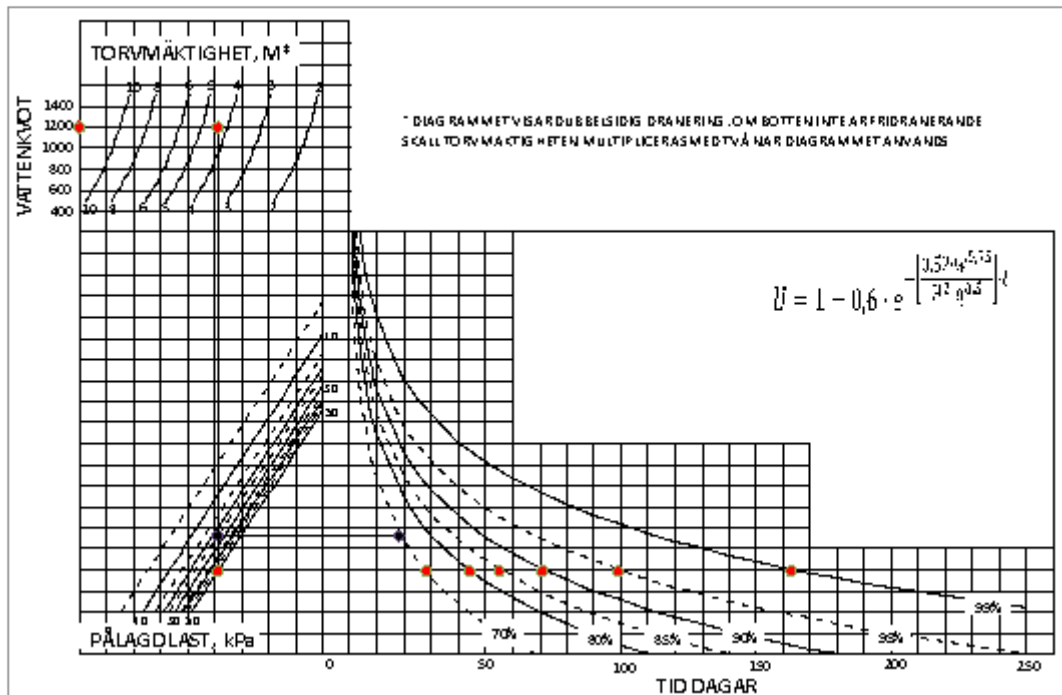
TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur R8.6-2. Samband mellan belastning och kompression för torv med olika vattenkvoter, baserat på försök utförda på lågförmultnad torv och mellantorv med vattenkvot i intervallet $700\% < w_n < 1500\%$. Exempelvis erhålls 40 % deformation vid 30 kPa belastning på en torv med vattenkvoten 1000 %.



Figur R8.6-3. Bestämning av sättningars tidsförlopp i torv. Exempel: En belastning av 23 kPa på en torv med vattenkvot 1200 % och mäktigheten 4,5 m kan förväntas ge ca 70 % konsolidering efter ca 19 dygn. Vid belastningen 48 kPa på samma torvavlagring kan tiden för 70, 80, 85, 90, 95 och 99 % konsolidering förväntas bli 28, 44, 55, 71, 99 resp. 163 dagar.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Råd

Torv har i naturligt tillstånd ofta en relativt hög permeabilitet vilket medför att största delen av sättningarna inträffar inom en kort tidsperiod efter belastning. Med deformationen minskar såväl torvens permeabilitet som dess kompressibilitet kraftigt, vilket är gynnsamt. Med konsolideringen erhålls också en ökning av torvens hållfasthet.

8.6.4 Utförande och kontroll

K157597

Vid breddning av väg med förbelastning ska bärigheten hos bärlagrets överyta i den befintliga vägen och den breddade delen verifieras.

Råd

Uppbyggnad av befintlig väggkropp kan verifieras i samband med förskakt
Bärighet kan undersökas med tung fallvikt eller statisk provbelastning.

Råd

Sättningar och fyllningstjocklekar kan mätas med markpegel. Vid nybyggnad kan mätning av sättningar utföras i horisontella slangar under utfylld bank.

8.7 Lätt bankpålning med träpålar

Förutsättning

Med lätt bankpålning avses sättningsreducerande förstärkningsmetod i kohesionsjord där ovanliggande banklast förs över till träpålar och bärkraftiga jordlager via ett lastfördelande jordlager med geosyntetisk armering. Lätt bankpålning utförs utan påplattor.

Den ostörda jordens karakteristiska skjuvhållfasthet ska vara >7 kPa.

Artesiskt portryck får inte föreligga.

För oförstärkt bank ska säkerheten mot totalstabilitetsbrott vid tillståndsbedömning, $F_c > 1,0$.

8.7.1 Material

K157610

Träpåle ska vara av oskadat virke av fur eller gran med hållfasthetsklass C14 eller C30 enligt SS-EN 338.

K197845

Träpåle ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CCB.3.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

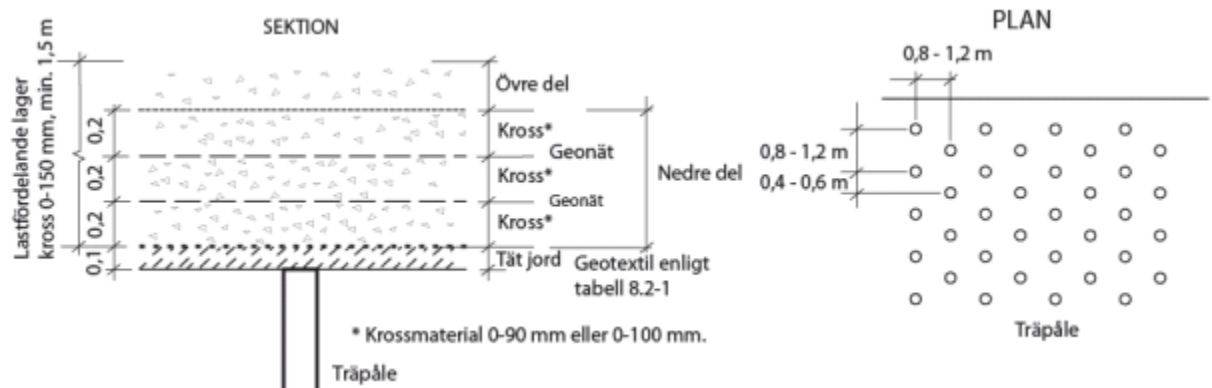
Ej känslig

1.0

8.7.2 Utformning

K157609

Lätt bankpållning med träpålar ska utformas enligt figur K8.7-1.



Figur K8.7-1. Principiell utformning lätt bankpållning med träpålar.

K157612

Träpåle i hållfasthetsklass C14 får inte användas för bankhöjder högre än 6 m och träpåle i hållfasthetsklass C30 får inte användas för bankar högre än 10 m.

K157613

Pålar ska installeras i ett triangulärt mönster med c-c avstånd mellan 0,9 och 1,2 m.

K157614

Tätningslager av tät vattenmättad finkornig jord av materialtyp 4 eller 5A ska ha en minsta tjocklek om 0,1 m ovan pålavskärningsplanet.

Råd

Om pålavskärningsplanet väljs i nivå med befintlig markyta och tätningslager utgörs av fuktighetsbevarande jord av materialtyp 4 eller 5A kan antas att pålarna inte torkar eller utsätts för rötangrepp.

K157616

Stenstorleken i nedre delen av det lastfördelande lagret på och kring armeringen ska begränsas till max stenstorlek 90 mm.

K157617

Geosyntetisk armering ska vara nät av polypropen.

K157618

Geonäten ska vara styva och förankras så att horisontella rörelser minimeras.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

Syftet med geonätet är att få det lastfördelande lagret så styvt som möjligt. Geonätet fungerar alltså inte på samma sätt som vid bankpålning med pålplattor.

K157620

Minsta bankhöjd ovan utjämningslagret ska vara 1,5 m.

8.7.3 Dimensionering

8.7.3.1 Brottgränstillstånd

K157624

Tyngden av bankfyllning och trafiklast ska behandlas som en geoteknisk last.

K157625

Vid dimensionering av lätt bankpålning med träpålar ska följande verifieras:

- Pålarnas konstruktiva och geotekniska bärförmåga.
- Stabiliteten i fyllningsslänten i tvär- och längdled.

Råd

För pålar med hållfasthetsklass C14 respektive C30 kan den konstruktiva bärförmågan sättas till 90 kN respektive 200 kN då pålspetsens diameter minst är 125 mm.

Om lägst hållfasthetsklass C14 används samtidigt som jorden längs pålen har en skjuvhållfasthet på lägst 7 kPa godtas att pålens konstruktiva bärförmåga uppskattas enligt:

$$R_d = f_d \cdot A$$

f_d är dimensionerande hållfasthetsvärde

A är pålens tvärsnittsarea vid mest ansträngda snitt

Avståndet mellan pålarna kan uppskattas enligt följande:

$$c = \sqrt{R_d / (h \cdot \gamma + q_t)}$$

R_d är det lägsta värdet av pålens geotekniska och konstruktiva dimensionerande bärförmåga.

h är bankhöjd över påltopp.

γ är bankmaterialets tunghet.

q_t är trafiklast för partialsäkerhetsanalys.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K157627

Geosyntetisk armering ska dimensioneras enligt avsnitt 10.4.2.1.2 för en dimensionerande draghållfasthet på 3 kN/m.

8.7.3.2 Bruksgränstillstånd

K157629

Prognos över förväntade sättningar ska göras för att bestämma erforderlig liggtid och behov av överlast.

K197847

Dimensionering av förbelastningens storlek och tidpunkt för avlastning ska justeras efter resultat från sättningsuppföljning i byggskedet.

K157630

Konsolideringsgraden i den aktuella jordvolymen ska verifieras genom mätning under utförandet.

Råd

Pålar bör installeras ner till en nivå som motsvarar ett q_c -värde på >5 MPa utvärderad från utförd CPT-sondering.

K157632

Krypning i konstruktionen ska beaktas.

Råd

Är q_c -värdet från CPT-sonderingen > 8 MPa till ett stort djup kan krypningen i undergrunden normalt försummas.

Vid q_c -värde större än 5 MPa och mindre än 8 MPa beaktas krypning vid dimensioneringen såväl under som i den pålförstärkta jorden.

Om pålar installeras med spetsen till jord med E-modul större än 30 MPa bedöms krypningen i konstruktionen bli liten.

8.7.4 Redovisning i bygghandling

K157635

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med lätt bankpålning med träpålar innehålla:

- läge och numrering av alla pålar i plan.
- förväntade pällängder i elevation eller längdsektion samt normalektion.
- Påltoppnivå.

8.7.5 Utförande och kontroll

K157637

Pålning med tryckta träpålar ska utföras enligt AMA 20 CCC.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K157638

Geosyntetisk armering ska utföras enligt AMA 20 DBB.4121.

K157639

Lastfördelande jordlager ska utföras enligt AMA 20 CEB.6112.

K157641

Bankfyllning ska utföras enligt AMA 20 CEB.6121 eller CEB.6122.

Råd

Installation av träpålar vid temperaturer lägre än -10°C bör undvikas på grund av risk för sprickor i träpålen, alternativt kan sprickring användas.

K157642

Pålar i hållfasthetsklass C30 ska inspekteras och godkännas av en oberoende virkesmätare.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

9 Grundkonstruktioner

9.1 Grundläggning av byggnadsverk

K157094

Bottenplatta ska grundläggas så att tjällyftning undviks.

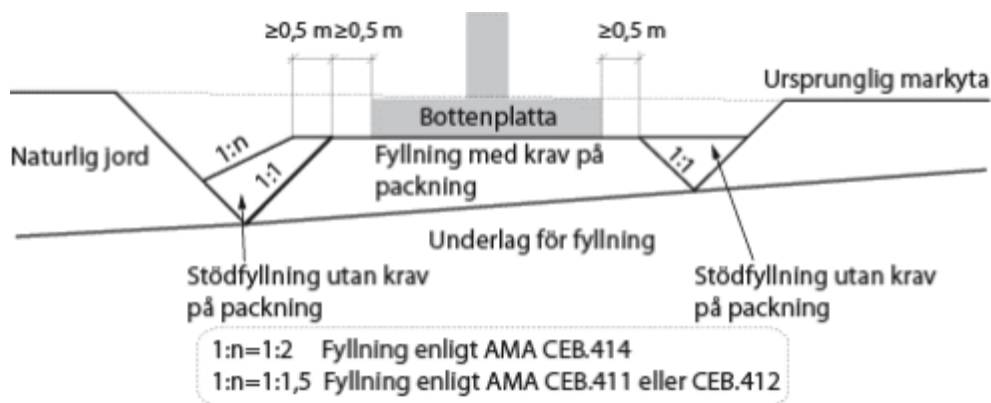
K157096

Jordschakt för grundläggning av bro ska utföras enligt AMA 20 CBB.51. Bergschakt för grundläggning av bro ska utföras enligt AMA 20 CBC.51 med relevanta underkoder.

9.1.1 Grundläggning på fyllning

K157162

Grundläggning av bro på fyllning ska utformas enligt Figur K9.1-1. Packad fyllning ska ha en total tjocklek om minst 0,3 m.



Figur K9.1-1. Packad fyllning för brostöd.

K157163

Material för fyllning och stödfyllning vid grundläggning av bro ska utgöras av sprängsten enligt AMA 20 CEB.411, sorterad sprängsten enligt AMA 20 CEB.412 eller förstärkningslagermaterial enligt AMA 20 CEB.415.

Råd
Stödfyllning bör utgöras av samma material som den packade fyllningen under brostödet.

K157164

Fyllningsmaterial vid grundläggning av rörbro ska utgöras av krossad sprängsten enligt AMA 20 CEB.413 eller förstärkningslagermaterial enligt AMA 20 CEB.415.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

K157165

Fyllningsmaterial av sprängsten eller sorterad sprängsten ska tätas enligt AMA 20 CEE.124.

9.1.2 Fyllning mot bro

K157168

Fyllning mot bro ska utformas så att sättningar och materialvandring inte uppstår.

Råd

Materialskiljande lager under fyllning bör användas vid behov.

K157169

Fyllning mot bro får utgöras av förstärkningslagermaterial enligt AMA 20 DCB.211, grovkrossad sprängsten enligt AMA 20 CEB.11113, lättklinker enligt AMA 20 CED.111 och cellplast enligt AMA 20 DBG.31.

Om packning endast kan ske med vibratorplatta ska förstärkningslagermaterial väljas.

K157170

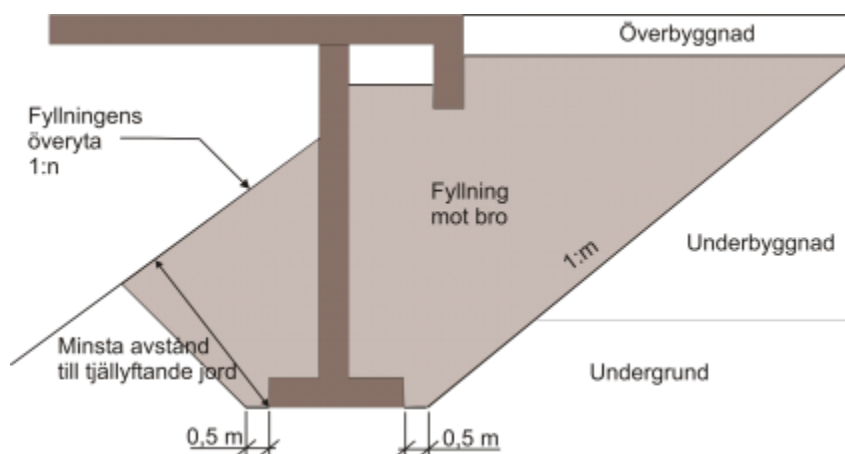
Fyllning mot bro ska utföras enligt AMA 20 CEB.52.

Råd

I säkerhetsklass 2 får kraven på släntstabilitet och krypning anses uppfyllda om fyllningen utformas med brantaste släntlutning (1:m) enligt Figur R9.1-1 och Tabell R9.1-1.

För att underlätta inspektion bör fyllningens överyta, (1:n) enligt Figur R9.1-1, utformas med släntlutning 1:2. Brantare släntlutning kan efter dimensionering användas vid brist på utrymme, dock ej brantare än 1:1,5.

Minsta avstånd till tjällyftande jord väljs enligt avsnitt 9.1.3 för vägbroar och avsnitt 9.1.4 för järnvägsbroar.



Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

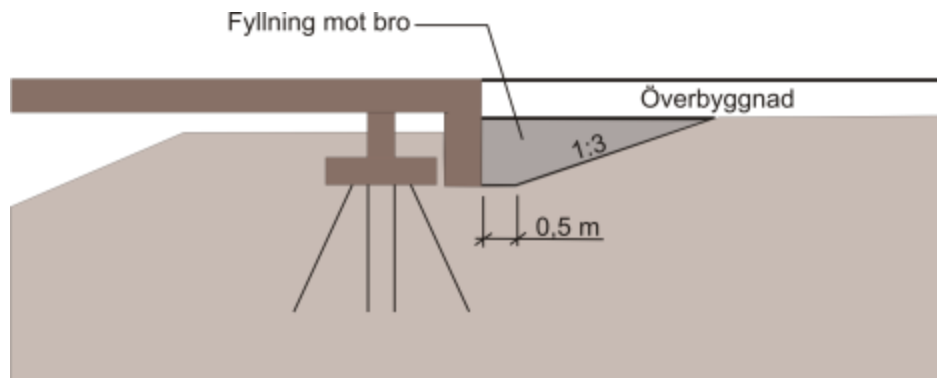
Figur R9.1-1. Fyllning mot bro.

Tabell R9.1-1. Brantaste släntlutning (1:m) enligt Figur R9.1-1.

<i>Material</i>	<i>Brantaste släntlutning, 1:m</i>
<i>Undergrund:</i>	
<i>Berg</i>	<i>1:1,0</i>
<i>Grov- och blandkornig jord</i>	<i>1:1,5</i>
<i>Finkornig jord</i>	<i>enligt dimensionering</i>
<i>Underbyggnad:</i>	
<i>- som kräver liggtid enligt AMA 20 CEB.11212 och CEB.322</i>	<i>1:3,0</i>
<i>- i övriga fall</i>	<i>1:1,5</i>

K157172

Fyllning mot ändskärm enligt Figur K9.1-2 ska betraktas som fyllning mot bro.



Figur K9.1-2. Fyllning mot ändskärm.

K157173

Fyllning mot rörbro ska utföras enligt AMA 20 CEB.52.

9.1.3 Minsta avstånd till tjällyftande jord för vägbroar

K157098

Minsta avstånd till tjällyftande jord enligt Figur K9.1-1 för vägbroar ska vara enligt Tabell K9.1-1, alternativt krävs isolering med cellplast. Minsta avstånd till tjällyftande jord räknas från blivande markyta eller MLW.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Tabell K9.1-1. Minsta avstånd till tjällyftande jord från blivande markyta eller MLW för bestämning av grundläggningsnivå.

Klimatzon enligt VVFS 2004:31	1	2	3	4	5
Tjälfarlighetsklass 2-3 i undergrunden	1,0	1,4	1,6	1,8	1,9
Tjälfarlighetsklass 4 i undergrunden	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3

Råd

För mindre vattendrag där LLW förväntas inträffa under vinterhalvåret bör avståndet till grundläggningsnivån räknas från LLW.

9.1.4 Minsta avstånd till tjällyftande jord för järnvägsbroar

K157101

Minsta avstånd till tjällyftande jord enligt Figur K9.1-1 för järnvägsbroar ska vara enligt AMA 20 Figur RA CEB.42/1, alternativt krävs isolering med cellplast. Minsta avstånd till tjällyftande jord räknas från blivande markyta eller MLW.

Råd

För mindre vattendrag som riskerar att gå torra under vinterhalvåret bör avståndet till grundläggningsnivån räknas från LLW.

9.1.5 Isolering med cellplast

K157095

Tjälskydd av cellplast är endast tillåtet för slutna rambroar, slutna rörbroar och pålgrundlagda bottenplattor.

K157104

Isolering ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 DBG.11. Referenshastighet $VR \geq 70$ km/h ska användas för bedömning av erforderligt värmemotstånd.

K157105

Isolering med cellplast ska utformas så att den kortaste vägen från blivande markyta eller MLW till tjällyftande jord under bottenplattan, mätt runt isoleringen, är större än avståndet enligt avsnitt 9.1.3 för vägbroar och avsnitt 9.1.4 för järnvägsbroar.

9.2 Plattgrundläggning

9.2.1 Dimensionering brottgränstillstånd

K156783

Geoteknisk dimensionering i brottgränstillstånd ska omfatta:

- stabilitet
- bärförmåga

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

- glidning
- stjälpning (kombinerat brott i mark och byggnadsverk).

K156784

Möjligheten att jorden framför bottenplattan kan avlägsnas genom erosion eller avschaktning ska beaktas vid dimensionering.

9.2.1.1 Stabilitet

K156786

Bottenplattor ska ha betryggande totalstabilitet och säkerhet mot hydraulisk upplyftning.

K156787

Då sprickzoner och lösa lager förekommer vid berggrundläggning ska totalstabiliteten kontrolleras.

9.2.1.2 Bärförmåga

K156789

Bärförmåga ska verifieras med någon av följande dimensioneringsmetoder:

- analytisk metod
- halvempirisk metod
- hävdvunnen metod.

9.2.1.2.1 Analytisk metod

K156791

Allmänna bärighetsformeln eller glidyteberäkning ska användas.

K156792

Allmänna bärighetsformeln får inte användas vid beräkning av bärigheten vid dränerad analys för en platta i en slänt med släntlutning större än halva värdet på jordens karakteristiska friktionsvinkel.

Råd

Jordens dimensionerande bärförmåga under plattan beräknas enligt:

$$Q_{vd} \leq q_b \cdot A_{ef}$$

A_{ef} är plattans effektiva area som lasten verkar på.

Q_{vd} är dimensionerande last då de enskilda lasterna multiplicerats med aktuella partialkoefficienter enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

$$Q_{vd} = \gamma_{G,k} \cdot G_v + \gamma_{Q,k} \cdot Q_v + \gamma_{G,k} \cdot G_{fund} + \gamma_{G,g} \cdot G_{återf}$$

G_v är egenvikt från överliggande konstruktion.

Q_v är variabel last från överliggande konstruktion.

G_{fund} är egenvikt från fundamentet.

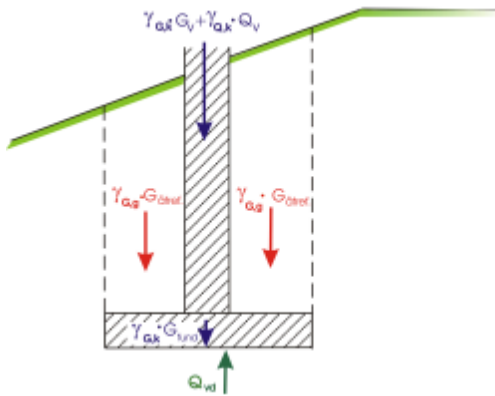
$G_{återf}$ är egenvikten för återfylld jord.

$\gamma_{G,g}$ är partialkoefficient för permanent geoteknisk last.

$\gamma_{G,k}$ och $\gamma_{Q,k}$ är partialkoefficienter för de permanenta och variabla konstruktionslasterna,

G_v , Q_v och G_{fund} enligt tabell 4.4 i TSFS 2018:57 för väg- och järnvägsbroar.

Se även Figur R9.2-1.



Figur R9.2-1. Dimensionerande last.

Allmänna bärlighetsformeln kan beskrivas enligt:

$$q_b = c_{ud} \cdot N_c \cdot \xi_c + q_d \cdot N_q \cdot \xi_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot b_{ef} \cdot N_\gamma \cdot \xi_\gamma$$

q_b är dimensionerande grundtryck på grundläggningsnivån.

c_{ud} är dimensionerande skjuvhållfasthet.

N_c , N_q och N_γ är bärlighetsfaktorer.

ξ_c , ξ_q och ξ_γ är korrektionsfaktorer.

q_d är överlagringstrycket på grundläggningsnivån.

γ' är jordens effektiva tunghet under grundläggningsnivån.

b_{ef} är plattans effektiva bredd.

Bärlighetsfaktorer och korrektionsfaktorer framgår av kapitel 2.42 i "Plattgrundläggning".

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

9.2.1.2.2 Halvempirisk metod

K156795

Halvempirisk metod ska baseras på resultat från spetstryckssondering, hejarsondering eller pressometer.

*Råd**Beräkningsmetoder enligt kapitel 2.43-2.45 i "Plattgrundläggning" kan användas.*

9.2.1.2.3 Hävdvunnen metod

K156798

Bottenplatta grundlagd på fast lagrad bottenmorän eller berg ska dimensioneras med erfarenhetsvärden enligt TSFS 2018:57, 38 kap. 6 Allmänna råd och tabell 38.13.

9.2.1.3 Glidning

K156800

Glidning ska kontrolleras då horisontella laster verkar på plattan, se Figur R9.2-2.

*Råd**Den dimensionerande horisontallasten beräknas enligt:*

$$\gamma_{G,g} \cdot H_j + \gamma_{G,k} \cdot H_{k,G} + \gamma_{Q,k} \cdot H_{k,Q} \leq R_d + R_{p,d}$$

 H_j är horisontallast från aktivt jordtryck. *$H_{k,G}$ är permanent horisontallast från konstruktionen.* *$H_{k,Q}$ är variabel horisontallast från konstruktionen.* *$\gamma_{G,g}$ är partialkoefficient för permanent geoteknisk last.* *$\gamma_{G,k}$ och $\gamma_{Q,k}$ är partialkoefficienter för konstruktionslasterna, $H_{k,G}$ och $H_{k,Q}$ enligt uppsättning B i TSFS 2018:57 för väg- och järnvägsbroar.* *R_d är glidmotstånd baserat på friktion eller kohesion.* *$R_{p,d}$ är mothållande jordtryck i form av vilojordtryck.* *R_d och $R_{p,d}$ är gynnsamma laster och därför är partialkoefficienten för dessa alltid 1,0.*

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

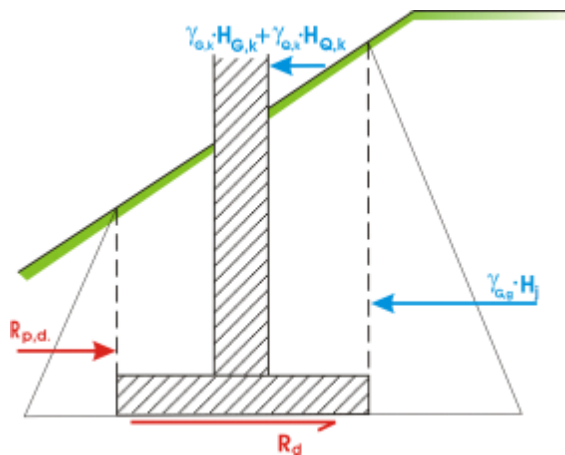
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur R9.2-2. Kontroll av glidning.

Bärförmåga i friktionsjord beräknas enligt:

$$R_d = V'_d \cdot \tan \delta_d$$

 V'_d är den permanenta vertikala lasten vid gynnsam lastsituation enligt:

$$V'_d = G_v + G_{fund} + G_{återf}$$

 δ_d är dimensionerande friktion, $\tan \delta_d = \tan \delta_k / \gamma_M$ med $\gamma_M = 1,3$.

 δ_k är karakteristisk friktion som motsvarar fyllningens karakteristiska friktionsvinkel, ϕ_k , hos underliggande material. Vid användning av förtillverkade plattor får högst 2/3 av friktionsvinkel hos underliggande material tillgodoräknas.

 För plansprängd bergyta kan $\tan \delta_d$ sättas till 1,2. För planslipat berg och för kohesionsjord vid dränerade förhållanden kan $\tan \delta_d$ sättas till 0,6.

Bärförmåga i kohesionsjord vid odränerade förhållanden beräknas enligt:

$$R_d = A_c \cdot c_{ud}$$

 A_c är den yta på plattan som den dimensionerande skjuvhållfastheten, c_{ud} , verkar på.

 c_{ud} är dimensionerande skjuvhållfasthet enligt $c_{ud} = c_{uk} / \gamma_M$.

 c_{uk} är karakteristisk skjuvhållfasthet.

 $\gamma_M = 1,5$ för odränerad skjuvhållfasthet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

9.2.1.4 Stjälpling

K156805

För att undvika stjälpling vid brogrundläggning ska lastresultantens minsta avstånd till plattkanten vara:

- 0,1 m vid grundläggning på berg
- 0,3 m vid grundläggning på jord.

*Råd**Stjälpling kan inträffa vid stora excentriska laster.**Råd**Minsta avståndet för lastresultanten på andra plattor än broplattor framgår av SS-EN 1997-1.*

9.2.2 Dimensionering bruksgränstillstånd

K156808

Geoteknisk dimensionering i bruksgränstillstånd ska omfatta:

- sättningar
- hävning på grund av svällning, tjäle eller andra orsaker
- oacceptabla vibrationer.

9.2.2.1 Sättningar

K156810

Dimensionerande sättningar ska beräknas för konstruktionens tekniska livslängd.

K156811

Gränsvärden för dimensionerande sättningsskillnad för broar gäller enligt TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion, Byggande.

K156812

Hävning ska beaktas, t.ex. då volymökning kan ske på grund av minskad vertikalspänning.

K156813

Sättningar som orsakas av vibrationer som medför omlagringar i jorden ska beaktas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

9.3 Pålgrundläggning

9.3.1 Dimensionering brottgränstillstånd

K156816

Dimensionering av pålars konstruktiva bärförmåga i brott- och bruksgränstillstånd utförs enligt TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion, Byggnad. Material, utförande och kontroll ska utföras enligt SS-EN 12699, SS-EN 1536, SS-EN 14199 och AMA 13 CC med underliggande relevanta koder.

Råd

För dimensionering av pålars konstruktiva och geotekniska bärförmåga kan IEG Rapport 8:2008, Rev 3 Pålgrundläggning användas som stöd.

K156818

Vid dimensionering av geoteknisk bärförmåga genom beräkning eller provning ska dimensioneringsätt 2, DA2 användas.

Råd

Vid dimensioneringsätt 2 betraktas alla laster som konstruktionslaster.

K156820

Vid dimensionering ska hänsyn tas till bärförmågans tidsberoende.

Råd

Tidsberoende förändringar kan orsakas av förhöjda portryck, konsolidering, spänningsomlagringar eller upprepade dynamiska laster.

K156822

Påhängslast orsakad av negativ mantelfriktion ska vara det högsta värdet som kan genereras genom sättningar i jorden relativt pålen. Påhängslast ska för tryckbelastade pålar betraktas som en ogynnsam, permanent geoteknisk last.

Råd

Påhängslaster kan beräknas enligt Pålkommisionens Rapport 100. Påhängslast behöver normalt inte kombineras med tillfälliga laster.

Råd

Modeller för beräkning av geoteknisk bärförmåga återfinns i Pålkommisionens Rapport 100 och Rapport 103.

Råd

Dimensionerande geoteknisk bärförmåga erhålls genom beräkning eller provbelastning enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

$$R_{\text{d}} = \frac{R_{\text{k}} \cdot \mu}{\gamma_{\text{R}} \cdot \gamma_{\text{Rd}} \cdot \gamma_{\text{Rd,e}}}$$

R_{k} är karakteristisk geoteknisk bärförmåga som bestäms via beräkning eller provning enligt avsnitt 9.3.1.1 och 9.3.1.2.

μ är reduktionsfaktor för dragbelastade pålar.

γ_{R} är partialkoefficient för bärförmåga vid pålspets (γ_{b}), mantel (γ_{s}), totalt (γ_{t}) och för dragen påle ($\gamma_{\text{s,t}}$) och fås från kapitel 38, tabell 38.8-38.10 i TSFS 2018:57 för vägar och för järnvägar för slagna pålar, grävpålar och CFA-pålar.

γ_{Rd} är en modellfaktor som tar hänsyn till systematiska fel och osäkerheter förknippade med metoden.

$\gamma_{\text{Rd,e}}$ är en extra modellfaktor som tar hänsyn till osäkerheter vid tillämpning av Kompletterande tillvägagångssätt.

9.3.1.1 Karaktäristisk bärförmåga, R_{k} , genom beräkning

K156827

Dimensionering genom beräkning ska omfatta:

- enskild påles bärförmåga vid tryckbelastning; spets- och mantelmotstånd
- enskild påles bärförmåga vid dragbelastning; mantelmotstånd
- enskild påles bärförmåga vid sidobelastning
- pålgrupps bärförmåga med hänsyn till eventuell gruppverkan av till exempel packning eller blockbrott.

K156828

Vid dimensionering genom beräkning på basis av geotekniska undersökningsresultat ska i första hand Modellpåleanalogin användas.

Råd

Vid användning av Kompletterande tillvägagångssätt bestäms karakteristiskt värde baserat på erfarenhet och empiri.

9.3.1.1.1 Modellpåleanalogi

Råd

Modellpåleanalogi avser bestämning av geoteknisk bärförmåga för pålar som baseras på resultat från geotekniska undersökningar.

$$R_{\text{k}} = R_{\text{medel}} / \xi_3$$

Råd

Den karakteristiska bärförmågan bestäms som det minsta värdet av den beräknade medelbärförmågan, R_{medel} , för olika undersökningspunkter och den minsta beräknade bärförmågan, R_{min} , enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

$$R_k = R_{min} / \xi_4$$

ξ_3 och ξ_4 är korrelationskoefficienter som beror av antalet geotekniska undersökningar enligt tabell A.10 i SS-EN 1997-1.

K156834

Om byggnadsverket har tillräcklig styvhet för att överföra laster från svaga till starka pålar får ξ divideras med 1,1. $\xi_3/1,1$ och $\xi_4/1,1$ ska vara minst 1,0.

Råd

Normalt kan bottenplattor för broar anses vara styva.

9.3.1.1.2 Kompletterande tillvägagångssätt

Råd

Kompletterande tillvägagångssätt avser bestämning av geotekniska bärförmåga för pålar med karakteristiska värden baserade på erfarenhet utan någon statistisk analys.

K156839

Den karakteristiska bärförmågan erhålls ur sambanden:

$$R_k = A_b \cdot q_{bk}$$

$$R_k = \sum A_s \cdot q_{sk}$$

q_{bk} är karakteristiskt värde på spetsbärförmågan.

q_{sk} är karakteristiskt värde på mantelbärförmågan i olika lager.

A_b är arean för pålspetsen.

A_s är pålens mantelarea.

K156840

Om stoppslagningskriterier för spetsburna pålar bestäms enligt Pålkommissionens Rapport 92 ska följande krav uppfyllas:

- Sjunkningen väljs till högst 20 mm/10 slag. Hejarens vikt ska vara minst fem gånger pålens vikt.
- Hänsyn ska tas till slagningsutrustningens effektivitet, slagdyna, mellanlägg, dynträ etc.

Råd

Slagningsmodellering kan göras med endimensionell vågmodell, exempelvis med WEAP-analys.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

9.3.1.2 Karakteristisk bärförmåga, R_k , genom provning

9.3.1.2.1 Dynamisk provning

K156844

Den geotekniska bärförmågan ska bestämmas genom analys av uppmätta accelerations- och töjningsförlopp.

K156846

Den karakteristiska geotekniska bärförmågan från dynamiska provbelastningar ska bestämmas som det minsta värdet av den uppmätta medelbärförmågan, R_{medel} , och det minsta uppmätta enskilda värdet, R_{min} , enligt:

$$R_k = R_{medel} / \xi_5$$

$$R_k = R_{min} / \xi_6$$

ξ_5 och ξ_6 är korrelationskoefficienter som beror av antal provningar enligt kapitel 38, tabell 38.15 i TSFS 2018:57 för vägar och för järnvägar.

*Råd**Normalt kan bottenplattor för broar anses vara styva.**Råd**Analysen kan utföras med signalmatchning, t.ex. CAPWAP eller likvärdigt.*

K156849

För spetsburen påle med liten fjädring hos pålspetsen, högst $d/60$, godtas att den karakteristiska bärförmågan bestäms med CASE-metoden. Pålens sjunkning ska vara högst 2 mm för varje enskilt mätslag.

9.3.1.2.2 Statisk provning

K156852

Den karakteristiska geotekniska bärförmågan från statiska provbelastningar ska bestämmas som det minsta värdet av den uppmätta medelbärförmågan, R_{medel} , och det minsta uppmätta enskilda värdet, R_{min} , enligt:

$$R_k = R_{medel} / \xi_1$$

$$R_k = R_{min} / \xi_2$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

ξ_1 och ξ_2 är korrelationskoefficienter som beror av antal provningar och fås från tabell 38.14 i TSFS 2018:57 för vägar och för järnvägar.

K156853

Om byggnadsverket har tillräcklig styvhet för att överföra laster från svaga till starka pålar får ξ divideras med 1,1. $\xi_1/1,1$ och $\xi_2/1,1$ ska vara minst 1,0.

Normalt kan bottenplattor för broar anses vara styva.

9.3.1.3 Reduktionsfaktor för dragbelastade pålar, μ

K156856

Bärförmågan hos dragbelastade pålar bestäms enligt TSFS 2018:57 kapitel 38, 21 §.

9.3.1.3.1 Dragbelastad stål- eller stålkärnepåle ingjuten i berg

K156858

Dimensionerande geoteknisk bärförmåga för dragkraft för en påle ingjuten i berg ska betraktas som mantelburen där bärförmågan verifieras genom att:

- Med beräkning visa att bergkonens och ovanförliggande jordvolym dimensionerande effektiva tyngd är större än den dimensionerande dragkraften. Om inga undersökningar finns avseende bergets kvalitet och sprickighet antas bergkonens toppvinkel till 60 grader, där konen har sin bas i bergytan och topp vid den ingjutna pålens topp. Om bergkoner från flera dragna pålar sammanfaller ska detta beaktas.
- Med beräkning visa att bärförmågan för vidhäftning mellan stål och bruk respektive bruk och berg är tillräcklig
- Utföra dragprovning av vidhäftningen mellan stål och bruk respektive bruk och berg.

Råd

Annan toppvinkel kan väljas vid kunskap om bergets kvalitet: sprickor, sprickriktningar, bergtyp etc., se vidare Pålkommisionens Rapport 97.

9.3.1.4 Modelfaktor, γ_{Rd}

K156861

Modelfaktorer förutsätter att välbeprövade och väldokumenterade beräkningsmetoder och utvärderingsmetodik används vid dimensioneringen och ska bestämmas i varje enskilt fall.

K156862

För vanliga situationer ska modelfaktorer väljas enligt TSFS 2018:57, kapitel 38, 3 Allmänna råd och tabell 38.5-38.7.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

9.3.1.5 Extra modellfaktor, $\gamma_{Rd,e}$

K156864

Extra modellfaktor används enbart vid Kompletterande tillvägagångssätt och ska väljas enligt TSFS 2018:57, kapitel 38 19 §.

K156865

Om byggnadsverket har tillräcklig styvhet för att överföra laster från svaga till starka pålar får $\gamma_{Rd,e}$ divideras med 1,1.

*Råd**Normalt kan bottenplattor för broar anses vara styva.*

9.3.1.6 Dimensionerande bärförmåga genom hävdvunna metoder

9.3.1.6.1 Betongpålar

K156869

Dimensionerande geoteknisk bärförmåga för tryckkraft för spetsburna betongpålar med olika tvärsnittsareor ska bestämmas vid stoppslagning med frifallshejare med hejarvikt och fallhöjd enligt kapitel 38, 5 Allmänna råd och tabell 38.12 i TSFS 2018:57.

9.3.1.6.2 Grävpålar

K156871

Dimensionerande bärförmåga för spetsburna grävpålar som är längre än 3 m och har en diameter större än 0,6 m och är grundlagda på berg ska beräknas med dimensionerande bärförmåga enligt Tabell K9.3-1.

Tabell K9.3-1. Dimensionerande bärförmåga för spetsburna grävpålar på berg.

Bergtyp	Dimensionerande grundtryck	Krav på geoteknisk undersökning
1	10 MPa	Fastställande av bergart och kontroll av bergytan genom besiktning eller bergsondering.
2	4 MPa	
3	2 MPa	

9.3.2 Dimensionering bruksgränstillstånd

K156873

Dimensionerande sättningar ska beräknas för konstruktionens tekniska livslängd.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

K156874

Gränsvärden för dimensionerande sättningsskillnad framgår av TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion, byggade.

K156875

Vid beräkning av sättningen för ett stöd grundlagt på pålar ska hänsyn tas till pålmaterialets kompression och sättning i jorden under pålspetsarna.

Råd

Sättningen i jorden under pålspetsen för spetsburna pålar av betong kan vanligen försummas.

Råd

Metoder för beräkning av sättningar hos pålgrupper återfinns i Pålkommissionens Rapport 100 och Rapport 103.

9.4 Bankpålning

9.4.1 Utformning

K156880

Undergrunden ska vara konsoliderad för sin egentyngd och eventuell fyllning under pålplattor.

K156881

Det resulterande horisontella jordtryck som bildas i bankslänt ska tas upp av lutande pålar, geosyntetisk armering eller en kombination av dessa.

Råd

Geosyntetisk armering får användas i lastfördelande lager för att minska platttäckningsgrad, och/eller ta upp horisontallast.

K156883

Bankpålning ska utsträckas i tvärled så att minsta avståndet från krönkant underballast eller vägbana till yttersta pålplattan överstiger bankhöjden dvs. med lutning minst 1:1 från krönkant.

K156884

Bankpålning ska utsträckas i tvärled så att sättningar under opålad slänt inte skadar bankpålar eller påverkar bankkrön.

9.4.1.1 Bankpålning med lastfördelande jordlager utan geosyntetisk armering

K156886

Undergrundens ytlager ska vara så fast att det kan bära jordlasten mellan pålplattorna som inte bärs genom valvverkan.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Undergrunden från pålplattans underkant och ned till minst 3 gånger det fria avståndet mellan pålplattorna ska ha följande egenskaper:

- odränerad skjuvhållfasthet, $c_u \geq 10$ kPa
- organisk halt ≤ 6 %
- sensitivitet $S_t \leq 30$
- vattenkvot, $w \leq 75$ %.

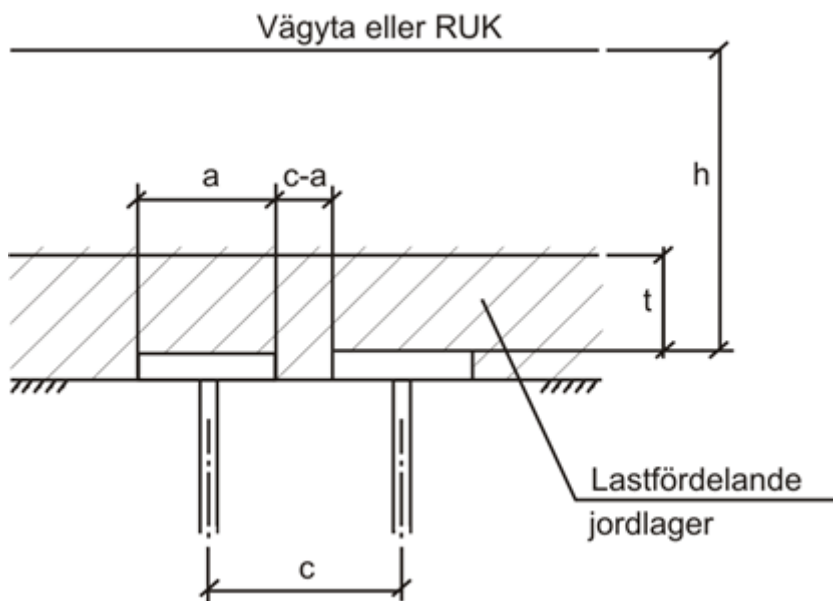
K156887

Bankpålning ska utformas så att valvverkan uppstår mellan pålplattor

K156888

Det lastfördelande jordlagrets tjocklek, t , enligt Figur K9.4-1 ska uppgå till $t \geq 1,5 \cdot (c-a)$, dock minst 1,0 m.

Bankhöjden, h , ska överstiga 2,5 m.



Figur K9.4-1. Principiell utformning av bankpålning med lastfördelande lager utan geosyntetisk armering.

9.4.1.2 Bankpålning med lastfördelande lager med geosyntetisk armering

K156895

Jordmaterial på och kring geosyntetisk armering ska bestå av krossat förstärkningslagermaterial med max stenstorlek 90 mm. Materialet ska fyllas från pålplattans överkant upp till 0,5 m över det översta nätet, se Figur K9.4-2.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

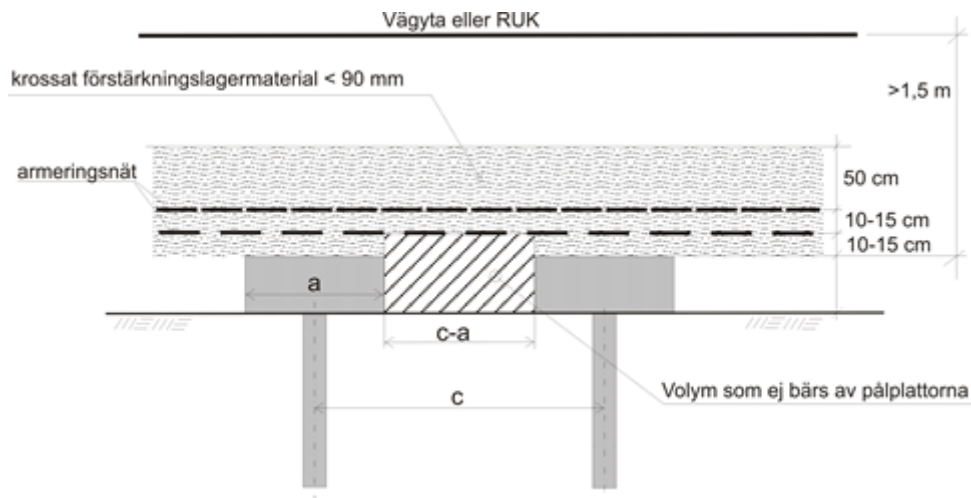
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur K9.4-2. Principiell utformning av bankpålning med lastfördelande lager med geosyntetisk armering.

K156896

När flera lager geosyntetisk armering används ska avståndet mellan varje lager vara mellan 10 och 15 cm för att full dragkapacitet i bägge näten ska kunna tillgodoräknas.

K156897

Skarvar ska vara förskjutna i förhållande till varandra. Skarv ska placeras över pålplatta.

K156898

Bankhöjd ovan pålplattorna ska överstiga 1,5 m.

K156899

Geosyntet ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 DBB.4.

K156900

9.4.2 Dimensionering

9.4.2.1 Dimensioneringssituationer

K156904

Vid geoteknisk dimensionering av bankpålning ska följande verifieras:

- pålarnas geotekniska bärförmåga enligt avsnitt 9.3.1.
- lastöverföring mellan fyllning och pålar eller pålplattor
- stabilitet i fyllningsslänten i tvärled och längdled
- töjning i geosyntetisk armering.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

9.4.2.2 Allmänt

K156906

Avstånd mellan pålar ska väljas så att hela lasten av ovanförliggande bank och trafiklast kan tas upp av pålarna.

Råd

Avstånd mellan pålar kan för ett kvadratisk mönster uppskattas enligt följande:

$$c = \sqrt{R_d / (h \cdot \gamma + q_d)}$$

R_d är det lägsta värdet av pålens geotekniska och konstruktiva dimensionerande bärförmåga.

h är bankhöjd över pålplatta.

γ är bankmaterialets tunghet.

q_d är dimensionerande trafiklast.

K156908

Bankpålning ska dimensioneras så att oacceptabla deformationer inte uppkommer mellan pålplattorna.

Råd

Bankpålning med lastfördelande jordlager utan geosyntetisk armering

Oacceptabla deformationer antas inte uppkomma om det fria avståndet mellan pålplattorna väljs enligt Figur R9.4-1 samt att platttäckningsgraden, $(a/c)^2$, uppgår till minst 40 %.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

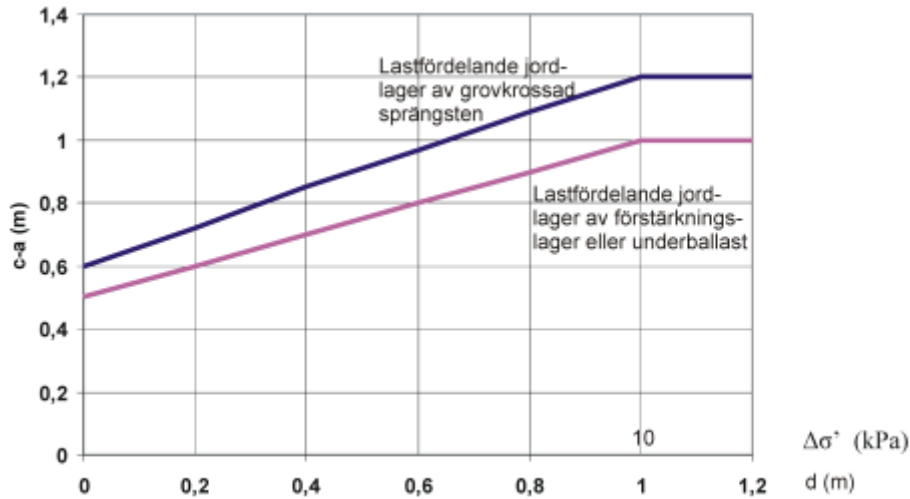
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



d är mäktigheten hos torrskorpa ($c_u > 50$ kPa) eller friktionsjord under påplattan. $\Delta\sigma'$ är minskning av effektivspänning hos undergrundens ytlager genom avlastning eller motsvarande överkonsolidering verifierad genom labförsök.

Figur R9.4-1. Bestämning av det fria avståndet mellan påplattor.

Det fria avståndet mellan påplattorna kan ökas med 0,1 m om undergrundens odränerade skjuvhållfasthet överstiger 25 kPa. Platttäckningsgraden ska då vara minst 30 %.

Bankpålning med lastfördelande lager med geosyntetisk armering

Oacceptabla deformationer antas inte uppkomma om platttäckningsgraden är minst 20 % när bankpålningen används i stabilitetshöjande syfte och minst 10 % när bankpålningen används i enbart sättningsreducerande syfte.

K156910

Det resulterande horisontella jordtryck som bildas i slänterna ska tas upp av lutande pålar, armering eller en kombination av dessa där följande kraftjämviktsvillkor ska uppfyllas, se Figur K9.4-3:

$$\gamma_F \cdot E_{\sigma'd} \leq R_{\sigma'd} + T_d + R_{\sigma'd}$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

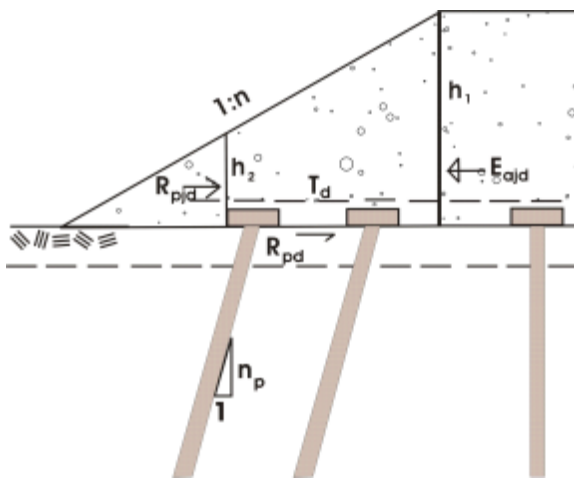
E_{ajd} är dimensionerande aktivt jordtryck som orsakas av konstruktionens egentyngd och trafiklast.

γ_F är lastfaktor för permanent och variabel geoteknisk last som delas upp i $\gamma_{G,g}$ och $\gamma_{Q,g}$ beroende på last.

R_{pd} är lutande pålars dimensionerande horisontalkomponent av axiellast av jordens egentyngd exklusive trafiklast.

T_d är dimensionerande draghållfasthet hos geosyntet enligt avsnitt 10.4.2.1.2.

R_{pjd} är dimensionerande passivt jordtryck av jordkilen utanför sista pålplattan.



Figur K9.4-3. Kontroll av jämviktsvillkor.

Råd

Dimensionerande aktivt jordtryck får beräknas för ett snitt motsvarande släntkrön enligt:

$$\gamma_F \cdot E_{ajd} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi_d}{2} \right) \cdot \left(\frac{\gamma_{G,g} \cdot \gamma \cdot h_1}{2} + \gamma_{Q,g} \cdot q_t \right) \cdot h_1$$

ϕ_d är dimensionerande friktionsvinkel för bankfyllnadsmaterialet.

$\gamma_{G,g}$ och $\gamma_{Q,g}$ är partialkoefficient för permanent och variabel geoteknisk last enligt avsnitt 6.2.7.1.2.

h_1 är höjden på bankfyllningen vid släntkrön.

q_t är dimensionerande trafiklast.

γ är bankmaterialets tunghet.

Pålarnas horisontalkomponent för axiellast av jordens egentyngd kan beräknas som:

$$R_{pd} = \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot (h_1 - h_2) \cdot n \cdot \gamma / n_p$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

h_2 är höjden på bankfyllningen vid yttersta pålplattan.

n är slänthlutningen.

n_p är lutningen på pålarna under slänten.

γ är bankmaterialets tunghet.

Lägst mothållande kraft utanför den yttersta pålraden får antas motsvara 1/3 av det dimensionerande passiva jordtrycket enligt:

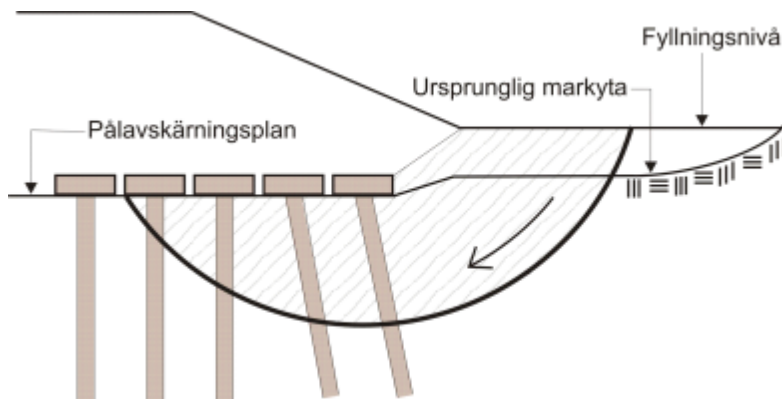
$$R_{p,w} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi_d}{2} \right) \cdot \left(\frac{\gamma \cdot h_2^2}{2} \right) \cdot \frac{1}{3}$$

K156912

Totalstabiliteten för jordkilen utanför yttersta pålraden ska verifieras.

K156913

Då omgivande marknivåer i tvär- eller längdled ligger högre än pålavskärningsplanet ska totalstabiliteten in mot bankpålningen verifieras, se Figur K9.4-4.



Figur K9.4-4. Verifiering av stabilitet när omgivande marknivåer är högre än pålavskärningsplanet.

K156914

Sättningar under opålad slänt ska begränsas med hänsyn till påles sidoförskjutning och konstruktiva bärförmåga.

Råd

Sättningar under opålad slänt kan antas begränsade med hänsyn till påles sidoförskjutning och konstruktiva bärförmåga om slänthöjd utanför yttersta pålplatta medför en maximal sättning på 10 cm om kilen approximeras till en jämnt utbredd last.

Sättningarna utanför yttersta pålraden kan för normalt konsoliderad jord överslagsmässigt beräknas enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

$$s = \frac{k_2 \cdot \gamma}{2 \cdot M_L} \cdot d$$

M_L är jordens kompressionsmodul.

d är det lösa jordlagrets tjocklek.

Om sättningen överstiger 10 cm kan pålens sidoförskjutning beräknas med ledning av Pålkommisionens rapport 101.

9.4.2.2.1 Dimensionering av jordarmering över bankpållning

K156917

Dimensionering ska utföras så att kraften i armeringen, F_a , inte överstiger armeringens dragkapacitet, T_d .

K156918

Geosyntetens dimensionerande draghållfasthet ska beräknas enligt avsnitt 10.4.2.1.2.

Råd

Val av nätbredd bör ske med hänsyn till pålavstånd.

K156920

Töjning inklusive krypning i geosyntet ska vara ≤ 7 %.

K156921

Nedböjning, d , hos geosyntet mellan pållplattor ska vara ≤ 15 cm.

Råd

Nedböjning kan beräknas enligt:

$$d = (c - a) \times \sqrt{\frac{3}{8} \varepsilon}$$

c är centrumavståndet mellan pållar

a är plattbredd

ε är töjning inklusive krypning för aktuell last och vald armering

K156923

Töjning hos nätet ger upphov till sidorörelser hos pållarna, vilket ska beaktas.

Råd

Vid dimensionering av jordarmering får antas att ingen last förs ned under armeringen.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

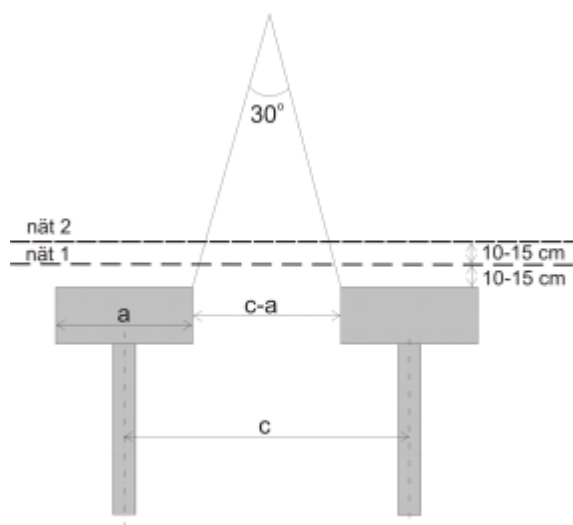
9.4.2.2.1.1 Jordarmering för att minska platttäckningsgrad

K156926

Biaxiell armering ska användas dvs. geosyntet som kan ta upp lika stor last i bägge riktningar.

K156927

Jordarmering ska dimensioneras så att hela lasten av jordkilen enligt Figur K9.4-5 kan tas upp.



Figur K9.4-5. Jordkil som bärs av armering.

Råd

Kraften i armeringen, F_a , mellan två pålplattor i enlighet med Figur K9.4-5 beräknas som:

$$F_a = \frac{W_{kon}}{2} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{6\varepsilon}}$$

ε är maximal tillåten töjning inklusive krypning och ska understiga 7 %.

W_{kon} är tyngden av den tredimensionella jordkilen som beräknas enligt:

$$W_{kon} = \frac{(1 + \frac{c}{a})}{2} \cdot \frac{\gamma_{G,E} \cdot \gamma \cdot (c-a)^2}{4 \cdot \tan(15^\circ)}$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

c är centrumavstånd mellan pålarna.

a är plattbredd.

γ är tungheten hos materialet i jordkilen.

$\gamma_{G,g}$ är partialkoefficienter för permanent geoteknisk last.

9.4.2.2.1.2 Utdragskapacitet

K156930

Överlappningen vid skarv ska beräknas och ska minst uppgå till 0,5 m.

Råd

Skarv över pålplatta

Då geosynteten skarvas med förhållanden enligt Figur R9.4-2 antas utdragskapaciteten uppfylla villkoret:

$$F_{\text{utdr}} = H \cdot \tan^2\left(45 - \frac{\varphi_d}{2}\right) \cdot \left(\gamma_{G,g} \cdot \gamma \cdot \frac{H}{2} + \gamma_{Q,g} \cdot q_r\right)$$

γ är fyllningsmaterialets tunghet.

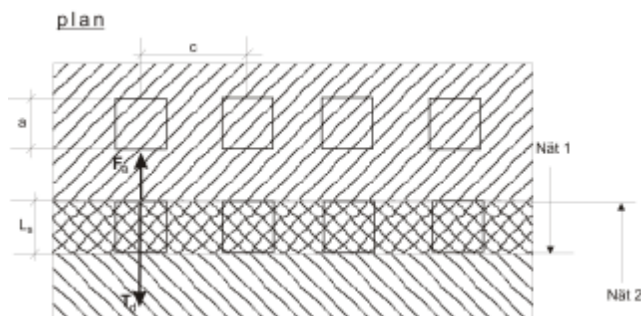
L_s är armeringens förankringslängd, dvs. överlappningen. Denna får dock inte antas större än plattbredden.

H är bankhöjden över geosynteten vid skarven.

φ_d är den dimensionerande friktionsvinkeln hos jorden närmast armeringen.

α och α_{skarv} är reduktionsfaktorer för friktion mellan geosyntet och jordmaterial enligt avsnitt 10.4.3.2.1.

γ_{Rd} är en modellfaktor som sätts till 1,3.



Figur R9.4-2. Förankring av armering vid skarv.

Utdragsbrott i slänt vid yttre pålplatta

Dimensionerande utdragskapacitet hos geosynteten över yttersta pålplattan enligt Figur R9.4-3 beräknas enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

$$F_a \leq \frac{L_y \cdot \gamma \cdot h \cdot 2\alpha \cdot \tan \phi_a}{\gamma_{Rd}}$$

L_y är erforderlig armeringslängd över och utanför yttersta pålattan.

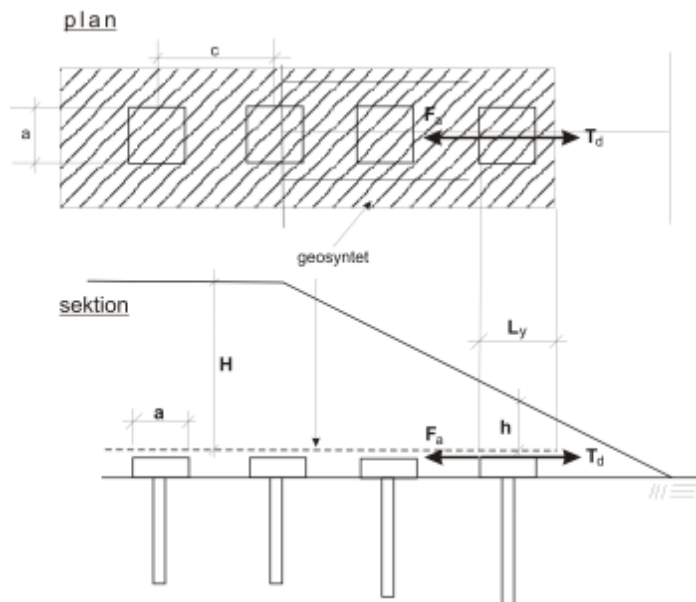
γ är fyllningsmateriallets tunghet.

h är medelhöjden över L_y där armeringen förankras.

ϕ_a är den dimensionerande friktionsvinkeln hos jorden närmast armeringen.

α är en reduktionsfaktor för friktion mellan geosyntet och jordmaterial enligt avsnitt 10.4.3.2.1.

γ_{Rd} är en modellfaktor som sätts till 1,3.



Figur R9.4-3. Förankring av armering vid ytterslännt.

9.4.2.2.2 Jordarmering för att ta hand om horisontallaster

K156933

Armering får nyttjas för att ta hand om jordtryck utanför yttre pålraden eller för hela slänten då endast vertikala pålar används.

Råd

Den totala belastningen på armeringen kan beräknas enligt:

$$F_a + F_{arm} \leq T_d$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

F_a är kraft i armeringen pga nedböjning mellan pålplattor.

F_{arm} är kraft i armering som tar upp horisontalkraft från aktivt jordtryck då denna inte kan tas av pålarna, beräknas enligt avsnitt 8.3.1.1.

T_d är armeringens dimensionerande draghållfasthet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

10 Stödkonstruktioner

10.1 Spont

Förutsättning

Avsnittet avser konstruktion som installeras med drivning eller borrhning för att möjliggöra schakt på ena sidan eller ta upp nivåskillnader. Konstruktionen kan behöva kompletteras med någon form av stöttande system. Konstruktionen belastas främst i byggskedets olika skeden (temporärt), men kan även nyttjas i permanentskedet.

10.1.1 Dimensionering

K156942

Spont ska dimensioneras för laster från ovanliggande konstruktioner samt uppkommande jord- och vattentryck, både i temporära och permanenta skeden.

Råd

Vid beräkning av jordtryck kan lokal erfarenhet som beskrivs i Pålkommisionens Rapport 107 nyttjas.

K156944

För permanenta konstruktioner ska beaktas att vilojordtryck med tiden kan återskapas bakom sponten. Packningseffekter, som ökar de pådrivande jordtrycken bakom sponten, ska beaktas.

10.1.1.1 Brottgränstillstånd

K156946

Vid beräkning av aktuellt jordtryck mot konstruktionen i olika skeden ska hänsyn tas till inverkan av förskjutningarnas storlek och riktning. Inverkan av tjäle ska beaktas.

K156947

Verifiering ska göras för det värsta fallet för respektive konstruktionsdel enligt 10.1.1.2 respektive 10.1.1.3. Detta gäller för såväl analytiska jämviktsberäkningar som för samverkansberäkningar.

K156948

Vid dimensionering ska minst följande verifieras:

- stabiliteten för schakten i alla riktningar under schaktning
- totalstabiliteten för konstruktionen under såväl utförande som permanent skede
- lastöverföring mellan stödkonstruktion och undergrund.

K156949

Vid utnyttjande av vidhäftningen mellan jord och stödkonstruktion ska inverkan av tidsaspekten mellan installation och schakt beaktas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Råd

Vidhäftning mot en stålspons kan väljas enligt Pålkommisionens rapport 107 i de temporära skedena.

K156951

Vid permanent nyttjande ska krav i TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion beaktas.

K156952

Konstruktionen ska utformas så att progressiva brott undviks.

10.1.1.2 Dimensionering med partialkoefficientmetoden

K156954

Vid dimensionering ska utöver partialkoefficienter på jordparametrarna även partialkoefficienter för laster ansättas på resulterande jordtryck (pådrivande – mothållande). Partialkoefficienterna väljs till:

- $\gamma_{G,g} = 1,1 \cdot \gamma_d$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är > 0 . Lasten betraktas som en permanent ogynnsam geoteknisk last.
- $\gamma_{G,g} = 1,0$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är < 0 . Lasten betraktas som permanent gynnsam geoteknisk last.

Andra laster än jordtryck som verkar direkt på konstruktionen ska betraktas som konstruktionslaster och multipliceras med partialkoefficienter enligt uppsättning B i TSFS 2018:57 för väg- och järnvägsbroar.

Effekten av permanenta och variabla laster ska särskiljas. Vid analytiska beräkningsmetoder ska det särskilt beaktas att hållfastheten redan nyttjas varför lastspridning inte får förutsättas genom de potentiella glidplanen i jorden.

För att erhålla representativa strukturella påkänningar för vidare dimensionering ska vid motstridigheter mellan beräkningsresultat baserade på totalstabilitet (lamellmetoden) och rotationsstabilitet (jordtryck mot stödkonstruktion) den mest konservativa gälla och mobiliseringsgraden i jorden justeras för att erhålla samma geotekniska säkerhet.

10.1.1.3 Dimensionering med karakteristiska värden

K156956

Vid dimensionering med valda värden med en FE-analys som tar hänsyn till samverkan mellan jord och stål ska snittkrafterna multipliceras med en modellfaktor som är lägst 1,4 vid sega brott och lägst 1,5 vid spröda brott.

Råd

Vid känslighetsstudie får andra värden på modellfaktorer väljas.

Vid enkla stödkonstruktioner kan metoden som beskrivs i Pålkommisionens Rapport 107 för brottgränsdimensionering vid normala deformationer användas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

10.1.1.4 Bruksgränstillstånd

K156959

En dimensionering i bruksgränstillstånd som visar att tillåtna rörelser eller andra bruksgränskrav inte överskrids ska utföras.

K156960

I geoteknisk kategori 3 ska rörelserna beräknas med beaktande av jordens och konstruktionens styvhet.

K156961

Resultat från deformationsberäkningar ska verifieras med observationer vid utförandet.

10.2 Slitsmur

Förutsättning

Avsnittet avser konstruktion som installeras med lokal schakt följd av gjutning för att möjliggöra schakt på ena sidan. Varefter schakt bedrivs kan konstruktionen behöva kompletteras med någon form av stöttande system. Konstruktionen belastas främst i byggskedets olika skeden (temporärt), men kan även nyttjas i permanentskedet.

10.2.1 Dimensionering

K156965

Konstruktionen ska dimensioneras för laster från ovanliggande konstruktion samt uppkommande jord- och vattentryck både i temporära och permanenta skeden.

Råd

Vid beräkning av jordtryck kan lokal erfarenhet som beskrivs i Pålkommisionens Rapport 107 nyttjas.

K156967

För permanenta konstruktioner ska beaktas att vilojordtryck med tiden kan återskapas bakom slitsmuren. Packningseffekter, som ökar de pådrivande jordtrycken bakom slitsmuren, ska beaktas.

10.2.1.1 Brottgränstillstånd

K156969

Vid beräkning av aktuellt jordtryck mot konstruktionen i olika skeden ska hänsyn tas till inverkan av förskjutningarnas storlek och riktning. Inverkan av tjäle ska beaktas.

Verifiering ska göras för det värsta fallet för respektive konstruktionsdel enligt 10.2.2.1 respektive 10.2.1.3. Detta gäller för såväl analytiska jämviktsberäkningar som för samverkansberäkningar.

Vid dimensionering ska minst följande verifieras:

- stabiliteten för schakten i alla riktningar under schaktning och gjutning

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

- totalstabiliteten för konstruktionen under såväl utförande som permanent skede
- lastöverföring mellan stödkonstruktion och undergrund.

Verifiering av stabiliteten vid lokal schakt följt av gjutning ska minst omfatta dimensioneringsfallen:

- utglidning av jordkil i schaktvägg
- inträngning av stödvätska i omgivande friktionsjord
- utfall av jordmaterial i friktionsjord.

Stabiliteten för schakt vid installation av slitsmur ska verifieras genom beräkning följt av provschakt.

Vid utnyttjande av vidhäftningen mellan jord och stödkonstruktion ska inverkan av stödvätska samt tidsaspekten mellan installation och schakt beaktas.

Råheten hos en slitsmur som utförs med en stödvätska innehållande bentonit eller annat lermineral ska i lera högst uppgå till 0,5 om inte annat kan påvisas.

Konstruktionen ska utformas så att progressiva brott undviks.

10.2.1.2 Dimensionering med partialkoefficientmetoden

K156971

Vid dimensionering ska utöver partialkoefficienter på jordparametrarna även partialkoefficienter för laster ansättas på resulterande jordtryck (pådrivande – mothållande). Partialkoefficienterna väljs till:

- $\gamma_{G,g} = 1,1 \cdot \gamma_d$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är > 0 . Lasten betraktas som en permanent ogynnsam geoteknisk last.
- $\gamma_{G,g} = 1,0$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är < 0 . Lasten betraktas som permanent gynnsam geoteknisk last.

Andra laster än jordtryck som verkar direkt på konstruktionen ska betraktas som konstruktionslaster och multipliceras med partialkoefficienter enligt uppsättning B i TSFS 2018:57 för väg- och järnvägsbroar.

Effekten av permanenta och variabla laster ska särskiljas. Vid analytiska beräkningsmetoder ska det särskilt beaktas att hållfastheten redan nyttjas varför lastspridning inte får förutsättas genom de potentiella glidplanen i jorden.

För att erhålla representativa strukturella påkänningar för vidare dimensionering ska vid motstridigheter mellan beräkningsresultat baserade på totalstabilitet (lamellmetoden) och rotationsstabilitet (jordtryck mot stödkonstruktion) den mest konservativa gälla och mobiliseringsgraden i jorden justeras för att erhålla samma geotekniska säkerhet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

10.2.1.3 Dimensionering med karakteristiska värden

K156973

Vid dimensionering med valda värden med en FE-analys som tar hänsyn till samverkan mellan jord och betong ska snittkrafterna multipliceras med en modellfaktor som är lägst 1,4 vid sega brott och lägst 1,5 vid spröda brott.

*Råd**Vid känslighetsstudie får andra värden på modellfaktorer väljas.*

10.2.1.4 Bruksgränstillstånd

K156976

En dimensionering i bruksgränstillstånd som visar att tillåtna rörelser eller andra bruksgränskrav inte överskrids ska utföras.

I geoteknisk kategori 3 ska rörelserna beräknas med beaktande av jordens och konstruktionens styvhet.

Resultat från deformationsberäkningar ska verifieras med observationer vid utförandet.

10.3 Sekantpålevägg

Förutsättning

Avsnittet avser konstruktion som installeras med drivning, borrhning eller lokal schakt följd av gjutning för att möjliggöra schakt på ena sidan. Varefter schakt bedrivs kan konstruktionen behöva kompletteras med någon form av stöttande system. Konstruktionen belastas främst i byggskedets olika skeden (temporärt), men kan även nyttjas i permanentskedet.

10.3.1 Dimensionering

K156980

Konstruktionen ska dimensioneras för laster från ovanliggande konstruktion samt uppkommande jord- och vattentryck.

Råd

Vid beräkning av jordtryck kan lokal erfarenhet som beskrivs i Pålkommisionens Rapport 107 nyttjas.

K156982

För temporära och permanenta konstruktioner ska beaktas att vilojordtryck med tiden kan återskapas bakom sekantpåleväggen. Packningseffekter, som ökar de pådrivande jordtrycken bakom sekantpåleväggen, ska beaktas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

10.3.1.1 Brottgränstillstånd

K156984

Vid beräkning av aktuellt jordtryck mot konstruktionen i olika skeden ska hänsyn tas till inverkan av förskjutningarnas storlek och riktning. Inverkan av tjäle ska beaktas.

Verifiering ska göras för det värsta fallet för respektive konstruktionsdel enligt 10.3.1.2 respektive 10.3.1.3. Detta gäller för såväl analytiska jämviktsberäkningar som för samverkansberäkningar.

Vid dimensionering ska minst följande verifieras:

- stabiliteten för schakten i alla riktningar under schaktning och gjutning
- totalstabiliteten för konstruktionen under såväl utförande som permanent skede
- lastöverföring mellan stödkonstruktion och undergrund.

Verifiering av stabiliteten vid lokal schakt följt av gjutning ska minst omfatta dimensioneringsfallen:

- utglidning av jordkil i schaktvägg
- inträngning av stödvätska i omgivande friktionsjord
- utfall av jordmaterial i friktionsjord.

Stabiliteten för schakt vid installation av sekantpålevägg utan foderrör ska verifieras genom beräkning följt av provschakt.

Vid utnyttjande av vidhäftningen mellan jord och stödkonstruktion ska inverkan av stödvätska samt tidsaspekten mellan installation och schakt beaktas.

Råheten hos en sekantpålevägg som utförs med en stödvätska innehållande bentonit eller annat lermineral ska i lera högst uppgå till 0,5 om inte annat kan påvisas.

Konstruktionen ska utformas så att progressiva brott undviks.

10.3.1.2 Dimensionering med partialkoefficientmetoden

K156986

Vid dimensionering ska utöver partialkoefficienter på jordparametrarna även partialkoefficienter för laster ansättas på resulterande jordtryck (pådrivande – mothållande). Partialkoefficienterna väljs till:

- $\gamma_{G,g} = 1,1 \cdot \gamma_d$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är > 0 . Lasten betraktas som en permanent ogynnsam geoteknisk last.
- $\gamma_{G,g} = 1,0$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är < 0 . Lasten betraktas som permanent gynnsam geoteknisk last.

Andra laster än jordtryck som verkar direkt på konstruktionen ska betraktas som konstruktionslaster och multipliceras med partialkoefficienter enligt uppsättning B i TSFS 2018:57 för väg- och järnvägsbroar. Effekten av permanenta och variabla laster ska särskiljas. Vid analytiska beräkningsmetoder ska det särskilt beaktas att hållfastheten redan nyttjas varför lastspridning inte får förutsättas genom de potentiella glidplanen i jorden.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

För att erhålla representativa strukturella påkänningar för vidare dimensionering ska vid motstridigheter mellan beräkningsresultat baserade på totalstabilitet (lamellmetoden) och rotationsstabilitet (jordtryck mot stödkonstruktion) ska den mest konservativa gälla och mobiliseringsgraden i jorden justeras för att erhålla samma geotekniska säkerhet.

10.3.1.3 Dimensionering med karakteristiska värden

K156988

Vid dimensionering med valda värden med en FE-analys som tar hänsyn till samverkan mellan jord och betong ska snittkrafterna multipliceras med en modellfaktor som är lägst 1,4 vid sega brott och lägst 1,5 vid spröda brott.

*Råd**Vid känslighetsstudie får andra värden på modellfaktorer väljas.*

10.3.1.4 Bruksgränstillstånd

K156990

En dimensionering i bruksgränstillstånd som visar att tillåtna rörelser eller andra bruksgränskrav inte överskrids ska utföras.

I geoteknisk kategori 3 ska rörelserna beräknas med beaktande av jordens och konstruktionens styvhet.

Resultat från deformationsberäkningar ska verifieras med observationer vid utförandet.

10.4 Stödkonstruktion av armerad jord

*Förutsättning**Avsnittet behandlar jordförstärkning med armerad jord och jordspikning i anslutning till väg- och järnvägsbankar samt konstruktioner som exempelvis stödmurar. Armering kan ske med geonät, geotextil, stålstag eller stålnät.**Kompletterande information om armerad jord finns i SGF Rapport 2:2004.*

10.4.1 Beständighet

10.4.1.1 Livslängd

*Råd**Efter skriftligt godkännande från Trafikverket kan kortare livslängd accepteras hos fasaden om den går att byta ut utan inverkan på den bärande konstruktionen.*

10.4.2 Utformning

10.4.2.1 Armerande lager av geosyntet

K156998

Armerande lager av geosyntet ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 DBB.4.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

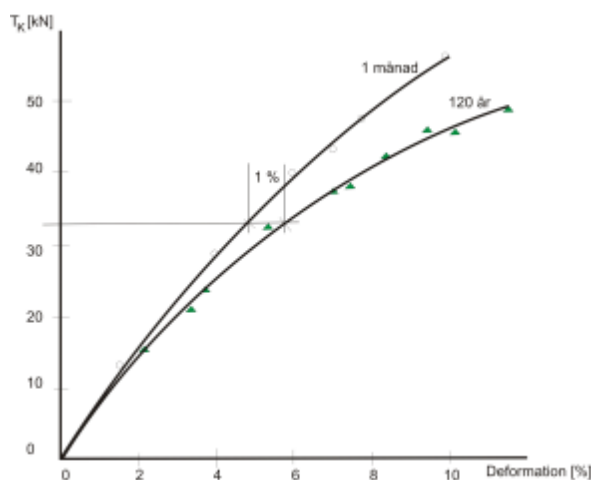
Ej känslig

1.0

10.4.2.1.1 Karakteristisk draghållfasthet

K157000

Karaktäristisk draghållfasthet ska bestämmas på basis av krypförsök enligt SS-EN ISO 13431. Vid bestämning av karaktäristisk draghållfasthet ska hänsyn tas till krypning. Utvärdering av karaktäristisk draghållfasthet ska ske ur isochronkurva för aktuell deformation, se Figur K10.4-1. Vid bestämningen ska hänsyn tas till konstruktionens livslängd.



Figur K10.4-1. Exempel på isochronkurva som utvärderats för 1 % deformation under geosyntetens livslängd och ca 5 % under byggtiden.

Beräkning av karaktäristisk draghållfasthet med hänsyn till krypning görs med hjälp av korrektionsfaktor enligt:

$$T_k = T_b / RF_{CR}$$

RF_{CR} ska bestämmas enligt SS-EN ISO 13431.

T_b är draghållfasthet vid brott som erhålls genom korttidsförsök enligt SS-EN ISO 10319.

Råd

Draghållfastheten i geosynteter är hastighetsberoende och betydligt högre hållfasthet erhålls vid korttidsprovning än vid krypförsök.

10.4.2.1.2 Dimensionerande draghållfasthet

K157004

Vid bestämning av dimensionerade draghållfasthet ska den karaktäristiska hållfastheten korrigeras för installationsskador och beständighet enligt:

$$T_d = T_k / RF_W \cdot RF_{CH} \cdot RF_{ID} \cdot \gamma_M$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

γ_M är partialkoefficient för geosynteter som sätts till 1,1.
 RF_W , RF_{CH} och RF_{ID} är korrektionsfaktorer enligt AMA 20 DBB.4.

Då dimensionerande draghållfasthet fördelas mellan flera geosynteter ska arbetskurvorna för de valda produkterna harmoniera med varandra. I annat fall ska en numerisk beräkning visa att det fungerar.

10.4.2.2 Fyllnadsmaterial

K157006

Fyllnadsmaterial närmast över geosynteten ska bestå av ett välgraderat friktionsmaterial och anpassas till vald produkt. Fyllnadsmaterialets lagertjocklek ska vara minst 0,3 m. Största stenstorlek får inte överstiga 125 mm.

10.4.2.3 Stålarmering

10.4.2.3.1 Karakteristisk draghållfasthet

K157009

Stål med en brottöjning $\geq 5\%$ och sträckgräns, $F_{yk} \leq 600$ MPa, ska användas.

10.4.2.3.2 Dimensionerande draghållfasthet

K157012

Den dimensionerande draghållfastheten ska sättas till 50 % av sträckgränsen enligt:

$$T_d = 0,5 \cdot F_{yk} / \gamma_M$$

γ_M är partialkoefficient för stål som sätts till 1,0.

10.4.2.3.3 Beständighet

K157014

För att uppfylla krav på beständighet ska stålarmering skyddas genom avrostningsmån, korrosionsskydd eller en kombination av dessa. Korrosionsskyddande beläggning ska utformas så att den inte skadas under installationen och därigenom förlorar sin funktion.

Råd

Avrostningsmån kan väljas till 2 mm för livslängd 120 år om det kan säkerställas att stålarmeringen inte utsätts för vägsalt eller andra aggressiva ämnen.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

10.4.3 Dimensionering av jordarmerad stödmur

10.4.3.1 Geoteknisk kategori

Råd

Kategori 3 bör övervägas då:

- *stödmur högre än 6 m utförs med armerad jord eller jordspikning*
- *icke konventionell lösning används.*

10.4.3.2 Brottgränstillstånd

Råd

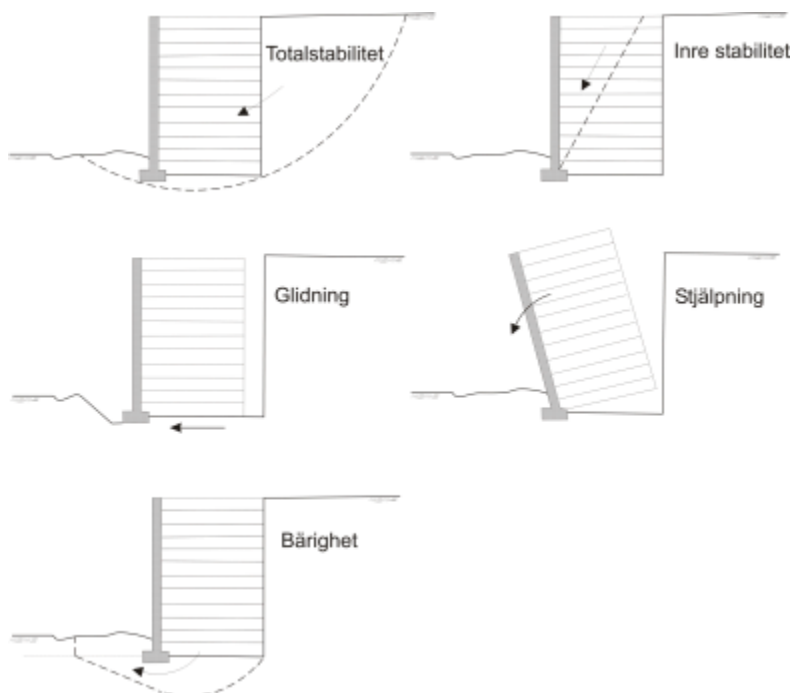
En jordarmerad stödmur kan betraktas som en monolit.

K157021

Påverkas konstruktionen av vattentryck ska visas att vattentrycket inte påverkar konstruktionens stadga, bärlighet och beständighet.

Dimensionering i brottgränstillstånd, se Figur K10.4-2, ska utöver betryggande totalstabilitet omfatta:

- inre stabilitet enligt avsnitt 10.4.3.2.2
- glidning, beräknas på samma sätt som för plattor enligt avsnitt 9.2.1.3
- stjälpning, beräknas enligt avsnitt 10.4.3.2.3
- bärlighet, beräknas på samma sätt som för plattor enligt avsnitt 9.2.1.2.



Figur K10.4-2. Brottgränstillstånd vilka ska kontrolleras för jordarmerad stödmur.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

10.4.3.2.1 Friktion

K157042

För att ta hänsyn till begränsad friktion mellan jord och armering ska en reduktionsfaktor, α , användas. Friktionen mot armeringen blir då $\alpha \cdot \tan \varphi'$, där φ' är jordens friktionsvinkel. Faktorn α ska väljas enligt Tabell K10.4-1 alternativt används värden från skjuv- eller utdragsförsök.

Tabell K10.4-1. Reduktionsfaktor, α , för friktion mellan armering och jord (skarv avser glidning mellan två geosynteter).

Armeringstyp	Jordart			
	Lera/Silt	Sand	Morän	Krossmaterial
Geonät	0,8	0,9	0,95	1,0
Geotextil	0,7	0,7	0,7	0,8
Nätskarv	0,5	0,6	0,6	0,7
Textilskarv	0,3	0,4	0,4	0,5

För att ta hänsyn till begränsad friktion mellan stål och jordmaterial ska en reduktionsfaktor, α , användas vilken ska baseras på värden från utdragsförsök.

10.4.3.2.2 Inre stabilitet

K157023

I brottgränstillstånd ska dimensionering av inre stabilitet ske med hänsyn till:

- brott i armeringen
- utdragsbrott/förankringslängd
- brott i fasad.

10.4.3.2.2.1 Brott i armeringen

K157025

Armeringen ska väljas så att dimensionerande draghållfasthet, T_d , blir större än eller lika med lasteffekten i armeringen för varje lager i , $F_{arm,i}$.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

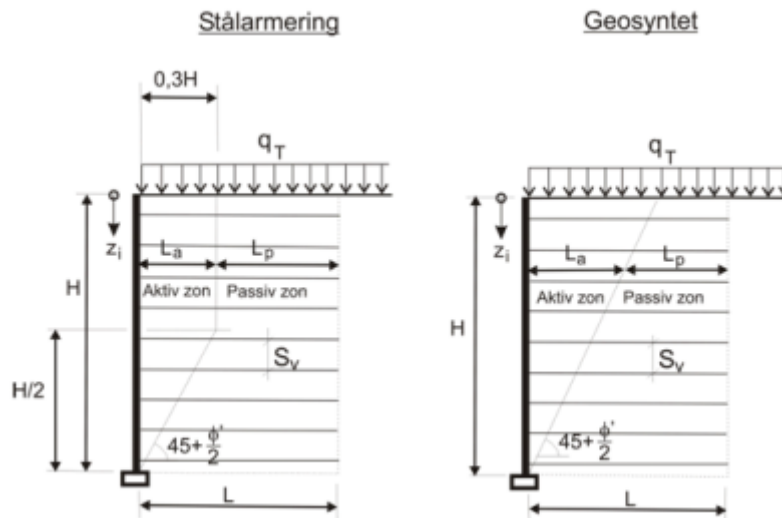
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur K10.4-3. Aktiv zon vid stålarmering och geosyntetisk armering.

Råd

Lasteffekten i armeringen för lager, i , se Figur R10.4-1, kan beräknas enligt:

$$F_{arm,i} = \sigma_{h,i} \cdot S_v$$

S_v är vertikalt avstånd mellan armering.

$\sigma_{h,i}$ är horisontalspänningen längs den kritiska glidytan i lager i enligt:

$$\sigma_{h,i} = K_R \cdot (\gamma_{G,z} \cdot \gamma \cdot z_i + \gamma_{Q,z} \cdot q_T)$$

För geosynteter är $K_R = K_A$. K_A är jordtryckskoefficient för aktivt jordtryck med hänsyn till lutande markyta och kan exempelvis bestämmas enligt bilaga C i SS-EN 1997-1.

För stålarmering väljs K_R enligt Figur R10.4-2.

$\gamma_{G,z}$ och $\gamma_{Q,z}$ är partialkoefficienter för permanent och variabel geoteknisk last.

γ är jordmaterialets tunghet.

z_i är djupet till lager, i .

q_T är trafiklast för partialsäkerhetsanalys.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

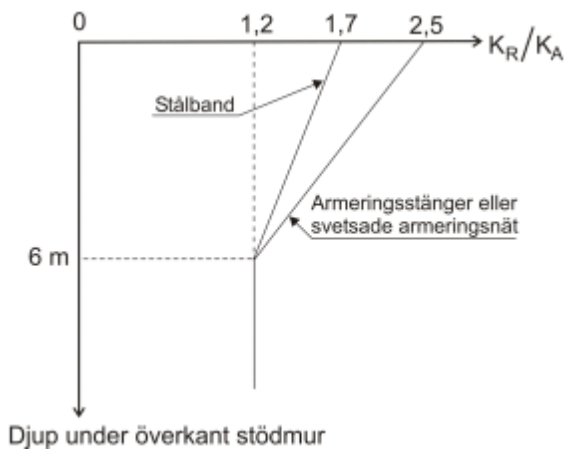
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur R10.4-2. Förhållandet K_R/K_A för beräkning av inre stabilitet för stålstag och stål nät.

10.4.3.2.2.2 Utdragsbrott

K157028

Dimensioneringen ska utföras för samtliga lager och så att utdragsbrott inte sker.

Förankringslängden i den passiva zonen ska vara minst 1,0 m

Råd

Lasteffekten i armeringen för lager i , $F_{arm,i}$, antas uppkomma mellan aktiv och passiv zon. Beroende på typ av armering antas aktiv zon enligt Figur R10.4-1.

Erforderlig längd på armeringen i den passiva zonen för att förhindra utdragsbrott i lager kan beräknas enligt:

$$L_{p,i} = \frac{\gamma_{Rd} \cdot F_{arm,i}}{2 \cdot \sigma_{v,i} \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d}$$

α är reduktionsfaktor för begränsad friktion mellan geosyntet och jordmaterial enligt avsnitt 10.4.3.2.1.

γ_{Rd} är en modellfaktor som sätts till 1,3.

$\sigma_{v,i}$ är vertikalspänningen på nivån z för varje lager. Trafiklast eller annan variabel last ska inte medräknas.

ϕ_d är dimensionerande friktionsvinkel hos jordmaterialet i lagret.

$L_{p,i}$ är förankringslängden i den passiva zonen.

10.4.3.2.2.3 Fasad

K157031

Fasaden ska dimensioneras för de krafter som verkar på denna så att bärförmågan i fasaden, T_{fasad} , är större än den beräknade kraften, F_{fasad} .

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Råd

Om inte annat kan påvisas kan infästningen av armeringen i fasaden utformas så att denna kan uppta 75 % av den totala lasteffekten i varje lager, i :

$$F_{f\alpha\alpha i} = S_v \cdot \sigma_{h,i} \cdot 0,75$$

S_v är vertikalt avstånd mellan armering.

$\sigma_{h,i}$ är horisontalspänningen längs den kritiska glidytan i lager, i .

För en gabionmur och blockstensmur kan T_{fasad} beräknas som:

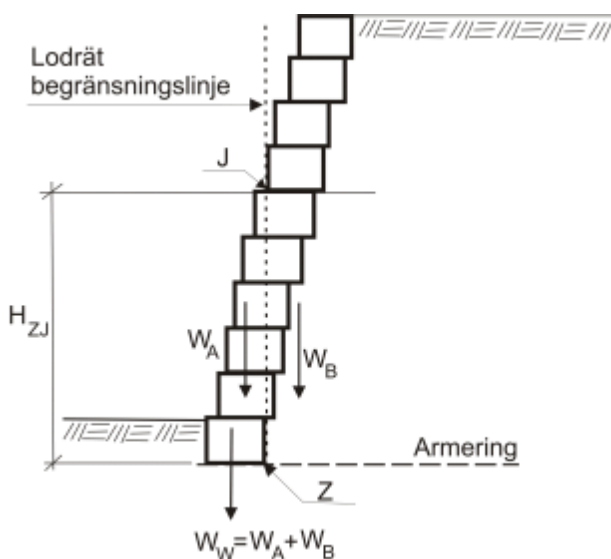
$$T_{fasad} = W_w \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_{fyll}$$

W_w är tyngden av blocken i fasaden, för nät som angriper i punkt Z upp till höjden H_{ZJ} , se Figur R10.4-3.

α är reduktionsfaktor för begränsad friktion mellan geosyntet och jordmaterial enligt avsnitt 10.4.3.2.1.

ϕ_{fyll} är dimensionerande friktionsvinkel hos fyllningen i gabionerna.

Alternativt kan T_{fasad} verifieras genom provning eller beräkning.



Figur R10.4-1. Beräkning av lasten från fasaden då denna består av gabioner eller blocksten. Lasten på armeringen antas komma från blocken mellan punkt Z och J. Punkten J bestäms som det sista block som berörs utanför den lodräta begränsningslinjen som utgår från bakkant på nedersta blocket.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Till följd av töjning i armeringen bör det säkerställas att fasaden kan röra sig mot undergrunden, vilket innebär att då undergrunden består av berg kan en fyllning behövas mellan stödmur och berg, om inte fasaden ges tillfällig flexibilitet.

10.4.3.2.3 Stjälpning

K157035

Den jordarmerade konstruktionen ska dimensioneras mot stjälpning.

Råd

Dimensioneringen får utföras genom att aktivt jordtryck antas verka på den armerade jordvolymen varvid momentjämvikt kring stödmurens framkant beräknas, se Figur R10.4-4. För förhållanden enligt Figur R10.4-4 beräknas momentet som:

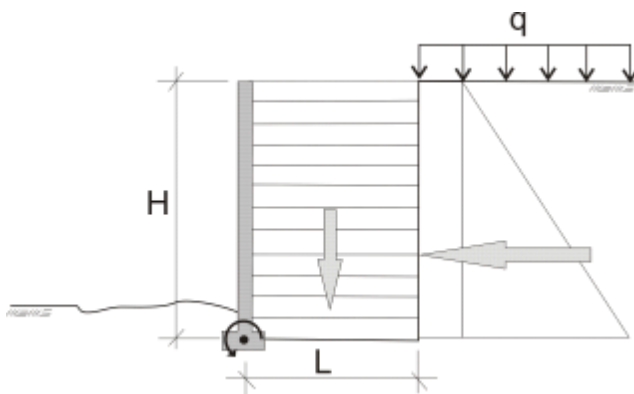
$$\tan^2\left(45 - \frac{\phi_a}{2}\right) \cdot \left(\frac{\gamma_{G,g} \cdot \gamma \cdot H^3}{6} + \frac{\gamma_{Q,g} \cdot q_T \cdot H^2}{2}\right) \leq H \cdot L \cdot \gamma \cdot \frac{L}{2}$$

ϕ_a är dimensionerande friktionsvinkel hos jordmaterialet.

γ är tungheten hos jordmaterialet i den antagna monoliten.

$\gamma_{G,g}$ och $\gamma_{Q,g}$ är partialkoefficienter för permanent och variabel geoteknisk last.

q_T är trafiklast för partialsäkerhetsanalys. Trafiklasten eller annan variabel last får inte medräknas som mothållande kraft.



Figur R10.4-4. Principfigur visande dimensionering mot stjälpning betraktad som momentjämvikt kring stödmurens framkant.

10.4.3.3 Dimensionering bruksgränstillstånd

K157039

Vid dimensionering i bruksgränstillstånd ska hänsyn tas till att armeringens hållfasthet är tidsberoende.

Krypningen i geosynteten under konstruktionens livslängd efter färdigställande får maximalt uppgå till 1 % för väg- och järnvägsbankar och till 0,5 % intill brostöd.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

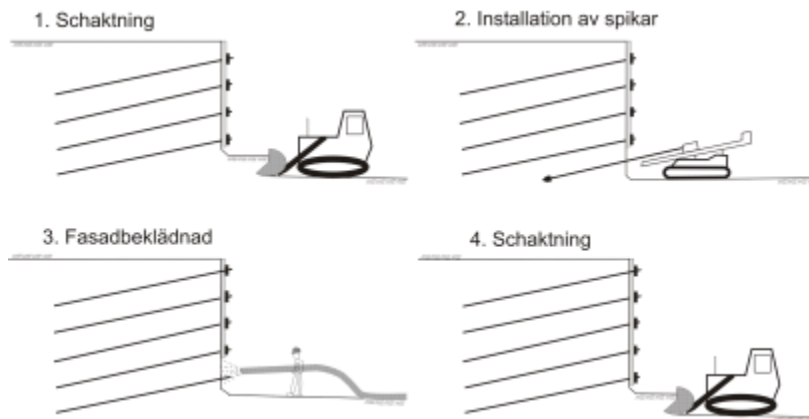
Krypningen i geosynteten under konstruktionens livslängd efter färdigställande kan antas maximalt uppgå till 1 % för väg- och järnvägsbankar och till 0,5 % intill brostöd om korttidshållfastheten reducerats enligt Ekvation i K157000.

Då långtidshållfastheten utvärderats enligt SS-EN ISO 13431 kan krypningen uppskattas ur isochronkurva från försök, se Figur K10.4-1.

10.4.4 Dimensionering av brant slänt med jordspikning

Råd

Jordspikning används för att förstärka naturliga eller schaktade slänter, se Figur R10.4-3. Med brant slänt avses en slänt brantare än 60°.



Figur R10.4-3. Principiell arbetsordning för en jordspikad brant slänt.

10.4.4.1 Brottgränstillstånd

K157046

Dimensionering i brottgränstillstånd ska utöver betryggande totalstabilitet omfatta:

- inre stabilitet, enligt avsnitt 10.4.4.1.1
- glidning, beräknas på samma sätt som för plattor enligt avsnitt 9.2.1.3
- stjälpning, enligt avsnitt 10.4.3.2.3
- fasad enligt avsnitt 10.4.4.1.3
- grundbrott, beräknas på samma sätt som för plattor enligt avsnitt 9.2.1.2.

Råd

En jordarmerad brant slänt kan betraktas som en monolit utan friktion mot fasaden. Nedanstående beräkningar förutsätter att spänningarna i jorden inte påverkas av vattentryck, samt att allt jordmaterial utgörs av friktionsjord. Detta innebär också att grundvattnet är avsänkt innan jordspikningen påbörjas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

10.4.4.1.1 Inre stabilitet

K157049

Jordspikning ska dimensioneras för brott i jordspik och utdragning av jordspik.

Slänt armerad med jordspikar ska dimensioneras med förutsättning att 5% av jordspikarna är overksammas, dock minst en.

K157050

Jordspikars utdragskapacitet, ska verifieras genom provdragning enligt avsnitt 10.4.4.1.2.

Råd

Dimensionering görs genom att jämvikt studeras för en antagen kritisk glidyta. Vid dimensionering får en linjär glidyta antas där vinkeln varieras för att erhålla dimensionerande glidyta.

För en jordspikad brant slänt blir den totala bärförmågan, summan av de enskilda jordspikarnas bidrag, dvs. $\Sigma T_{n,i}/s_h$ där s_h är det horisontella avståndet mellan spikarna. $T_{n,i}$ väljs som det minsta värdet av utdragskapaciteten, $T_{n,i}$, enligt sista ekvationen i detta avsnitt och dimensionerande draghållfasthet i spiken, T_d , enligt ekvationen i K157012.

Dimensionering av brant slänt görs exempelvis med hjälp av kraftpolygon enligt Figur R10.4-6. Den totala kraften, F_e , i spikarna ska då inte vara större än den totala bärförmågan, $\Sigma T_{n,i}/s_h$.

Släntvinkeln, δ , varieras till den mest kritiska glidytan hittats, vilket inträffar då skillnaden mellan F_e och $\Sigma T_{n,i}/s_h$ är som minst.

Då denna metod inte tar hänsyn till utdragskapacitet i aktivzonen förutsätts att fasaden dimensioneras enligt avsnitt 10.4.4.1.3.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

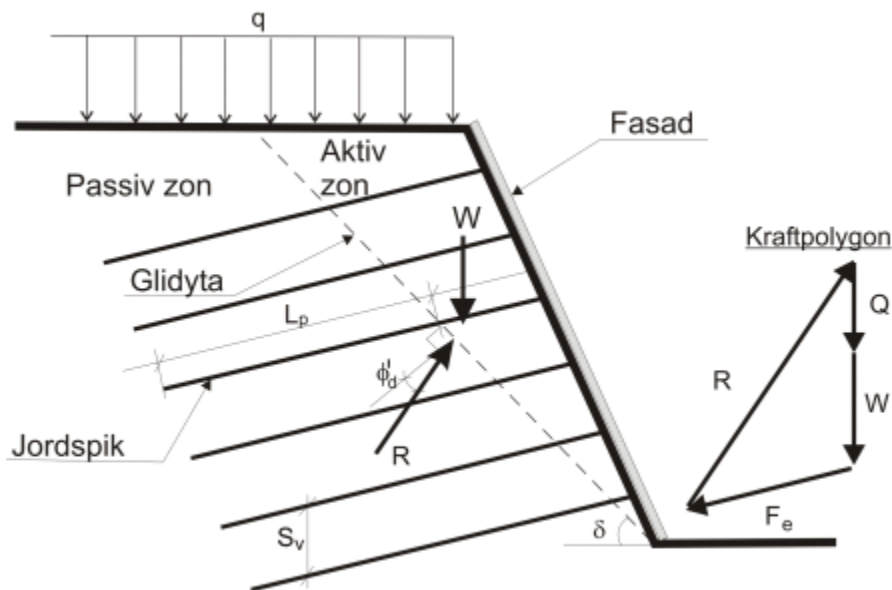
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0



Figur R10.4-6. Jordspikad brant slänt. R är lastresultanten på glidytan. W är tyngden av den aktiva zonen. Q är lastresultanten från trafiklasten.

Utdragning av jordspik

Utdragskapaciteten för en jordspik, t_n (kN/m), kan preliminärt bedömas enligt:

$$t_n = q_s \cdot \theta$$

q_s är mantelbärförmåga hos jordspiken [kN/m²].

θ är omkretsen på jordspiken [m]. Vid borrade spik bör större värde än borrhornans omkrets användas restriktivt.

Mantelbärförmågan kan för injekterade spik uppskattas enligt Tabell R10.4-1. För slagna vinkeljärn har mantelbärförmåga motsvarande 30-100 kN/m² uppmätts vid fältförsök.

Tabell R10.4-1. Uppskattning av mobiliserad mantelbärförmåga hos injekterade jordspikar.

Jord	Mantelbärförmåga, r_s [kN/m ²]
Silt	50-100
Sand	100-150
Grus	150-200

Bärförmågan för en jordspik i passivzonen kan beräknas enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

$$T_{n,i} = t_n \cdot L_{p,i}$$

$L_{p,i}$ är jordspikens längd i passivzonen [m], se Figur R10.4-6.

10.4.4.1.2 Verifiering av utdragskapacitet

K157053

Beräknade värden på bärförmågan, t_n , ska verifieras genom provbelastning av jordspikar, vilka dras till brott.

Karakteristisk utdragskapacitet från provning är:

$$r_k = R_k / L_f$$

L_f är förankringslängden hos provspiken.

R_k är karakteristiska bärförmågan hos provspiken.

Den karakteristiska bärförmågan, R_k , från provbelastningarna ska bestämmas som det minsta värdet av den uppmätta medelbärförmågan, R_{medel} , och det minsta uppmätta enskilda värdet, R_{min} , enligt:

$$R_k = R_{medel} / \xi_1$$

$$R_k = R_{min} / \xi_2$$

ξ_1 och ξ_2 är korrelationskoefficienter som beror av antal provningar enligt Tabell K10.4-2.

Tabell K10.4-2 Korrelationskoefficienter för bestämning av karakteristiska värden från provbelastning av jordspik.

ξ för n=	1	2	3	4	≥ 5
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

n avser antal provade spikar inom kontrollobjektet.

Dimensionerande utdragskapacitet erhålls genom:

$$r_d = \frac{r_k}{\gamma_R \cdot \gamma_{Rd}}$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

γ_R är partialkoefficient för utdragskapacitet och sätts till 1,0.

γ_{Rd} är en modellfaktor som tar hänsyn till systematiska fel och osäkerheter förknippade med metoden och kan väljas till 1,5 för krypförsök (ML-test) och 2,0 för korttidsförsök.

Den genom provning erhållna dimensionerande utdragskapaciteten ska vara större än den antagna utdragskapaciteten enligt:

$$t_R \leq r_d$$

10.4.4.1.3 Fasad

K157055

Fasaden ska dimensioneras för de laster som verkar på den.

Råd

För permanenta konstruktioner kan fasaden anses vara dimensionerad för de krafter som verkar på den om kraften på fasaden antas utgöras av ett i vertikalled konstant jordtryck, p , motsvarande 85 % av aktivt jordtryck enligt:

$$p = 0,85 \cdot K_A \cdot (\gamma_{G,g} \cdot H \cdot \gamma \cdot 0,5 + \gamma_{Q,g} \cdot q_T)$$

K_A är jordtryckskoefficient för aktivt jordtryck och kan bestämmas enligt bilaga C i SS-EN 1997-1.

γ är jordmaterialets tunghet.

H är slänthöjden.

q_T är trafiklast för partialsäkerhetsanalys.

$\gamma_{G,g}$ och $\gamma_{Q,g}$ är partialkoefficienter för permanent och variabel geoteknisk last.

Fasaden ska dimensioneras för jordtrycket, p , mot ena sidan och kraften i spiken mot fasaden, F_y , mot den andra. F_y beräknas som:

$$F_y = p \cdot S_v \cdot S_h$$

S_v är vertikala avståndet mellan jordspikarna.

S_h är horisontella avståndet mellan jordspikarna.

10.4.4.2 Bruksgränstillstånd

K157059

Den jordspikade konstruktionen ska dimensioneras så att inga skadliga deformationerna uppkommer.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Råd

Rörelser hos jordspikade konstruktioner blir vanligtvis måttliga och i storleksordningen några procent av slänthöjden.

10.4.5 Dimensionering av flack slänt med jordspikning

Förutsättning

Med flack slänt avses här en slänt med lutning 60° eller flackare.

10.4.5.1 Brottgränstillstånd

K157064

En jordspikad flack slänt ska dimensioneras så att de krafter som uppkommer i spikarna inte överskrider spikarnas utdragskapacitet eller deras dragkapacitet. Jordspikars utdragskapacitet, t_n , ska verifieras genom provdragning enligt avsnitt 10.4.4.1.2. Fasaden ska dimensioneras för att klara den kraft, F_y , som verkar på den.

Råd

En jordspikad slänt kan dimensioneras med släntstabilitetsprogram för både totalstabilitet och inre stabilitet. Då glidytan skär genom spiken används det minsta värdet av utdragskraften inom den passiva och aktiva zonen och jordspikens dimensionerande draghållfasthet, T_{np} , T_{na} respektive T_d .

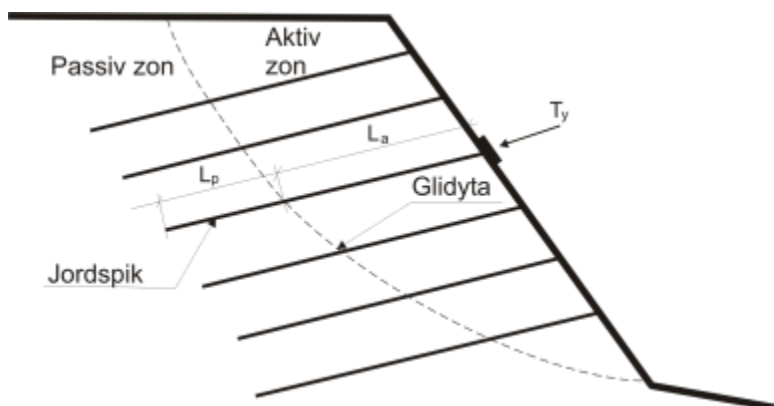
Jordspikens utdragskraft i den passiva zonen beräknas som:

$$T_{np} = q_s \cdot \theta \cdot L_p$$

q_s är mantelbärförmågan hos jordspiken vilken preliminärt kan uppskattas ur Tabell R10.4-1.

θ är jordspikens omkrets.

L_p är jordspikens längd inom den passiva delen, se Figur R10.4-7.



Figur R10.4-7. Jordspikad slänt.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Utdragskraften i jordspiken i den aktiva zonen beräknas som:

$$T_{\text{akt}} = q_s \cdot \theta \cdot L_a + T_y$$

L_a är jordspikens längd inom den aktiva delen, se Figur R10.4-7

T_y är det minsta av infästningens och fasadens bärförmåga, vilken sätts till noll om fasad saknas.

10.4.5.2 Bruksgränstillstånd

K157067

En jordspikad konstruktion ska dimensioneras så att inga skadliga deformationer uppkommer. Vid naturliga slänter utan fasad ska säkerställas att erosion och ytliga glidytor inte kan uppkomma.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

11 Referenser

I detta dokument redovisas inga referenser.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

A. Bilaga A Bestämning av materialegenskaper hos jord

A.1 Empiriska samband och empiriska värden för egenskaper hos jord

A.1.1 Tunghet

Tabell A1-1. Empiriska värden på jords tunghet för vanliga krossmaterial och naturliga material.

Material/Jordart	Tunghet, kN/m ³		För friktionsjord motsvarar värdena empiriska medelvärden för naturligt lagrad jord med minst <u>mellanfast</u> lagringstäthet samt utfylld jord som packats enligt AMA 17.
	Naturfuktig jord över GVY	Effektiv tunghet under GVY	
Förstärkningslagermaterial*	22	-	Om sten- och blockhalten i friktionsjord överstiger 15 % ökas tungheten med: 1 kN/m ³ ö GVY 0,5 kN/m ³ u GVY.
Makadamballast	17	-	
Underballast	19	-	För jord med mycket lös och lös lagringstäthet görs avdrag med: 2 kN/m ³ ö GVY 1 kN/m ³ u GVY
Grovkrossad sprängsten	20	13	
Sorterad sprängsten	18	11	Värden för lera, gyttna och torv avser vattenmättad jord.
Sprängsten	18	11	
Grovkornig mineraljord	20	13	*Vid dimensionering mot upplyftning används 20 kN/m ³
Grus	19	12	
Grusig morän	20	13	
Sand	18	10	
Sandig morän	20	12	
Silt	17	9	
Siltig morän	20	11	
Lera	17	7	
Lermorän	22	12	
Gyttja	14	4	
Torv	11-13	1-3	

A.1.2 Vilojordtryckskoefficient

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

För normalkonsoliderad jord

<i>Jordart</i>	<i>Empiriskt samband, K_0</i>
<i>Friktionsjord och siltjord</i>	<i>$1 - \sin \phi_d'$</i>
<i>Lera</i>	<i>$0,31 + 0,71(w_L - 0,2)$</i>
<i>Varvig och skiktad ler- och siltjord</i>	<i>0,5</i>
<i>Gyttja</i>	<i>0,6</i>

För överkonsoliderad lera får K_0 sättas till $K_{0(NC)} \times OCR^{0,55}$.

A.1.3 Horisontalspänningar

Horisontalspänningar i jord, σ'_{H0} , får empiriskt bestämmas genom utnyttjande av empiriskt framtagen vilojordtryckscoefficienten K_0 , i sambandet $K_0 = \sigma'_{H0} / \sigma'_{v0}$.

A.1.4 Deformationsegenskaper i kohesionsjord

A.1.4.1 Överkonsolideringsgrad

En grov uppskattning av överkonsolideringsgraden kan göras ur Hansbos relation

$OCR = \tau / \sigma'_{v0} \cdot 0,45 \cdot w_L$, där τ är odränerad, okorrigerad skjuvhållfasthet direkt från kon- eller vingförsök.

Överkonsolideringsgraden får beaktas utan provning om den är uppenbar, t.ex. för lermoräner. Se vidare SGI Information 3.

A.1.4.2 Elasticitetsmodul (sekantmodul)

Elasticitetsmodulen under odränerade förhållanden kan uppskattas på basis av jordtyp och odränerad skjuvhållfasthet.

Sekantmodulen, E_{50} , för påkänningar upp till halva brottpåkänningen, kan antas vara:

1000 · c_u för siltig lera

500 · c_u för lågplastisk lera

250 · c_u för högplastisk och gyttjig lera

150 · c_u för gyttja.

A.1.4.3 Kompressionsmodul (ödometermodul)

I de fall horisontaltöjningarna kan anses försumbara, t.ex. då lastens utbredning är stor i förhållande till jorddjup, beskriver kompressionsmodulen de vertikala töjningarna.

Kompressionsmodulens spänningsberoende kan antas vara enligt Figur A1-1.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

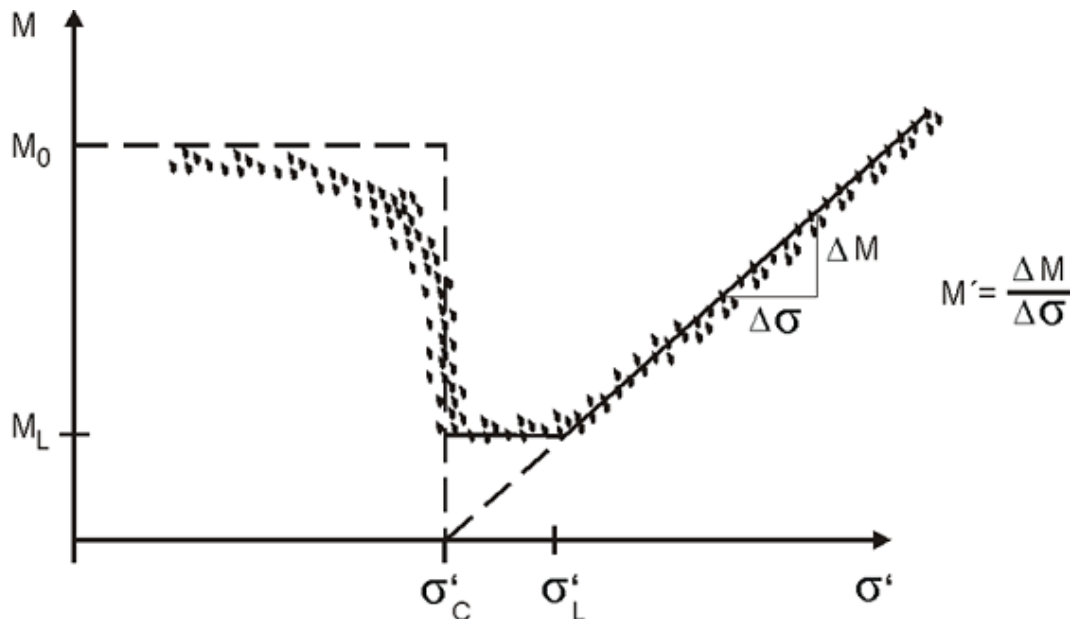
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur A1-1. Kompressionsmodulens variation med spänning.

Sekantmodulen för spänningar under förkonsolideringstrycket, M_0 , kan uppskattas med samma relationer som för E50. Mellan elasticitetsmodulen E och kompressionsmodulen (ödometermodulen) M , råder under dränerade förhållanden sambandet:

$$M = E \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

ν är tvärkontraktionstalet, som har ett initialt värde av cirka 0,1 och som ökar med ökad töjning. För ett inkompressibelt material, t.ex. vattenmättad lera under odränerade förhållanden är tvärkontraktionstalet strax under 0,5.

A.1.4.4 Skjuvmodul

För normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad kohesionsjord ($OCR < 1,5$) kan den initiella skjuvmodulen, G_0 , uppskattas ur:

$$G_0 = 504 \cdot c_u / w_L$$

A.1.4.5 Avlastningsmodul

För svagt överkonsoliderad lera kan avlastningsmodulen, M_{ul} , bestämmas som:

$$M_{ul} = 10 \cdot \sigma'_c \cdot e^{5(\sigma'/\sigma'_c)}$$

e är naturliga logaritmen. Se även "Persson 2004".

A.1.4.6 Kryppparametrar

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Krypningen i ödometerfallet kan beräknas med hjälp av parametrarna α_s max och β_{α_s} . Empiriska erfarenhetsvärden framgår av Tabell A1-2, se även SGI Information 13.

Tabell A1-2. I Empiriska riktvärden för kryppparametrarna α_s max och β_{α_s} vid olika vattenkvot.

Lera			Gyttjig lera, Gyttja, Sulfidlera, Mycket kalkhaltig lera		
W _N (%)	α_s max	β_{α_s}	W _N (%)	α_s max	β_{α_s}
25	0,000	0,000	25	0,000	0,000
30	0,002	0,027	50	0,007	0,030
40	0,006	0,031	75	0,016	0,033
50	0,010	0,035	100	0,021	0,035
60	0,014	0,039	125	0,026	0,038
70	0,018	0,043	150	0,030	0,040
80	0,021	0,046	200	0,036	0,046
90	0,025	0,049	250	0,040	0,051
100	0,029	0,053	300	0,044	0,055
110	0,033	0,057	350	0,047	0,058
120	0,037	0,061	400	0,050	0,061

Alternativt kan krypningen beräknas med hjälp av kryptalet r_s , se "Olsson, Alén 2009". Mellan sekundära konsolideringskoefficienten α_s och r_s råder sambandet $r_s = \ln 10 / \alpha_s$.

A.1.5 Deformationsegenskaper i torv

A.1.5.1 Förkonsolideringstryck

För torvmark som endast i mindre grad påverkats av utdikning eller fyllning kan förkonsolideringstrycket sättas lika med in situ spänningen.

A.1.5.2 Elastitetsmodul

Elasticitetsmodulen kan uppskattas till:

300 kPa för lågförmultnad torv och mellantorv
 150· c_u för högförmultnad torv.

A.1.5.3 Kompressionsmodul

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

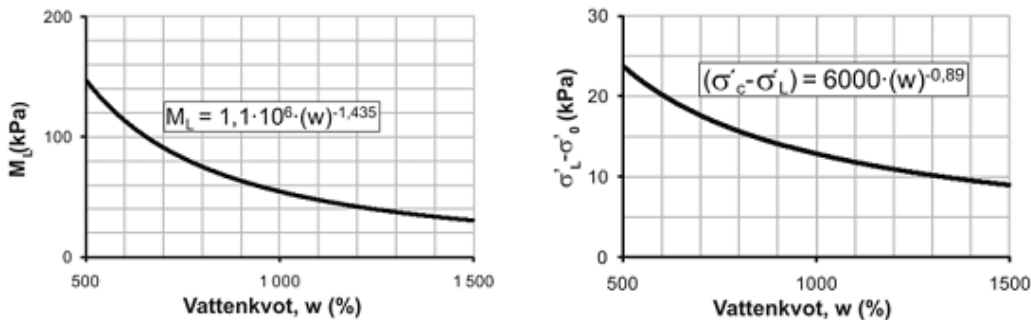
Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Kompressionsmodulens spänningsberoende och samband mellan kompressionsparametrar och torvens vattenkvot kan uppskattas enligt Figur A1-2. Sambanden avser lågförmultnad torv och mellantorv med vattenkvot i intervallet 500 % <math>w < 1500\%</math>.



Figur A1-2. Samband mellan M_L och vattenkvot samt $(\sigma'_L - \sigma'_v)$ och vattenkvot.

M' i torv kan oberoende av vattenkvoten sättas till 7.

A.1.5.4 Skjuvmodul

Bestämning av den initiella skjuvmodulen, G_0 , i torv kan uppskattas ur:

$$G_0 = 13800 \cdot w_N^{-0,67} \cdot \sigma'_0^{0,55}$$

Skjuvmodulen reduceras beroende på deformationsstorleken enligt Figur A1-6.

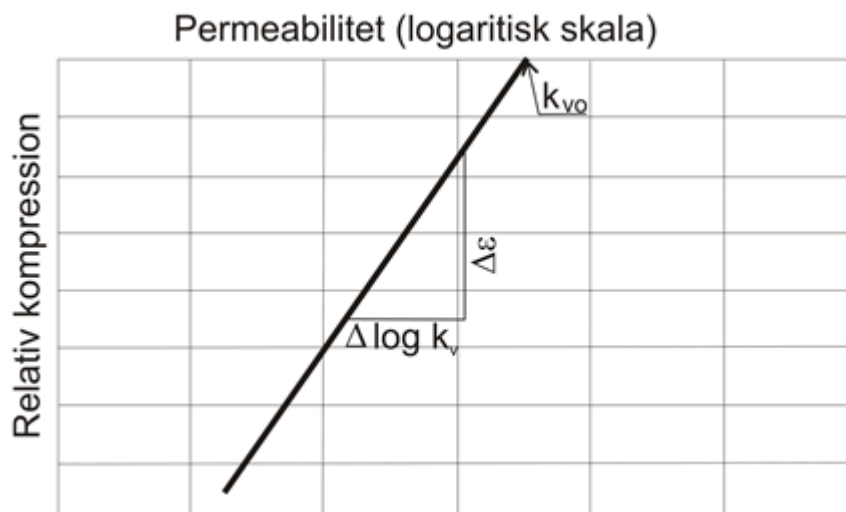
A.1.5.5 Kryppparametrar

För torv kan kryppparametern antas till, $\alpha_s \text{ max} = 0,025$. β_s kan sättas till 0.

A.1.5.6 Permeabilitet

Torvjordar har i naturligt tillstånd relativt hög permeabilitet, $10^{-7} < k_{v0} < 10^{-5}$ m/s. Då torven komprimeras minskar permeabiliteten drastiskt, vilket beskrivs av Figur A1-3 och sambandet:

$$k_v = k_{v0} \cdot 10^{-\beta \cdot \epsilon}$$



Figur A1-3. Beskrivning av permeabilitetens beroende av kompressionen.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

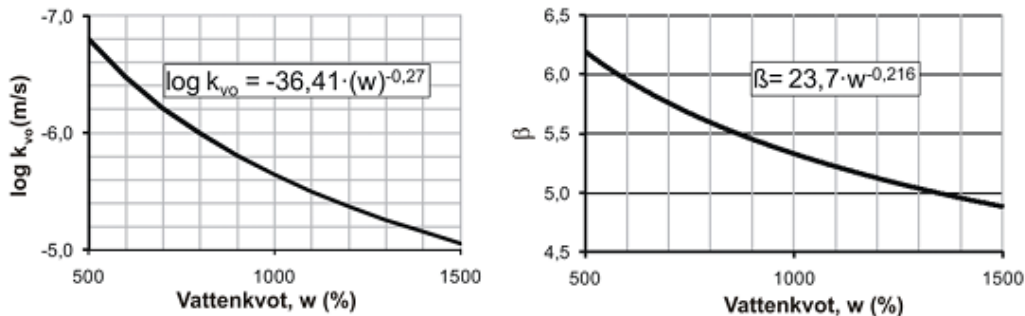
TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

För torvjordar är det inte ovanligt att permeabiliteten är en tusendel av den ursprungliga vid 50 % komprimering (motsvarar $\beta=6$). k_{v0} och β kan väljas enligt Figur A1-4.

Sambanden avser lågförmultnad och mellantorv med vattenkvot i intervallet 500 % < w < 1500 %.



Figur A1-4. Samband mellan k_{v0} och vattenkvot samt β och vattenkvot.

A.1.6 Deformationsegenskaper i silt och friktionsjord

Förkonsolideringstryck i friktionsjord ska inte beaktas utan återspeglas av modulen. Modulens töjningsberoende ska beaktas.

A.1.6.1 Kompressionsmodul

För friktionsjord kan kompressionsmodulen beskrivas som:

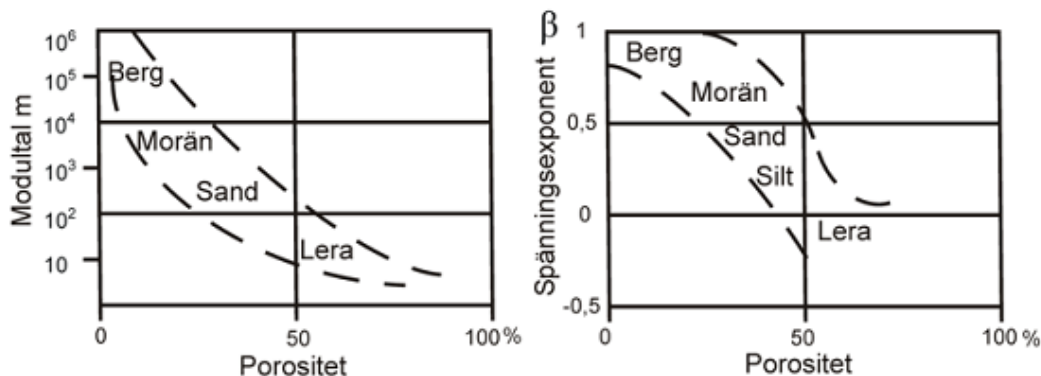
$$M = m \cdot \sigma_j \left(\frac{\sigma'_0}{\sigma_j} \right)^{1-\beta}$$

m är kompressionsmodultalet.

β är spänningsexponent.

σ_j är ett jämförelsetryck som sätts till 100 kPa.

Empirisk bestämning av kompressionsmodulen kan göras med hjälp av värden på m och β som återfinns i Figur 1.2-5.



Figur A1-5. Parametrarna m och β för olika jordar som funktion av porositet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

A.1.6.2 Elasticitetsmodul

Vid nyttjande av empiri får värden på elasticitetsmodulen för friktionsjord användas enligt Tabell A1-3.

Tabell A1-3. Karakteristiska värden på elasticitetsmoduler för vanliga krossmaterial och naturliga material.

Material/Jordart	Elasticitetsmodul, MPa	
	Löst lagrad ²	Fast lagrad ^{1, 2}
Förstärkningslagermaterial	-	50
Makadamballast	-	50
Underballast	-	50
Krossad sprängsten	-	50
Sorterad sprängsten	-	50
Sprängsten	-	50
Grovkornig mineraljord	10	30
Grus	10	40
Grusig morän	10	40
Sand	5	20
Sandig morän	5	20
Silt	2	10
Siltig morän	2	10

¹Fyllningsmaterial som packats enligt AMA 13 kan förutsättas vara fast lagrad.
²Lagringstäthet kan beskrivas med resultat från fältundersökningar enligt Figur 5.2-9.

Elasticitetsmodulen kan bedömas med hjälp av kompressionsmodulen. För friktionsjord är $E \approx 0,74 \cdot M$.

A.1.6.3 Skjuvmodul

Ett förenklat uttryck för den initiella skjuvmodulen G_0 (kPa) är:

$$G_0 = K_1 \cdot (\sigma'_m)^{0,5}$$

K_1 kan antas variera mellan 15 000 och 30 000 beroende på material och packningsgrad. Det lägre värdet används för sand och det högre för krossmaterial.

σ'_m är medeffektivspänningen (kPa).

Skjuvmodulen, G , hos friktionsjord är starkt beroende av storleken på deformationen. För att bedöma skjuvmodulen vid aktuell skjuvtöjning reduceras den initiella skjuvmodulen, G_0 , enligt Figur A1-6.

I en konstruktion med måttliga deformationer är skjuvtöjningarna i storleksordningen 0,03 – 0,1 %. I en bankropp med stora deformationer kan skjuvtöjningarna uppgå till ca 0,5 %.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

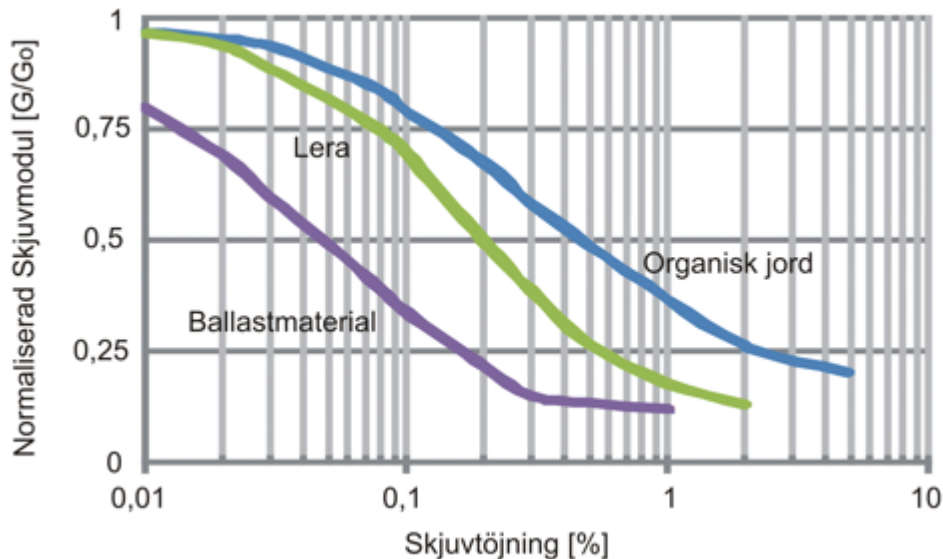
Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

Den initiella skjuvmodulen, G_0 , samt dämpningen kan även uppskattas enligt SGI Information 17.



Figur A1-6. Skjuvmodulens beroende av skjuvtöjning för olika jordmaterial.

A.1.7 Hållfasthetsegenskaper i kohesionsjord

A.1.7.1 Odränerad skjuvhållfasthet

Odränerad skjuvhållfasthet beror av typ av jord, belastningsriktning och överkonsolideringsgrad.

Normalt indelas den odränerade skjuvhållfastheten med hänsyn till belastningsriktning i aktiv, direkt och passiv skjuvning, enligt Figur A1-7.

Den odränerade skjuvhållfastheten kan empiriskt bestämmas på basis av jordens förkonsolideringstryck genom sambandet:

$$c_u = a \cdot \sigma'_c$$

a är en konstant som beror av jordart.

För lera och lerig silt kan a sättas till:

0,33	vid aktiv skjuvning
$0,13 + 0,17 w_L$	vid direkt skjuvning
$0,06 + 0,23 w_L$	vid passiv skjuvning.

För gyttjig och dyig jord sker en förändring av parametern a då den organiska halten överstiger cirka 2 %. Vid aktiv skjuvning kan a antas öka linjärt från 0,33 till 0,5 då den organiska halten ökar från 2 till 6 %, för att därefter vara konstant. Vid direkt skjuvning och passiv skjuvning kan a antas öka linjärt från 0,33 till 0,4 då den organiska halten ökar från 2 till 20 %, för att därefter vara konstant. Se vidare SGI Rapport 38.

Den uppmätta skjuvhållfastheten från vingförsök eller CPT representerar skjuvhållfastheten vid direkt skjuvning. Normalt kan den också antas utgöra ett medelvärde av jordens skjuvhållfasthet i olika riktningar.

För lermorän kan för samtliga belastningsfall antas att $a = 0,4$, se även SGI Rapport 59.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

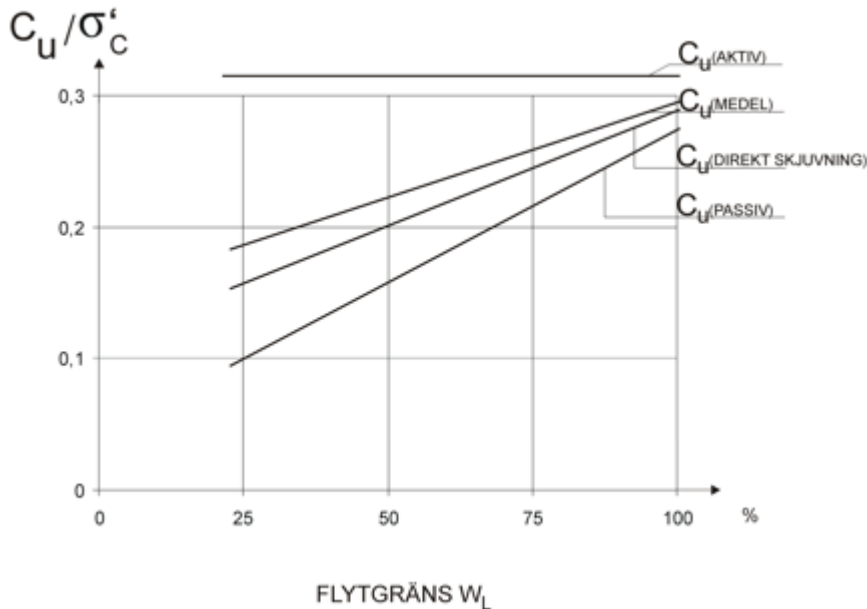
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur A1-7. Indelning av skjuvhållfasthet i huvudtyper. Relation mellan skjuvhållfasthet och förkonsolideringstryck som funktion av konflytgräns.

Hänsyn till inverkan av överkonsolideringsgrad kan göras med uttrycket:

$$c_u = a \cdot \sigma'_c / OCR^{1-b}$$

där materialparametern b varierar mellan 0,7 och 0,9 och kan antas till 0,8. För lermorän antas $b=0,85$.

A.1.7.2 Dränerad skjuvhållfasthet

Den dränerade skjuvhållfastheten i finjord beskrivs med de effektiva hållfasthetsparametrarna c' och ϕ' .

I lera, lerig silt och gyttjig lera kan antas att:

$$\phi' = 30^\circ$$

$$c' = 0,1 \cdot c_u \text{ alternativt } 0,03 \cdot \sigma'_c$$

För "baltisk lermorän" kan värden enligt ovan antas, medan friktionsvinkeln i den grövre lermoränen "nordostmorän" kan antas vara 32° .

A.1.8 Hållfasthetsegenskaper i torv

Skjuvhållfastheten för normalkonsoliderad torv, dvs. lågförmultnad torv och mellantorv, som skjuvas för första gången kan beskrivas med $c' = 2$ kPa och $\phi' = 28^\circ$. Vid normalspänning under 13 kPa medför fibrernas drag- och förankringsstyrka att den skenbara kohesionen ökar till 5 kPa medan friktionsvinkeln sjunker mot noll.

För högförmultnad torv kan den dränerade hållfastheten antas till samma värden som för gyttja.

A.1.9 Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

I grovkornig jord sätts $c' = 0$.

Vid användning av empiri ska karakteristiska värden för olika jordars friktionsvinkel användas enligt Tabell A1-4.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Tabell A1-4. Karakteristiska värden för friktionsvinkel som funktion av lagringstäthet för vanliga krossmaterial och naturliga material.

Material/Jordart	Friktionsvinkel ϕ'	
	Löst lagrad ²	Fast lagrad ^{1, 2}
Förstärkningslagermaterial	-	45
Makadamballast	-	42
Underballast	-	45
Grovkrossad sprängsten	-	45
Sorterad sprängsten	-	45
Sprängsten	-	45
Grovkornig mineraljord	30	37
Grus	30	37
Grusig morän	38	45
Sand	28	35
Sandig morän	35	42
Silt	26	33
Siltig morän	33	40

¹Fyllningsmaterial som packats enligt AMA 13 kan förutsättas vara fast lagrad.
²Lagringstäthet kan beskrivas med resultat från fältundersökningar enligt Figur 5.2-9.

Friktionsvinkeln ϕ' varierar med lagringstäthet och spänningsnivå, se SGI information 3.

A.2 Provningsmetoder för utvärdering av egenskaper

A.2.1 Porvattentryck

Porvattentrycket mäts med slutna portrycksspetsar i finkornig jord, se VV Publ. 1990:41.

Negativa portryck kan mätas med slutna portrycksspetsar, se SGI Information 16.

A.2.2 Horisontaltryck

Horisontaltrycket i jorden kan utvärderas ur resultaten från dilatometerförsök, se SGI Information 10.

A.2.3 Deformationsegenskaper i kohesionsjord

A.2.3.1 Förkonsolideringstryck

Förkonsolideringstrycket kan bestämmas med ödometerförsök utförda som CRS-försök eller stegvisa ödometerförsök.

Försök på lermorän kan utvärderas enligt SGI Varia 480.

I normalkonsoliderad och svagt överkonsoliderad jord kan bestämning av förkonsolideringstrycket även göras ur resultat från dränerade och odränerade triaxialförsök.

En grov uppskattning av förkonsolideringstrycket kan erhållas ur resultat från CPT-sondering och dilatometerförsök.

A.2.3.2 Skjuvmodul

I normalkonsoliderad jord används i första hand seismisk CPT-sondering för bestämning av skjuvmodul.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

I överkonsoliderad jord är skjuvmodulen mer anisotrop och kan bestämmas med seismisk CPT-sondering eller mellanhålsseismik och med horisontell eller vertikal vågrörelse beroende på vad som är relevant för det aktuella fallet, se vidare SGI Information 17.

Initiell skjuvmodul, G_0 [Pa] kan beräknas ur resultat från ytvågsseismik, genom mätning av skjuvvågshastigheten, c_s [m/s].

$$G_0 = \rho \cdot c_s^2$$

ρ är jordmaterialets skrymdensitet [kg/m³].

Bestämning av initiell skjuvmodul i laboratoriet kan utföras med Bender elements.

Skjuvmodulen vid större töjningar bestäms med direkta skjuvförsök eller triaxialförsök.

I fasta leror ($c_u > 50$ kPa) och grövre jord kan skjuvmodulens variation med töjnings- och spänningsnivå mätas genom pressometerförsök med på- och avlastningscykler.

A.2.3.3 Kompressionsmodul under förkonsolideringstrycket

Pålastningsmodul för spänningar under förkonsolideringstrycket kan bestämmas genom ett rekonsoliderat pålastningsförsök i ödometer alternativt med triaxialutrustning.

För överkonsoliderad jord kan pålastningsmodulen uppskattas från dilatometerförsök.

Avlastningsmodul kan bestämmas genom på- och avlastningscykler i ödometerförsök alternativt med triaxialutrustning.

På grund av störning kan jordens deformationsegenskaper vid spänningar under förkonsolideringstrycket inte korrekt simuleras med laboratorieförsök på upptagna prover. De i laboratoriet bestämda på- och avlastningsmodulerna är normalt för låga.

A.2.3.4 Kompressionsmodul över förkonsolideringstrycket

Kompressionsmodul för spänningar över förkonsolideringstrycket kan bestämmas med hjälp av ödometerförsök. Utvärdering av försök på lermorän kan ske enligt SGI Varia 480.

A.2.3.5 Kryppparametrar

Kryppparametrar bestäms genom stegvisa ödometerförsök.

A.2.3.6 Permeabilitet

Permeabiliteten bestäms genom CRS-försök eller genom permeabilitetsförsök.

A.2.4 Deformationsegenskaper i torv

Kompressionsegenskaperna hos torv bestäms med hjälp av kompressometer, se SGI Information 6. Prover som testas ska vara tillräckligt stora för att representera torvens inhomogena struktur. Utrustningen som används måste tillåta stora deformationer (>50%).

Ett kompressometerförsök på torv utförs normalt med stegvis lastökning. Eftersom torven oftast är normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad och in-situ utsatt för endast mycket små effektivtryck, bör det första laststeget vara lågt, vanligtvis 2,5 kPa.

Från kompressometerförsöken utvärderas även konsolideringskoefficienten c_v . Med kännedom om kompressionsmodulen M och c_v beräknas permeabiliteten för varje laststeg.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utförning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

A.2.5 Deformationsegenskaper i silt och friktionsjord

Bestämning av deformationsegenskaper i silt och friktionsjord görs med samma metoder som för lerjord om ostörda prover kan tas och jorden är så lågpermeabel att odränerade förhållanden råder.

A.2.5.1 Moduler

Kompressionsmodulen i sand och silt kan bestämmas genom dilatometerförsök där utvärderingen utförs enligt SGI Information 10.

Skjuvmodul kan mätas på samma sätt som för kohesionsjord.

Utvärdering av elasticitetsmodul ur sonderingsresultat för sättningsberäkning med vertikala spänningsökningar kan göras enligt Figur A2-1. Den säkraste utvärderingen av resultaten fås från CPT-sondering. Viktsondering ger den mest osäkra utvärderingen.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

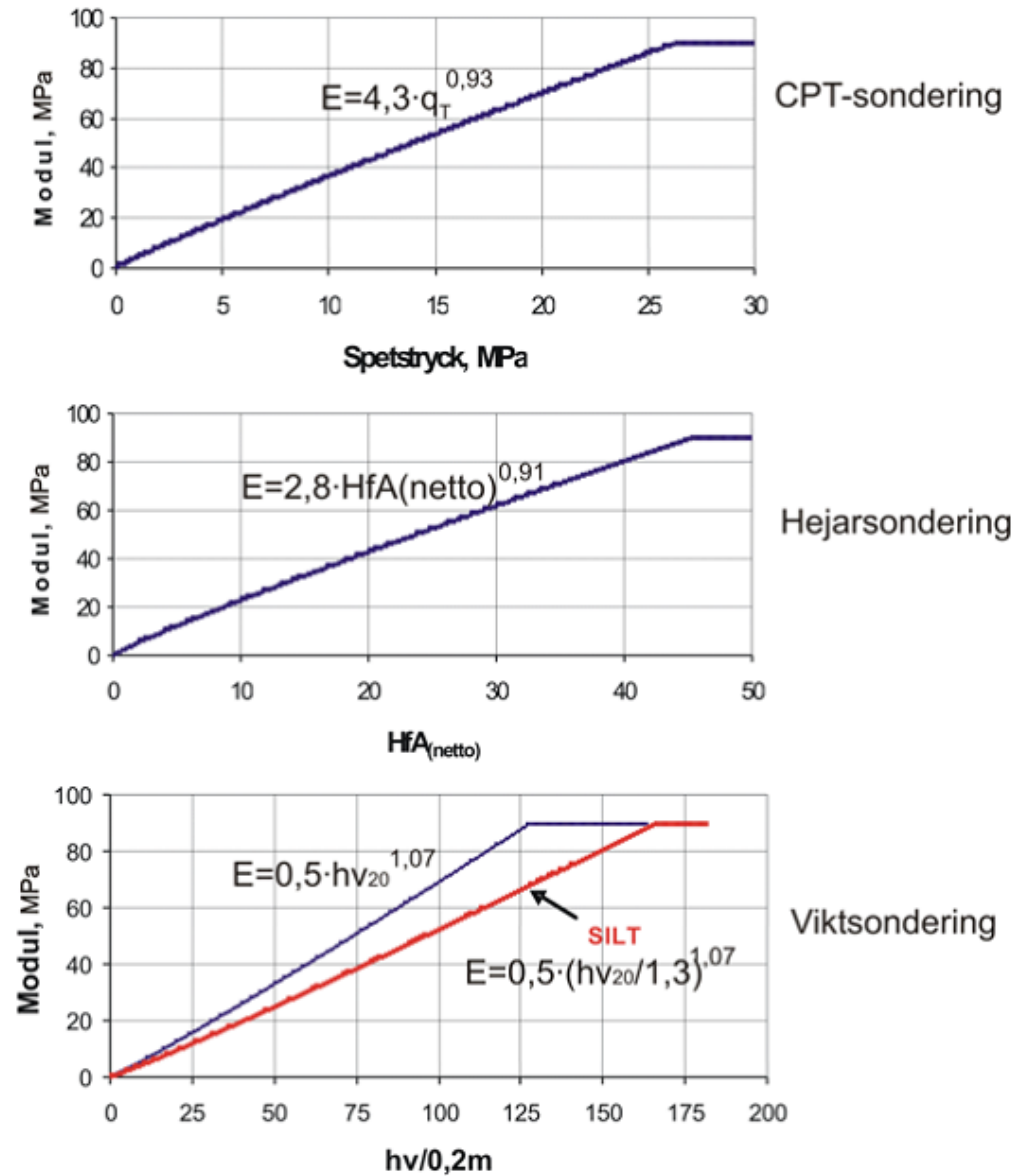
Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0



Figur A2-1. Elasticitetsmodul ur sonderingsresultat för sand.

A.2.6 Hållfasthetsegenskaper i kohesionsjord

Hållfasthetsegenskaper kan bestämmas enligt SGI Information 3.

A.2.6.1 Odränerad skjuvhållfasthet

A.2.6.1.1 Vingförsök

Skjuvhållfastheten bestämd genom vingförsök korrigeras med ledning av flytgränsen upp till 200 % och överkonsolideringsgraden enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

$$c_u = \tau_v \left(\frac{0,43}{w_L} \right)^{0,45} \left(\frac{OCR}{1,3} \right)^{-0,15}$$

τ_v är hållfasthetsvärde beräknat ur moment vid brott och vingens geometri.

Då OCR är <1,3 sätts OCR till 1,3.

Högre värden på c_u än 1,2 τ_v får inte användas utan stöd från andra provningar.

För sulfidjord utvärderas skjuvhållfastheten som $c_u = 0,65 \tau_v$, se vidare SGI Rapport 69.

I mycket fast lermorän kan s.k. dansk vinge användas. Försöken utförs då enligt DGF Feltkomité. I denna jord görs normalt ingen korrigerig för konflytgräns eller överkonsolideringsgrad. Däremot beaktas hållfasthetens volymberoende, se vidare SGI Varia 480.

A.2.6.1.2 CPT-sondering

Skjuvhållfastheten för lera utvärderas från CPT-sondering enligt:

$$c_u = \frac{q_T - \sigma_0}{13,4 + 6,65 w_L} \left(\frac{OCR}{1,3} \right)^{-0,20}$$

q_T är det totala spetsmotståndet.

σ_0 är det vertikala totaltrycket.

Då OCR är <1,3 sätts OCR till 1,3.

För lermorän, gyttja och sulfidjord, se SGI Information 3.

A.2.6.1.3 Dilatometerförsök

Utvärdering av skjuvhållfasthet i kohesionsjord från dilatometerförsök kan utföras enligt SGI Rapport.

A.2.6.1.4 Fallkonförsök

Skjuvhållfastheten bestämd med fallkonförsök korrigeras med hänsyn till flytgränsen upp till 200 %.

$$c_u = \tau_{kon} \left(\frac{0,43}{w_L} \right)^{0,45}$$

τ_{kon} är hållfasthetsvärdet utvärderat ur konvikt, spetsvinkel och uppmätt konintryck.

Högre värden på c_u än 1,2 τ_{kon} ska inte användas utan stöd från andra provningar.

För sulfidjord ska skjuvhållfastheten utvärderas som:

$$c_u = 0,65 \cdot \tau_{kon}$$

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

A.2.6.1.5 Direkta skjuvförsök

Direkta skjuvförsök utförs och utvärderas enligt SGF Notat 2:2004.

A.2.1.6.6 Triaxialförsök

Utförande och utvärdering av triaxialförsök ska för normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad lera göras i enlighet med CTH kurs i triaxialförsök för gytta enligt SGI Rapport 38 och för lermorän enligt SGI Rapport 59.

A.2.6.2 Dränerad skjuvhållfasthet**A.2.6.2.1 Direkta skjuvförsök**

Direkta skjuvförsök ska utföras och utvärderas enligt SGF Notat 2:2004 på prover vilka fått rekonsolidera till in-situ spänningarna.

A.2.6.2.2 Triaxialförsök

Utvärdering av triaxialförsök på normalkonsoliderad och svagt överkonsoliderad lera utförs enligt CTH kurs i triaxialförsök och på lermorän enligt SGI Rapport 59.

Dränerade triaxialförsök utförs oftast som aktiva försök med axiell kompression. Effektiva hållfasthetsparametrar som motsvarar den dränerade hållfastheten vid konstant volym kan utvärderas ur spänningvägar i odränerade försök.

A.2.7 Hållfasthetsegenskaper i torv

Hållfasthet hos lågförmultnad torv och mellantorv ska normalt bestämmas med hjälp av direkta skjuvförsök eller genom vingförsök. Försöksutrustning som används för att bestämma hållfasthetsegenskaper i torvjord ska tillåta stora deformationer.

Vid direkta skjuvförsök uppkommer brott i torven ofta först efter vinkeländringar större än 1 radian.

A.2.7.1 Direkta skjuvförsök

Direkta skjuvförsök kan utföras på prover med diametern 100 mm och höjden ca 45 mm. Proverna konsolideras för olika normalspänningar inom aktuellt spänningsintervall och utförs som dränerade eller odränerade.

A.2.7.2 Vingförsök

Vid utvärdering av vingförsök i torvjordar beaktas att brottet inte inträffar längs vingens periferi.

Eftersom brottet sker en bit utanför vingens periferi måste skjuvhållfastheten reduceras och hållfastheter större än 40 % av uppmätta vingvärden bör inte utnyttjas.

Vingförsök i torvjordar kan användas för att verifiera hållfasthetstillväxt under järnvägs- och vägbankar.

A.2.7.3 Triaxialförsök

Aktiva dränerade triaxialförsök kan normalt inte utvärderas på traditionellt sätt för bestämning av dränerade hållfasthetsparametrar i torvjord, eftersom fiberinnehållet i jorden medför att det inte uppstår något egentligt skjuvbrott.

A.2.8 Hållfasthet i silt och friktionsjord

Hållfasthetsegenskaper bestäms enligt SGI Information 8 och 16.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

A.2.8.1 Fältmetoder

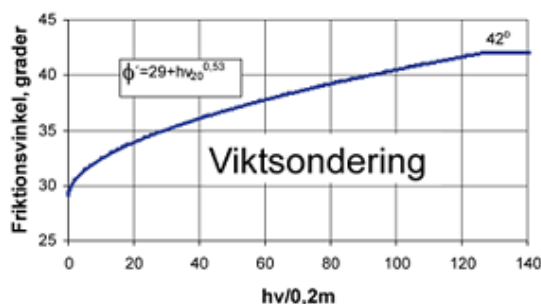
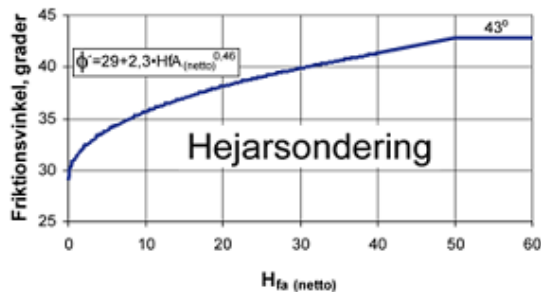
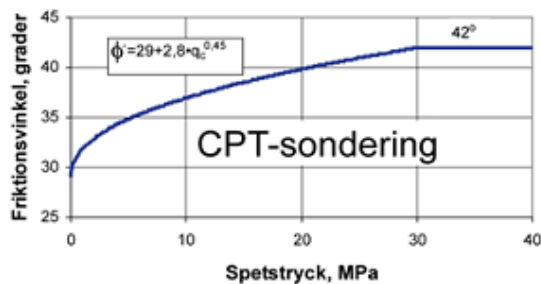
Hållfastheten i naturlig silt och friktionsjord kan bestämmas ur sonderingsresultat i fält. CPT-sondering ska utföras i första hand.

Om jorden bedöms vara delvis dränerad får de effektiva hållfasthetsparametrarna utvärderas enligt SGI Information 15.

A.2.8.1.1 Friktionsvinklar vid bärlighetsberäkning

I fall med kraftigt ökande belastning, t.ex. bärförmåga hos plattor och fundament, ska lägre värden användas, speciellt för lös och finkornig jord.

Empiriska erfarenhetsvärden för detta utvärderas med ledning av jordart och uppmätt sonderingsmotstånd, se Figur A2-2.



Lagringstäthet:

Lagringstäthet	CPT MPa	Hejare H_{fa} (netto)	Vikt Hv/0,2m
Mycket lös	0-2,5	0-4	0-10
Lös	2,5-5	4-8	10-25
Medelfast	5-10	8-12	25-45
Fast	10-20	12-25	45-80
Mycket fast	>20	>25	

Anmärkning:

För grus görs ett tillägg med 2° och för silt görs ett avdrag med 3°. Vid utfyllt eller packad jord divideras sonderingsmotstånden med 1,2 före utvärdering av friktionsvinkeln. I siltig jord divideras viktsonderingsmotståndet med 1,3 före utvärdering av friktionsvinkeln.

Figur A2-2. Utvärdering av friktionsvinkel och lagringstäthet ur sonderingsresultat.

A.2.8.2 Laboratorieprovning

A.2.8.2.1 Direkta skjuvförsök

Direkta skjuvförsök kan utföras och utvärderas i enlighet med SGF Notat 2:2004.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Direkta skjuvförsök är lämpliga att utföra på ostörda prover av skiktad jord med omväxlande silt och lera. Såväl odränerad skjuvhållfasthet som effektiva hållfasthetsparametrar kan bestämmas.

A.2.8.2.2 Triaxialförsök

Triaxialförsök kan användas för bestämning av hållfasthetsegenskaperna i homogen jord.

I silt kan såväl odränerad skjuvhållfasthet som effektiva hållfasthetsparametrar bestämmas.

I grövre jord bestäms friktionsvinkeln, se vidare SGI Information 8 och Information 16.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

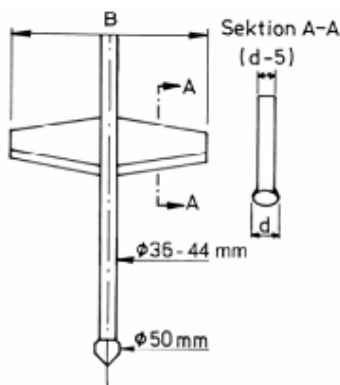
1.0

B. Bilaga B Inblandning av kalk och cement

B.1 Verifiering av hållfasthet genom pelarsondering

Pelarsondering ska utföras i enlighet med Svensk Djupstabilisering, Rapport nr 17, Appendix C, avsnitt 1, med nedan angivna avvikelser och förtydliganden. Pelarsondering ska utföras med kalkpelarsond utformad i enlighet med figur nedan.

Vingens bredd, B, samt tvärmått, d, ska väljas enligt följande:



Pelardiameter (mm)	Bredd, B (mm)	Tvärmått, d (mm)	Tvärsnittsarea (mm ²)
500	400	20	8963
600	500	15	8713
800	600	15	10213
Masstab.	400	20	8963

Sondstångens diameter, $\phi_{stång}$, ska vara:

$$36 \text{ mm} \leq \phi_{stång} \leq 50 \text{ mm}.$$

Sondering ska utföras med en konstant penetrationshastighet 20 mm/s, \pm 4 mm/s.

Innan sondering av pelare påbörjas ska pelarens överyta friläggas för att säkerställa att sondering sker mitt i pelaren (dock inte krav vid OPS/FOPS).

Vid svävande pelare ska sondering utföras till ett djup minst 2 m under pelarspets.

Misslyckad sondering ska ersättas med ny sondering i samma pelare, men vriden 90°, eller i närliggande pelare.

Pelaren ska sonderas i hela sin längd. Vid sondering i pelare med längd större än 6 m ska förborring ske. Förborring ska ske vertikalt, utan slag eller vattenspolning.

Vid pelarlängder större än 8 m ska pelarsond vara försedd med lutningsmätare (gäller inte OPS/FOPS).

Nedtrycknings-/upptragningskraften ska registreras kontinuerligt.

Sondering ska som jämförelse också utföras i oförstärkt jord.

Detta ska utföras i ett antal punkter minst motsvarande 5 % av de sonderingar som utförs i förstärkt jord, (dock minst 4 stycken).

Då sondering utförs med OPS/FOPS:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

1.0

- Ska minst 25 % av de sonderade pelarna framschaktas till ett djup minst 1 m under underkant torrskorpa. Okulär kontroll av att bindemedlet spridits jämnt över pelarens tvärsnittsytta ska göras. Kontrollen ska dokumenteras genom foto eller anteckning.
- Ska kontroll göras av om bitar av den förstärkta jorden häftat vid wiren. Detta kan indikera koncentration av bindemedel i pelarens centrala delar.
- Ska sondering även utföras med konventionell sondering (KPS) i minst 10 % och totalt minst 4 av de pelare som sonderats med OPS/FOPS.

Sondering med OPS/FOPS får inte nyttjas utan beställarens godkännande i det specifika fallet. Hållfasthetsbestämning med FOPS får endast användas om det finns en objektspecifik kalibrering med FKPS.

Utvärdering

Pelarens skjuvhållfasthet, $c_{u,pel}$, ska utvärderas som:

$$c_{u,pel} = 0,1 Q_{spets} / A_{sond}$$

där

Q_{spets} är den kraft i sondspetsen som erfordras för att penetrera pelaren¹⁾

A_{sond} är sondens tvärsnittsarea, vilken kan sättas till värden enligt tabell ovan.

¹⁾ Då endast totalkraften mäts ska friktionen mot stång eller wire uppskattas/mätas.

B.2 Allmänna råd för förstärkning med kalkcementpelare

Planläge, nivå och pelarlängd

Enligt ritning.

Lutning

Vertikal eller enligt ritning.

Stabiliseringsmedel (alla produkter ska vara arbetsmiljö- och miljögranskade av Trafikverkets Kemikaliegranskningsfunktion enligt TDOK 2010:310)

Total mängd stabiliseringsmedel > 80 kg/m³

Minst 70 % av total mängd ska utgöras av bränd kalk och cement

	Kalk	Cement	Övriga bindemedel
Kornstorlek:	< 0,2 mm	< 0,2 mm	< 0,2 mm
CaO-aktiv halt:	>80 % enl. ASTM	---	---
Flytbarhet:	>70 enl. SS 13400	>40 enl. SS 13400	>40
Andel kalciumsulfid	---	---	<5 %
Sammansättning:	---	Cementinnehåll lägl	---

II/A enligt SS-EN 197-1

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

TRVINFRA-nummer

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

1.0

Inblandning ska ske inom väl definierade och på platsen markerade delområden. Dessa ska inte göras större än att god kontroll erhålles över inblandad mängd bindemedel inom delområdet. Delområden får aldrig överstiga 25 m² eller 125 m³.

Inblandningen ska ske på ett systematiskt sätt, så att hela delområdets volym erhåller en så homogen inblandning som möjligt. En beskrivning av den tillämpade metodiken ska finnas och vara tillgänglig i maskinen.

Toleranser	Inblandningsmängd	Bindemedelsandel	Inblandningsarbete
Geometri			
Planläge: ± 0,2 m	-10/+15 % av nominell mängd för varje delyta	± 10 procentenheter, (dvs. exempelvis 60/40 vid nominell mängd 50/50)	--
Nivåtolerans: -0,3 m	-1/+3 % av total nominell mängd för varje delområde		