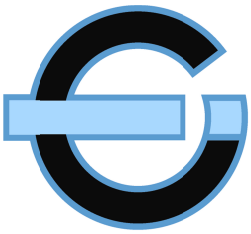
Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik

Rapport 2:2008, Rev 3

Tillämpningsdokument

Grunderna i Eurokod 7

Svenska Geotekniska Föreningen
Swedish Geotechnical Society



Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik

IEG Rapport 2:2008, rev 3

Tillämpningsdokument

Grunderna i Eurokod 7

Framtagen av IEG

Stockholm 2008, reviderad 2010-04-12, 2013-12-15

IEG Rapport Implementeringskommissionen för
Europastandarder inom Geoteknik
Förvaltas av
SGF Svenska Geotekniska Föreningen

Beställning SGF

ISBN 978-91-87683-00-8

Upplaga Digital

Version Dec. 2013

Förord

Detta tillämpningsdokument har framtagits på uppdrag av IEG (Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik) som är en ideell förening under Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademiens hägn. Föreningen har till uppgift att initiera, samordna och utföra arbete, som krävs för implementering av Europastandarder inom Geoteknikområdet i Sverige.

Detta tillämpningsdokument beskriver grunderna för hur dimensionering av geokonstruktioner kan utföras enligt SS-EN 1997.

Beskrivningen innefattar en beskrivning hur dimensionerande värde kan utvärderas och ger exempel på hur dimensionering baserat på beräkning, hävdvunna åtgärder, provbelastning och modellförsök samt observationsmetod kan genomföras.

Detta tillämpningsdokument hanterar även geoteknisk kategori. Geoteknisk kategori ger beställare, konsulter, entreprenörer, myndigheter m.fl. ett verktyg för att identifiera och klassificera geokonstruktioner i tre olika kategorier utifrån undergrundens beskaffenhet, planerad geokonstruktion och omgivningsförhållanden.

Värdefulla synpunkter på rapporten har inkommit från IEG:s styrelse under arbetets gång. Granskare utsedda av IEG:s styrelse har varit Håkan Stille, KTH och Gunilla Franzén VTI.

Svenska Geotekniska Föreningen, SGF, har sedan den 1 juni 2011 tagit över förvaltningen av IEG:s dokument. Under hösten 2013 har en revidering av flertalet av IEG:s tillämpningsdokument genomförts, med huvudsyfte att likrikta språkbruk och justera felaktigheter som uppstått i några dokument. Inför revideringen har synpunkter inhämtats från SGF:s medlemmar och respektive författare har lämnat förslag till revideringar av sina respektive dokument.

En styrgrupp bestående av Lovisa Moritz, Trafikverket, Håkan Karlsson, Skanska och Karin Odén, SGI har gått igenom inkomna revideringsförslag och tagit ställning till vilka som ska inarbetas. Slutlig redigering av inarbetning av synpunkterna har gjorts av Gunilla Franzén, GeoVerkstan, tillika projektledare för revideringen.

Stockholm i oktober 2009, reviderad 2010-04-12 och 2013-12-15

Håkan Eriksson, SolidGeo Håkan Garin, GeoVerkstan

Sammanfattning

Eurokoderna är en samling av 10 stycken europeiska standarder för dimensionering av bärande konstruktioner. Eurokoderna består av:

- SS-EN 1990: Grundläggande dimensioneringsregler
- SS-EN 1991: Laster på bärande konstruktioner
- SS-EN 1992: Dimensionering av betongkonstruktioner
- SS-EN 1993: Dimensionering av stålkonstruktioner
- SS-EN 1994: Dimensionering av samverkanskonstruktioner av stål och betong
- SS-EN 1995: Dimensionering av träkonstruktioner
- SS-EN 1996: Dimensionering av murverkskonstruktioner
- SS-EN 1997: Dimensionering av geokonstruktioner
- SS-EN 1998: Dimensionering av konstruktioner med hänsyn till jordbävning
- SS-EN 1999: Dimensionering av aluminiumkonstruktioner

Dimensionering av geokonstruktioner får enligt Eurokod 7 utföras med såväl sannolikhetsteoretiska metoder, partialkoefficientmetoden som empiri. Följande metoder kan användas vid dimensionering:

- Beräkning
    - Analytiska modeller
    - Semi-empiriska modeller
    - Numeriska modeller
- Hävdvunna åtgärder
- Provbelastning och modellförsök
- Observationsmetod

Vid dimensionering av geokonstruktioner ska geoprojektören bl.a. ta hänsyn till:

- geologisk och annan bakgrundsinformation, t.ex. bildningssätt och belastningshistoria
- data från tidigare projekt
- geotekniska egenskapers naturliga variation
- omfattning av fält- och laboratorieundersökning, typ och antal prover
- omfattning av den del av marken som bestämmer beteendet hos geokonstruktionen i det betraktade gränstillståndet
- geokonstruktionens förmåga att överföra laster från veka till fasta delar i marken
- osäkerhet i beräkningsmodell
- typ av brottmekanism (sprött eller segt)
- geokonstruktionens närhet till undersökningspunkter

Vid dimensionering genom beräkning enligt partialkoefficientmetoden säkerställs att säkerheten mot brott uppfylls genom att geotekniska egenskaper reduceras med fasta partialkoefficienter samt ytterligare korrektion av egenskapen genom hänsyn till osäkerhet relaterad till jordens egenskaper samt osäkerhet kopplad till aktuell geokonstruktion (se punkterna ovan).

Vid dimensionering med numeriska metoder bör indata motsvara egenskapernas förväntade värde (medelvärde). Dessutom ska alltid en känslighetsstudie av de ingående parametrarna utföras.

Dimensionering med hävdvunna åtgärder kan användas vid låg säkerhetsklass och geoteknisk kategori (t.ex. SK1 och GK1) och utförs oftast när beräkningsmodeller inte behövs eller inte är tillgängliga. Hävdvunna åtgärder ska vara:

- konservativa utformningar med betryggande säkerhet mot brott
- baserade på konventionella metoder
- baserade på tidigare erfarenhet

Provbelastning eller modellförsök kan användas för att verifiera att en geokonstruktion har tillräcklig säkerhet eller för att komplettera dimensionering genom beräkning, hävdvunna åtgärder och observationsmetoden.

När det är svårt att förutsäga det geotekniska beteendet kan gränstillstånd verifieras genom att tillämpa observationsmetoden, där dimensioneringen av geokonstruktionen följs upp och vid behov revideras under utförandet. För att verifiera gränstillståndet med observationsmetoden innan utförandet påbörjas ska:

- acceptabla gränser för beteendet bestämmas
- gränserna för möjligt beteende beräknas och det ska visas att sannolikheten för att det verkliga beteendet ligger inom de acceptabla gränserna är godtagbar
- en plan för uppföljning tas fram som ska visa om det verkliga beteendet ligger inom acceptabla gränser. Uppföljningen ska på ett tillräckligt tidigt stadium klargöra detta och med tillräckligt korta tidsintervall för att framgångrikt kunna vidta korrigerande åtgärder
- responstiden hos mätinstrumenten och i sättet att analysera resultaten vara tillräckligt snabbt för att möjliggöra förändringar i systemet
- en plan för korrigerande åtgärder ska upprättas, vilken kan följas om uppföljningen visar ett beteende som ligger utanför acceptabla gränser.

Geoteknisk kategori styr utformning och omfattning av geoteknisk undersökning, projektering, utförande och kontroll och bör väljas i samråd mellan geoprojektör och beställare.

Summary

Eurocode is a group of ten European standards governing the design of structures. The Eurocodes comprise:

- SS-EN 1990: Basis of Structural Design
- SS-EN 1991: Actions on structures
- SS-EN 1992: Design of concrete structures
- SS-EN 1993: Design of steel structures
- SS-EN 1994: Design of composite steel and concrete structures
- SS-EN 1995: Design of timber structures
- SS-EN 1996: Design of masonry structures
- SS-EN 1997: Geotechnical design
- SS-EN 1998: Design of structures for earthquake resistance
- SS-EN 1999: Design of aluminum structures

Design of geotechnical structures can be performed with reliability based design methods, the partial coefficient method as well as empirically based methods. The following methods can be used during design:

- Calculation
    - Analytical methods
    - Semi-empirical methods
    - Numerical methods
- Prescriptive measures
- Load tests and tests on experimental models
- Observational method

During design of geotechnical structures, the designer shall for example take account of:

- geological and other background information such as process of formation and stress history
- data from previous projects
- natural variation of geotechnical properties
- extent of soil investigation
- the extent of the zone of ground governing the behavior of the geotechnical structure at the limit state being considered
- the ability of the geotechnical structure to transfer loads from weak to strong zones in the ground
- accuracy of the design model
- type of failure mechanism
- distance from the soil investigation to the geotechnical structure

During design by calculation according to the partial coefficient method the safety is governed by fixed partial coefficients as well as additional corrections of the geotechnical property by considering uncertainties in the soil parameters as well as the actual geotechnical structure.

During design using numerical methods, the average value of the geotechnical properties should be used. Additionally, sensitivity analyses by adjusting the involved geotechnical parameters shall be performed.

Design by prescriptive measures can be used when a low safety class as well as a low geotechnical category is applicable. Normally, prescriptive measures can be used when design models are unnecessary or not available. Prescriptive measures shall be:

- conservative
- based on conventional methods
- based on previous experience

Load tests and tests on experimental models can be used to verify the safety of a geotechnical structure or in addition to design by calculation, prescriptive measures and observational method.

When it is difficult to predict the behavior, a limit state can be verified by applying the observational method. The geotechnical structure is monitored and, if necessary, the design is revised. To verify the limit state with the observational method before execution, the following shall be established:

- acceptable limits for the behavior
- limits for possible behavior
- a follow-up plan to show that the real behavior lies within acceptable limits
- the reaction time for the instruments and the time for analysis shall be sufficiently low to allow for changes in the system
- a plan for corrective measures

Geotechnical categories govern the extent and type of soil investigation, design, execution and control of geotechnical structures and should be chosen in cooperation between the designer and client.

Innehåll

FÖRORD I

SAMMANFATTNING III

SUMMARY V

1 INLEDNING 1

2 EUROKOD, OMFATTNING OCH INDELNING 1

3 ORDLISTA OCH DEFINITIONER 3

4 VAL AV SÄKERHETSKLASS 4

5 HANTERING AV GEOTEKNISK KATEGORI 5

5.1 Syfte 5
5.2 Kriterier för val av geoteknisk kategori 7
5.3 Krav för respektive geoteknisk kategori 9
5.3.1 Verifieringskrav *9*
5.3.1.1 Säkerhetsnivå 9
5.3.1.2 Dimensionering/projektering 9
5.3.1.3 Geokonstruktionens dimensionerande värde 10
5.3.2 Grundkrav *10*
5.3.2.1 Geoteknisk utredning 10
5.3.2.2 Utförandeplanering 12
5.3.2.3 Kontroll/övervakning 12
5.3.3 Tilläggskrav för konstruktionen *13*
5.3.4 Oberoende granskare *13*
5.4 Geoteknisk kategori för respektive konstruktion 15

6 DIMENSIONERING 15

6.1 Inledning 15
6.2 Dimensionering genom beräkning 16
6.2.1 Allmänt *16*
6.2.2 Definition av gränstillstånd *18*
6.2.3 Dimensioneringssätt *19*
6.2.4 Dimensionering med numeriska metoder *19*
6.3 Dimensionering genom hävdvunna åtgärder 19
6.4 Dimensionering genom provbelastning och modellförsök 19
6.5 Dimensionering med observationsmetoden 20

7 HANTERING AV LASTER OCH LASTEFFEKTER 23

7.1 Allmänt om laster 23
7.2 Brottgränstillstånd hantering av laster och lasteffekter 24
7.2.1 Brottgränstillstånd EQU (förlorad jämvikt): *24*
7.2.2 Brottgränstillstånd STR/GEO (brott i konstruktionselement eller mark): *24*
7.2.3 Brottgränstillstånd UPL (förlorad jämvikt beroende på hydraulisk upptryckning): *25*
7.2.4 Brottgränstillstånd HYD (hydraulisk bottenuppluckring): *25*
7.3 Bruksgräns hantering av laster och lasteffekter 26

8 HÄRLEDDA RESPEKTIVE VALDA VÄRDEN 26

9 GEOKONSTRUKTIONENS DIMENSIONERANDE VÄRDE 28

9.1 Allmänt 28
9.2 Beräkning av geokonstruktionens dimensionerande värde 29

10 REFERENSER 31

BILAGA A. SAMMANSTÄLLNING PARTIALKOEFFICIENTER 32

1 Inledning

Detta tillämpningsdokument redovisar exempel på godtagbara sätt att:
- välja geoteknisk kategori
- beräkna laster och lasteffekter
- bestämma och utvärdera härledda värden
- dimensionera en geokonstruktion

Dessutom beskrivs uppbyggnaden av eurokoderna och viss information redovisas om deras innehåll.

Detaljer för hur geokonstruktioner kan dimensioneras, redovisas i respektive tillämpningsdokument:
- plattgrundläggning
- pålgrundläggning
- slänter och bankar
- stödkonstruktioner
- etc.

Sammanställning av samtliga rapporter från IEG återfinns på www.sgf.net

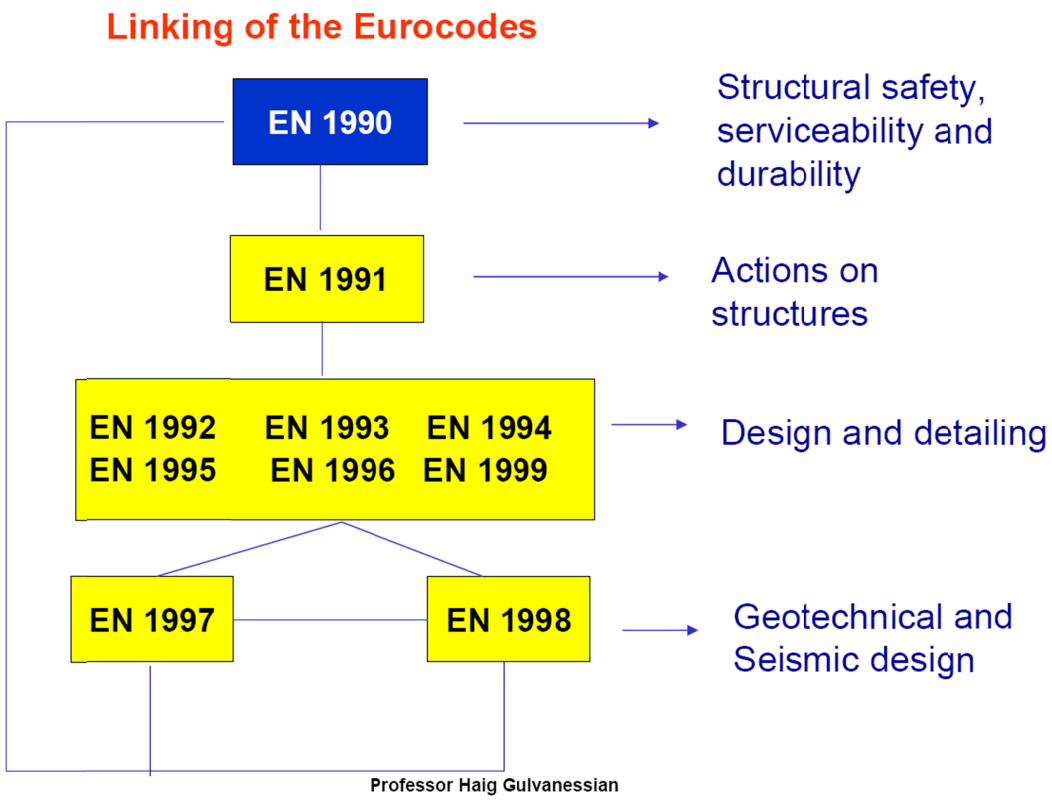
Filosofin med att dela upp objektets geokonstruktioner i kategorier medför att man erhåller en snabb inblick i objektets komplexitet. Vidare är det möjligt att i geoteknisk kategori 1 utföra enkla och traditionella konstruktioner utan kostnadskrävande utrednings- och projekteringskostnader. Till geoteknisk kategori 1 kan t.ex. normal egnahemsbyggnation, enklare tillbyggen m.m. oftast inräknas.

Geoteknisk kategori ger riktlinjer för:
- undersökningsprincip
- hantering av geokonstruktionens dimensionerande värde
- dimensionering/projektering
- planering av utförande
- kontroll/övervakning
- oberoende granskning

2 Eurokod, omfattning och indelning

Eurokoderna är en samling europeiska standarder för dimensionering av bärande konstruktioner. Eurokoderna omfattar totalt 10 standarder och SS-EN 1990 ”Eurokod – Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk” ger riktlinjer för de övriga eurokoderna. Figur 2.1 visar en sammanställning över samtliga eurokoder.

I Sverige har eurokoderna följande beteckning och rubrik:
- SS-EN 1990: Grundläggande dimensioneringsregler
- SS-EN 1991: Laster på bärande konstruktioner
- SS-EN 1992: Dimensionering av betongkonstruktioner
- SS-EN 1993: Dimensionering av stålkonstruktioner
- SS-EN 1994: Dimensionering av samverkanskonstruktioner av stål och betong
- SS-EN 1995: Dimensionering av träkonstruktioner
- SS-EN 1996: Dimensionering av murverkskonstruktioner
- SS-EN 1997: Dimensionering av geokonstruktioner
- SS-EN 1998: Dimensionering av konstruktioner med hänsyn till jordbävning
- SS-EN 1999: Dimensionering av aluminiumkonstruktioner



Figur 2.1 Sammanställning över befintliga eurokoder.

SS-EN 1990 fastställer grundläggande principer och krav för säkerhet, brukbarhet och livslängd för samtliga byggnader och anläggningar, inklusive geokonstruktioner. SS-EN 1990 är överordnad de övriga eurokoderna och ger riktlinjer för materialoberoende och säkerhetsrelaterad information som behövs för dimensionering.

SS-EN 1990 godtar att dimensionering utförs med såväl sannolikhetsbaserade metoder som metoder baserade på beräkning och provning.

SS-EN 1997 behandlar dimensionering av geokonstruktioner och består av 2 delar:
- SS-EN 1997-1: ” Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 1: Allmänna regler”
- SS-EN 1997-2: ” Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: Markundersökning och provning”

De nationella versionerna av eurokoderna innehåller så kallade nationella bilagor (NA). Dessa bilagor innehåller information om de punkter som har lämnats öppna i eurokoderna för nationella val. Informationen omfattar bl.a.:
- värden och/eller klasser där alternativ ges i eurokoderna,
- värden som ska tillämpas där endast en beteckning anges i eurokoderna,
- data som är specifika för landet (geografiska, klimatologiska, mm.), t.ex. snölastkarta,
- vilken metod som ska tillämpas där alternativa metoder anges i eurokoderna.
- beslut gällande tillämpningen av informativa bilagor,
- hänvisningar till icke motstridande kompletterande information som underlättar användningen av eurokoderna

Svenska nationella bilagor ges ut av SIS med föreskrifter från Boverket och Transportstyrelsen som underlag. Föreskrifter kan hämtas på Boverkets respektive Trafikverkets hemsidor och finns även tillgängligt via www.knutpunktgeo.se.

3 Ordlista och definitioner

Härlett värde	Definition:	Egenskap utvärderad från geotekniska undersökningar i fält eller laboratorium efter korrigering för systematiska fel samt i tillämpliga fall korrigering för t.ex. flytgräns, plasticitetsindex och överkonsolideringsgrad.
Valt värde	Definition	Värde utvärderat från sammanställning av härledda värden för respektive parameter, där felaktiga mätvärden har exkluderats. Hänsyn ska tas till empiri och olika undersökningsmetoders relevans för aktuell brottmekanism.
	Beteckning	X_{valt}
Karakteristiskt värde	Definition	Värde där det valda värdet har justerats med hänsyn till de ytterligare osäkerheter som omnämns i paragraf 2.4.5.2. i SS-EN 1997 t.ex. genom applicering av η-värden[1]
	Beteckning	X_k
Dimensionerande värde	Definition	Värde där aktuell partialkoefficient har applicerats på det karakteristiska värdet.
	Beteckning	X_d
Dimensioneringssätt	Definition:	Det sätt på vilket partialkoefficienter för material, lasteffekt och bärförmåga kombineras
	Beteckning:	DA1, DA2 och DA3
Geoteknisk kategori	Definition:	Väljs av projektör tillsammans med beställare och styr omfattning av undersökning, dimensionering, kontroll och uppföljning
	Beteckning:	GK1, GK2 och GK3
Konstruktionslast	Definition:	Last som överförs direkt från konstruktionsdel till geokonstruktion
Geoteknisk last	Definition:	Last som överförs från eller via jord och vatten till geokonstruktion
Geokonstruktion	Definition:	Konstruktion i/av jord eller berg som ändrar spänningssituation och tillgodoräknar sig mekaniska egenskaper hos jord och/eller berg
Konstruktionsdel	Definition:	Del av byggnad, t.ex. vägg, valv, påle etc.
Lasteffekt	Definition:	Effekt av en eller flera laster
	Beteckning:	E_d

[1] Valt värde baseras på medelvärde för relevanta metoder och empiri för respektive nivå

4 Val av säkerhetsklass

Vid dimensionering med partialkoefficientmetoden ska lasternas storlek modifieras genom multiplikation med en partialkoefficient för säkerhetsklass, se kapital 6 för detaljer hur laster ska hanteras. Partialkoefficient för säkerhetsklass ska inte appliceras på material-egenskaper.

Val av säkerhetsklass ska utföras av projektören i samråd med beställaren och ska styras av definition enligt BFS 2013:10 samt VVFS 2004:43 med ändringar, enligt följande citat:

> ”*§2 Med hänsyn till omfattningen av de personskador som kan befaras uppkomma vid brott i en byggnadsverksdel, ska byggnadsverksdelen hänföras till någon av följande säkerhetsklasser:*
> – *Säkerhetsklass 1 (låg), liten risk för allvarliga personskador*
> – *Säkerhetsklass 2 (normal), någon risk för allvarliga personskador*
> – *Säkerhetsklass 3 (hög), stor risk för allvarliga personskador*”
>
> *§3 Byggnadsverksdelar får hänföras till säkerhetsklass 1, om minst ett av följande krav är uppfyllt*
> 1. *personer vistas endast i undantagsfall i, på, under eller invid byggnadsverket,*
> 2. *byggnadsverksdelen är av sådant slag att ett brott inte rimligen kan befaras medföra allvarliga personskador, eller*
> 3. *byggnadsverksdelen har sådana egenskaper att ett brott inte leder till kollaps utan endast till obrukbarhet.*
>
> *§4 Byggnadsverksdelar ska hänföras till säkerhetsklass 3, om följande förut-sättningar samtidigt föreligger*
> 1. *byggnadsverket är så utformat och använt att många personer ofta vistas i, på, under eller invid det,*
> 2. *byggnadsverksdelen är av sådant slag att kollaps medför stor risk för allvarliga personskador, och*
> 3. *byggnadsverksdelen har sådana egenskaper att ett brott leder till omedelbar kollaps.*
>
> *§5 Byggnadsverksdelar som inte omfattas av 3 och 4 §§ i detta kapitel ska hänföras till lägst säkerhetsklass 2.*”

Till detta ska noteras följande specifika krav avseende säkerhetsklass för Trafikverkets anläggningar. Nedanstående är hämtat från TK Geo.

> ”*Följande säkerhetsklasser tillämpas:*
> – *Säkerhetsklass 2 tillämpas om inget annat anges.*
> – *Säkerhetsklass 3 tillämpas med avseende på stabilitetsbrott för konstruktion på undergrund av kvicklera samt för geokonstruktioner som påverkar eller påverkas av järnvägstrafik.*
> – *Säkerhetsklass 1 får tillämpas då vägbana, banvall eller annan konstruktion inte berörs, t.ex. för vissa skärningsslänter och GC-vägar.*
>
> *Berör stabilitetsbrott eller upplyftning annan anläggnings- eller byggnadsdel ska konstruktionen hänföras till lägst samma säkerhetsklass som denna med undantag av bestämning av pålars geotekniska bärförmåga samt bärförmåga för plattor på friktionsjord eller på berg då säkerhetsklass 2 får användas. I byggskedet ska val av säkerhetsklass ske på basis av rådande förhållandena*.”

Partialkoefficient för säkerhetsklass, γ_d, ska väljas enligt följande:

- Säkerhetsklass 1: $\gamma_d = 0{,}83$
- Säkerhetsklass 2: $\gamma_d = 0{,}91$
- Säkerhetsklass 3: $\gamma_d = 1{,}00$

Säkerhetsklass kan variera för olika konstruktionsdelar.

Säkerhetsklass är inte applicerbart vid bruksgränsdimensionering.

5 Hantering av geoteknisk kategori

5.1 Syfte

För att fastställa geotekniska krav på geokonstruktioner har tre geotekniska kategorier, GK1, GK2 och GK3, införts enligt SS-EN 1997-1 (2.1). En första klassificering av konstruktionsdelen i geoteknisk kategori ska utföras innan de geotekniska undersökningarna utförs. Valet av kategori ska värderas och vid behov ändras i respektive fas av projektering och utförande. Att välja en högre kategori kan exempelvis göras p.g.a. de marktekniska förhållandena, vald konstruktionslösning, men även för att erhålla en mer ekonomisk projektering och ett mer ekonomiskt utförande, se Figur 5.1.

Geoteknisk kategori utgör även en god grund för klassificering av geokonstruktioner i ett projekt så att berörda parter lättare kan inse vilka delar som är av enklare karaktär och vilka som är mer komplexa att utföra.

Beroende på vald geoteknisk kategori finns krav avseende:
- Verifiering – se avsnitt 5.3.1
  - Säkerhetsnivå
  - Metod för dimensionering/projektering
  - Utvärdering av geokonstruktionens dimensionerande värde
- Grundkrav – se avsnitt 5.3.2
  - Omfattning av geoteknisk utredning
  - Ansvar och omfattning av planering av utförande
  - Omfattning av kontroll och övervakning
- Tilläggskrav – se avsnitt 5.3.3
- Oberoende granskare – se avsnitt 5.3.4

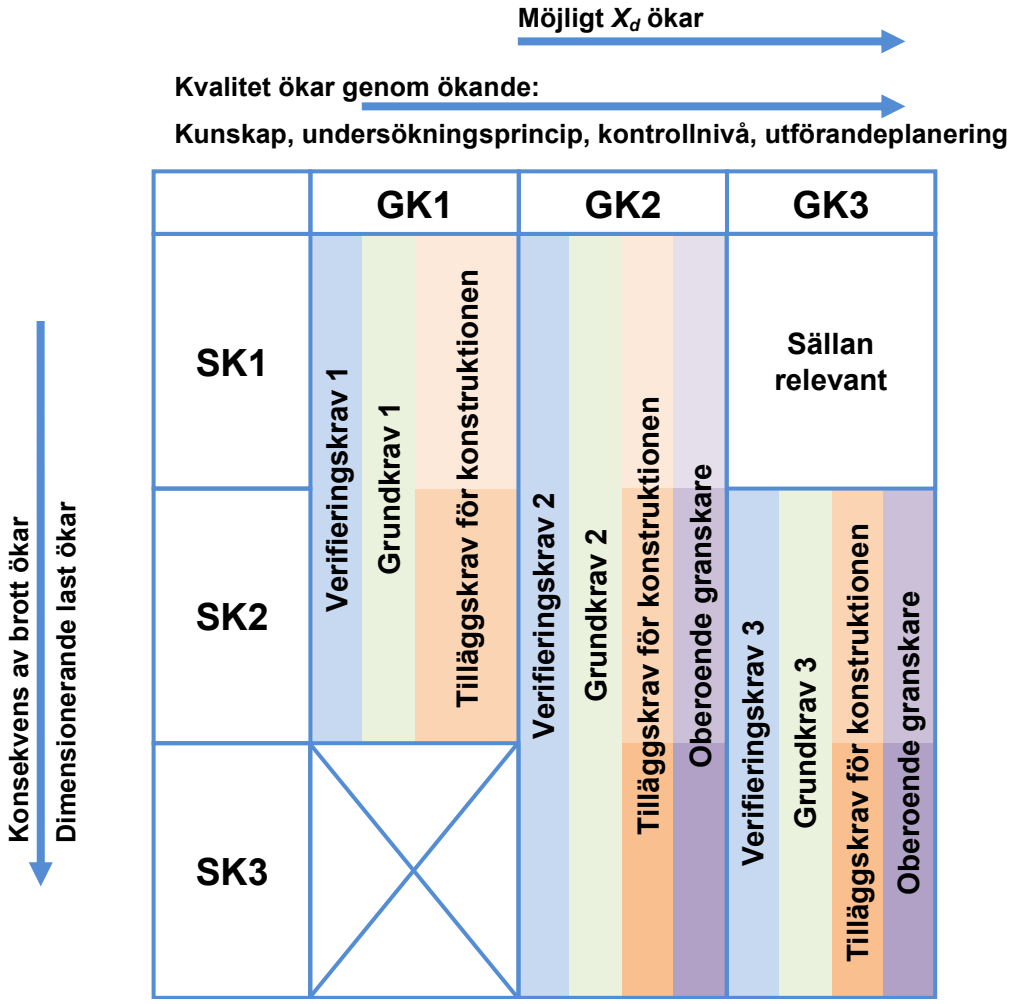
Geokonstruktioner ska verifieras, utföras och kontrolleras i någon av de geotekniska kategorierna GK1, GK2 eller GK3.

GK1 innefattar små och enkla konstruktioner som utförs med försumbar risk samt kända och homogena marktekniska förhållanden. GK1 får inte tillämpas för geokonstruktioner i säkerhetsklass 3.

GK2 innefattar konventionella typer av konstruktioner och grundläggningsmetoder utan exceptionell risk eller svåra marktekniska- eller lastförhållanden. ”Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Markundersökning och provning” är tillämpningsbar för GK2 samt med projektrelaterade kompletteringar även för GK3.

Till GK3 hör övriga konstruktioner som inte kan hänföras till GK1 eller GK2.

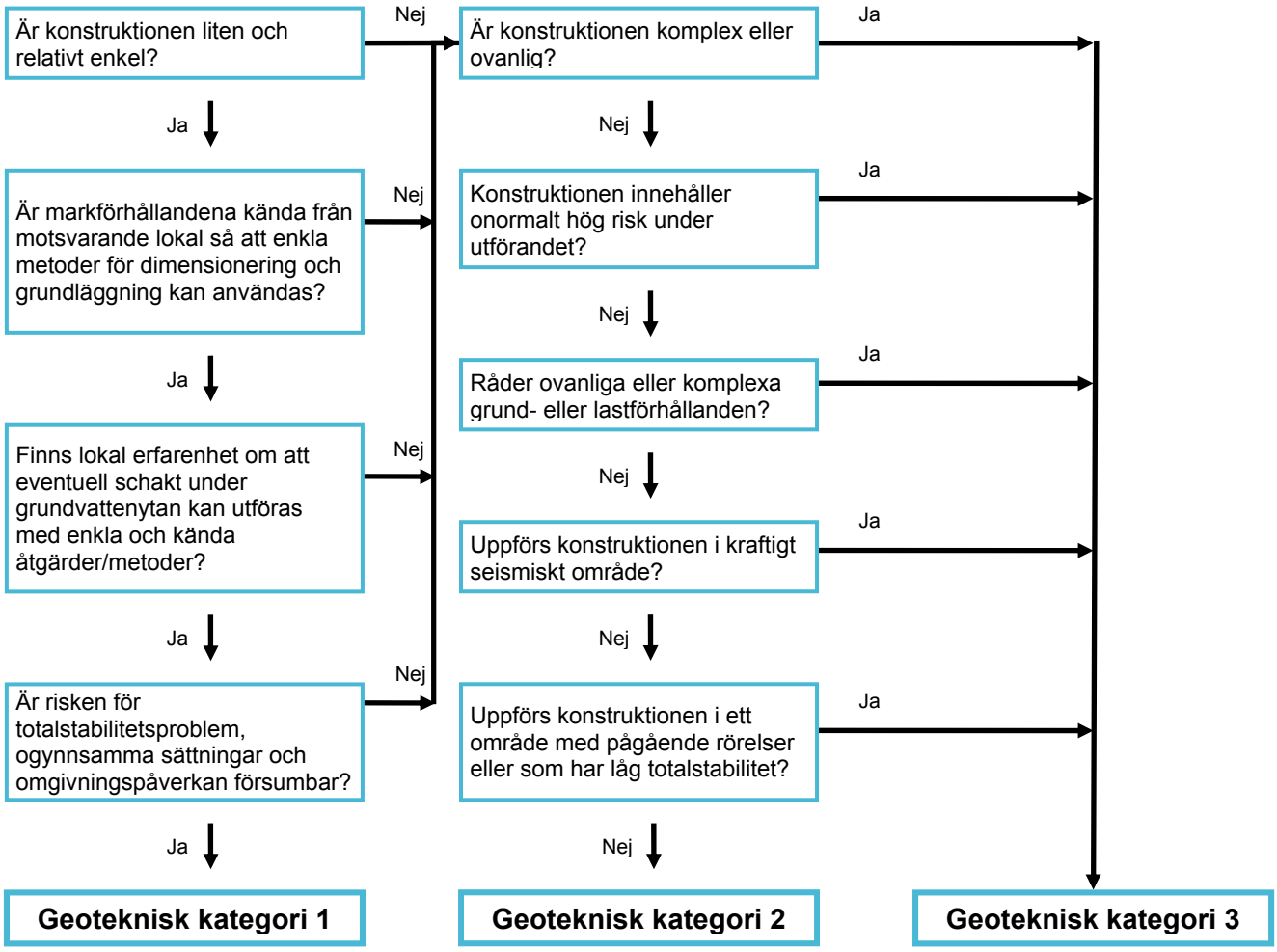
I markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik som ligger till grund för byggande ska redovisas vilken eller vilka geotekniska kategorier som varit utgångspunkt för undersökningen. I Projekterings PM samt övriga efterföljande handlingar skall redovisas vilken/vilka geoteknisk kategori som valts för geokonstruktionen.



Figur 5.1. **Generell beskrivning av geoteknisk kategori.**

5.2 Kriterier för val av geoteknisk kategori

I Figur 5.2 ges allmänna kriterier för val av geoteknisk kategori. Kompletterande kriterier finns angivna i tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion.



Figur 5.2. Översiktligt beslutsträd, enligt SS-EN 1997-1 för val av geoteknisk kategori.

Exempel på tillämpning av geoteknisk kategori 1 och 2 framgår av Tabell 5.1. Om förutsättningarna för GK1 eller GK2 inte är uppfyllda tillämpas GK3. Väl dokumenterad lokal erfarenhet ska beaktas vid val av geoteknisk kategori.

Tabell 5.1 Förutsättningar för tillämpning av geoteknisk kategori 1 (GK1) respektive geoteknisk kategori 2 (GK2).

Faktor	Geoteknisk kategori 1 (GK1)	Geoteknisk kategori 2 (GK2)
Jord- och bergförhållanden	Undergrunden bör, om den utsätts för större nettobelastning än 5 kPa, bestå av föga kompressibel jord eller berg.	Undergrunden är sådan att jordens och bergets egenskaper kan bestämmas med metoder enligt SS-EN 1997-2.
Grundvatten-förhållanden	Ursprungliga porvattentrycken i lera är lägre än de som motsvarar en fri grundvattenyta i nivå med schaktbotten respektive 0,5 m under schaktbotten i friktionsjord, såvida inte omfattande lokal erfarenhet visar att erforderlig schaktning under grundvattenytan kan utföras med liten risk.	Ursprungliga porvattentrycken är lägre än de som motsvarar en fri grundvattenyta belägen högst 1,0 meter över schaktbotten alternativt vattenytan i schakten.
Geokonstruktion	Liten, konventionell och relativt enkel geokonstruktion.	Allmän praktisk erfarenhet föreligger av geokonstruktionen. Dimensionering och utförande görs med allmänt accepterade metoder. Konstruktionen är ej en samverkansgrundläggning eller kombination av grundläggnings-metoder.
Omgivnings-förhållanden	Risk för ras och skred är liten. Närliggande konstruktioner och anläggningar är belägna på sådant avstånd att geokonstruktionen inte påverkar deras stabilitet och deformationer.	Omgivningsförhållandena är sådana att de inte väsentligt förstorar konsekvenserna av brott eller deformationer i geokonstruktionen.

Exempel på geokonstruktioner för vilka GK1 kan tillämpas:

- Grundkonstruktion till byggnad med normala krav på begränsning av sättningars storlek och jämnhet.
- Den dimensionerande lasten i brottgränstillstånd uppgår till högst 250 kN från enstaka pelare och högst 100 kN/m från vägg eller flera närliggande pelare. Lastresultantens lutning i förhållande till lodlinjen överstiger ej 5°.
- Fyllningslagret under grundkonstruktionen har högst 1 meters tjocklek och består av packad självdränerande friktionsjord.
- Eventuella pålar är oskarvade, förtillverkade, slagna och i huvudsak spetsburna.
- Stödkonstruktioner, inklusive källarväggar, för vilka skillnaden mellan motfyllningshöjderna på konstruktionens båda sidor är högst 2 meter, och återfyllningen inte packas med tyngre redskap än vibratorplatta, 100 kg.
- Icke bärande uppfyllnader vars mäktighet är mindre än 3 meter.
- Schakter ovan grundvattenytan med djup mindre än 1,5 meter i silt eller lös kohesionsjord och mindre än 3,0 meter i fast jord.

Exempel på geokonstruktioner för vilka GK2 kan tillämpas:

- Grundkonstruktioner för vilka dels dimensionerande vertikal last i brottgränstillstånd från enstaka pelare inte överstiger 5 MN respektive 500 kN/m från vägg eller flera närliggande pelare, dels dimensionerande vertikalrörelse i bruksgränstillstånd är mindre än 0,05 meter.
- Stödkonstruktioner, inklusive källarväggar, för vilka skillnaden mellan motfyllningshöjderna på konstruktionens båda sidor är högst 4 m och för vilka vattentrycket inte har en avgörande betydelse.
- Geokonstruktioner som medför schakt i torrhet till högst 1,5 meters djup i silt, 3,0 meters djup i lera och 5,0 meters djup i friktionsjord.
- Pålade grundkonstruktioner som utförs med väldokumenterade och allmänt accepterade metoder.
- Bindemedelsförstärkt jord då:
    - lasteffekten i pelaren understiger 100 kN/m^2
    - den oförstärkta jordens odränerade skjuvhållfasthet är > 8 kPa
    - den oförstärkta jorden ej utgörs av torv, gyttja eller är starkt sulfidhaltig
    - den förstärkta jorden ej utnyttjas i passivzon.

5.3 Krav för respektive geoteknisk kategori

Beroende av vilken geoteknisk kategori som väljs ska krav enligt avsnitt 5.3.1 till 5.3.4 tillämpas.

5.3.1 Verifieringskrav

Verifieringskrav är de krav som gäller vid dimensionering av en geokonstruktion.

5.3.1.1 Säkerhetsnivå

Säkerhetsnivån för en konstruktion är oberoende av geoteknisk kategori. Dock ska geokonstruktioner som utförs i ”riskområden” hänskjutas till GK3 för ökad riskmedvetenhet, kontroll och övervakning.

5.3.1.2 Dimensionering/projektering

Geoteknisk kategori 1
I GK1 kan dimensionering i huvudsak baseras på hävdvunna åtgärder, d v s metoder som ger betryggande säkerhet mot brott som baseras på dokumenterad erfarenhet.

Geoteknisk kategori 2
Dimensionering ska baseras på beräkningar och omfattar samtliga relevanta gränstillstånd enligt SS-EN 1997-1.

Kontroll av gränstillstånd kan utföras genom en av eller en kombination av följande metoder:

- Beräkning
- Modellförsök och provbelastningar
- Observationsmetod

Normalt används observationsmetoden i GK3, men metoden får även användas i GK2.

Geoteknisk kategori 3
Dimensionering i GK3 baseras på minst en nivå motsvarande GK2 och kompletteras med uppföljningar/justeringar när det gäller markundersökning, kontroll och övervakning.

Beräkning med numeriska metoder eller andra avancerade beräkningsmodeller kan nyttjas i såväl GK2 som GK3.

Då numeriska metoder[2] används i ”bruksgräns” (SLS) skall valt värde för egenskaperna, där hänsyn till $\eta_{1,\ 3\ och\ 4}$ tagits, användas för att beskriva ingående material. För design i brottgränstillstånd skall det säkerställas att erforderlig säkerhet erhållits såväl strukturellt som geotekniskt.

Det är värt att notera att de partialkoefficienter som traditionellt används i geotekniska sammanhang är baserade på antagna brottmekanismer, med förenklade metoder, för att erhålla tillräckligt låg brottsannolikhet. Vid nyttjandet av numeriska metoder bör detta beaktas då olika brottmekanismer, som traditionellt krävt olika säkerhetsnivåer, kan samverka. Detta medför att ett okritiskt användande av fasta partialkoefficienter kan vara direkt olämpligt.

Exempel 1: För att säkerställa säkerhetsnivån för en slänt eller rotationsstabiliteten hos en spont kan den geotekniska bärförmågan säkerställas i enlighet med DA3, eller ”strength reduction”. Om den geotekniska bärförmågan är beroende strukturell bärförmåga skall strukturelementen dimensioneras för de påkänningar som uppträder vid den efterstävade säkerhetsnivån.

Exempel 2: För att erhålla tillräcklig strukturell bärförmåga för en spontkonstruktion stöttad på flera nivåer bör erhållna snittkrafter från SLS beräkningen förses med en säkerhetsmarginal. Samtidigt är det av stor vikt att den geotekniska bärförmågan säkerställs, exempelvis för att spontfoten skall få tillräckligt stöd eller att bottenupptryckning undviks.

5.3.1.3 Geokonstruktionens dimensionerande värde

Geoteknisk kategori 1
I GK1 ska eventuell bestämning av geokonstruktionens dimensionerande värden göras på ett för geokonstruktionen konservativt sätt. Om projektering och utförande baseras på erfarenhet och hävdvunna åtgärder behöver normalt inte geokonstruktionens dimensionerande värde bestämmas.

Geoteknisk kategori 2 och 3
Geokonstruktionens dimensionerande värden i jord och berg samt de hydrogeologiska förhållandena ska bl.a. bestämmas utifrån undersökningar och mätningar i enlighet med SS-EN 1997-2.

5.3.2 Grundkrav

Grundkrav är de krav som generellt gäller avseende kvalitet och omfattning på geoteknisk utredning, utförande och kontroll.

5.3.2.1 Geoteknisk utredning

En geoteknisk utredning ska utföras för alla geokonstruktioner. Utredningen ska klarlägga de geotekniska förutsättningarna för val av typ av geokonstruktion, geokonstruktionens dimensionering, utförande och kontroll. Utredningens detaljeringsgrad ska anpassas till geokonstruktionens geotekniska kategori.

Tillgängliga uppgifter om jord-, berg- och grundvattenförhållanden samt uppgifter om berörda byggnaders grundläggning ska sammanställas.

Karaktären och omfattningen av undersökningarna är relaterade till geoteknisk kategori för konstruktionen. Markförhållandena ska därför kartläggas så tidigt som möjligt i utredningen.

[2] Med numeriska metoder avses finita element- och finita differensmetoder

Schematiskt utgörs undersökningsprincipen för respektive geoteknisk kategori som:

1. Översiktlig
2. Detaljerad
3. Fördjupad

Geotekniska fält- och laboratorieundersökningar ska i GK2 och GK3 utföras i sådan omfattning att information erhålls om jord-, berg- och grundvattenförhållanden i de avseenden som har betydelse för geokonstruktionens säkerhet, funktion och omgivningspåverkan.

Geoteknisk kategori 1, GK1

För GK1 kan beskrivning av jord- och bergförhållandena normalt kontrolleras genom:

- besiktning på plats
- att fastställa jord- och bergtyper inom konstruktionens influensområde
- dokumentering av jord- och bergförhållanden i schakter

Information om grundvattenförhållanden kan baseras på tidigare kända mätningar och erfarenheter från området.

Ytterligare geotekniska undersökningar för geokonstruktioner i GK1 erfordras inte om den aktuella besiktningen utförs av en geotekniker samt om följande krav uppfylls:

- Tillgängliga uppgifter ger underlag för en säker bedömning av områdets mark- och grundvattenförhållanden.
- En besiktning av aktuellt område utesluter förekomst av lösa, kompressibla jordlager och kraftigt varierande grundläggningsförhållanden.

Geoteknisk kategori 2, GK2

För GK2 ska undersökning av de geotekniska egenskaperna utföras inom konstruktionens influensområde och för dess omgivningspåverkan. Representativa prover ska tas och undersökas med avseende på indexegenskaper[4], hållfasthets- och deformationsegenskaper. Undersökningarna utförs i enlighet med SS-EN 1997-2, SS-EN-ISO 22475 samt tillhörande metodstandarder.

Information om grundvattenförhållanden ska baseras på direkta mätningar och observationer om portrycks- eller grundvattenförhållandena påverkar konstruktionen eller dess utförande.

Omfattning och förslag på undersökningsmetoder anges i tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion. Undersökningarna ska ha en tillräcklig omfattning och kvalitet för att kunna bestämma ingående jordlagrens utbredning, egenskaper och betydelse för aktuell geokonstruktion. Utredningen ska omfatta geotekniska, hydrogeologiska och bergtekniska egenskaper som är relevanta för området och aktuell geokonstruktion. För mer information avseende geotekniska, hydrogeologiska och bergtekniska undersökningar, se SS-EN 1997-2.

Undersökningsbehovet är starkt relaterat till de geologiska förutsättningarna och tänkt/vald geokonstruktion och ska värderas i varje enskilt projekt.

Resultatet av fält- och laboratorieundersökningar ska redovisas i enlighet med tillämpningsdokument ”Dokumenthantering” i form av markteknisk undersökningsrapport.

Geoteknisk kategori 3, GK3

För GK3 bör fördjupade undersökningar utföras för bestämning av egenskaper i jord, berg och fyllning samt grundvattenförhållanden. Dessa undersökningar ska normalt ha en utökad

[4] Med indexegenskaper avses vattenkvot, konflytgräns m m. Se SS-EN 1997.

omfattning och kvalitet i jämförelse med GK 2. Bättre kvalitet kan erhållas med mer avancerade undersökningsmetoder. Den geotekniska utredningen ska även omfatta de undersökningar som är erforderliga med hänsyn till de speciella förhållanden som medfört att geokonstruktionen ska behandlas i GK3.

5.3.2.2 Utförandeplanering

Geoteknisk kategori 1
För GK1 ingår normalt inte utförandeplanering/arbetsberedning och etappuppdelning i Projekterings PM/Geokonstruktion, d v s planering av arbetsordning lämnas över till parterna efter beställarens överordnade planering.

Geoteknisk kategori 2 och 3
För GK2 och GK3 bör utförandeplanering såsom arbetsordning, tillvägagångssätt och restriktioner anges i Projekterings PM/Geokonstruktion. Utförandeplanen ska vara kopplad till utförd dimensionering/verifiering och kontroll samt vara upprättad av geoprojektören. Arbetsordning tas fram av geoprojektör medan en arbetsberedning tas fram av entreprenören i samråd med geoprojektör.

5.3.2.3 Kontroll/övervakning

Geoteknisk kategori 1
Kontrollprogrammet kan begränsas till besiktning och enkla kvalitetskontroller. Grundkontroll bör minst omfatta kontroll av överensstämmelse mellan verkliga jord-, berg- och grundvattenförhållanden och de förutsättningar på vilka projekteringen baserats. Detta ska utföras av geotekniskt sakkunnig person och dokumenteras.

Under utförandet ska dagbok föras som dokumenterar utfört arbete, nederbörd, temperatur och övriga iakttagelser som kan vara av värde vid utvärdering av geokonstruktionen.

Geoteknisk kategori 2
Kontrollprogrammet innefattar grundkontroll samt tilläggskontroll.

Grundkontroll omfattar utöver kontroller för GK1, även uppföljning av geokonstruktionens beteende i förhållande till planerat, uppföljning av konstruktionens bärförmåga, funktion och beständighet samt inverkan på omgivningen. Tilläggskontrollen omfattar även kontroll mot i projekteringen upprättade gränsvärden samt kan kompletteras med kontroll utförd av en oberoende granskare, se avsnitt 5.3.4.

Geoteknisk kategori 3
Kontrollprogrammet innefattar, utöver kontroller enligt GK2, exempelvis kontroller i signifikanta faser i utförandet.

Kontroll av geokonstruktioner i GK3 ska utföras enligt beskrivningen för GK2 och vanligen kompletteras med kontroll utförd av en oberoende granskare, se avsnitt 5.3.4.

I bilaga J, SS-EN 1997-1 återfinns informativ förteckning över byggkontroll och uppföljning

5.3.3 Tilläggskrav för konstruktionen

Tilläggskrav beroende på typ av geokonstruktion och geoteknisk kategori redovisas i respektive tillämpningsdokument och kan omfatta tilläggskrav till samtliga avsnitt ovan. Ytterligare relevanta krav kan ställas på:

- Geokonstruktionens dimensionerande värde, krav avseende η.
- Dimensionering/projektering/verifiering
- Geoteknisk utredning
- Utförandeplanering
- Kontroll/övervakning

5.3.4 Oberoende granskare

Syfte

Den oberoende granskningen är en process vars syfte är att säkerställa konstruktionens bärförmåga, funktion och beständighet samt minimera inverkan på omgivningen under utförande och drift. Detta innefattar geoteknisk relaterade frågeställningar såsom bl.a. totalstabilitet, grundbrott, deformationer, vibrationer, buller, grundvattensänkning, föroreningsspridning m.m.

Den oberoende granskningen inleds tidigt i projekteringsskedet och följer geokonstruktionen till dess färdigställande. Granskningen utförs av från det aktuella projektet fristående expert[5] och ska vara ”oberoende ögon” på projektet eller del av projektet.
Granskaren ska i sitt arbete vara neutral, vilket bl.a. innebär att samtliga involverade parter i ett projekt såsom byggherre, konsult och/eller entreprenör ska:

- Behandlas med likvärdig respekt
- Erhålla identisk information samtidigt

Processen är ett komplement till egen- och tilläggskontroller och ersätter inte parternas egna granskning. En oberoende granskare är aktuell för geokonstruktioner tillhörande GK2 eller GK3.

Oberoende granskare kan bestå av en eller flera personer, beroende på aktuella frågeställningar, skede, komplexitet och granskningens storlek.

Oberoende granskning kan med fördel utföras i GK2 och är normalt ett krav i GK3. I tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion anges när oberoende granskare bör respektive ska engageras.

Den oberoende granskarens uppgifter

I arbetsuppgifterna för en oberoende granskare ingår bl.a. att:

- Följa upp och tillse att tredje mans intressen beaktas.
- Analysera risker för att identifiera kritiska moment.
- Kontrollera projekteringen utgående från dessa kritiska moment.
- Kontrollera att projektörens intentioner framgår i arbetshandlingarna
- Kontrollera att arbetena utförs enligt den grundläggande strategin och att arbetena för de kritiska momenten utförs på ett professionellt sätt.
- Övergripande kontroll av att de verkliga grundförhållandena överensstämmer med de förhållandena som projekteringen bygger på.

[5] Med begreppet ”från det aktuella projektet fristående” kan innebära att granskaren kommer från samma företag eller organisation som någon av de inblandade parterna om granskaren tidigare inte har varit delaktig i projektet eller har kontraktsmässiga kopplingar till det.

Den oberoende granskningen kan göras genom:
- Regelbundna möten med beställare, projektör och entreprenör enligt särskild ordning[6]
- Genomgång av erhållna handlingar eller utförda mätningar
- Egna analyser
- Uppföljning
- Platsbesök för granskning av kritiska moment samt vid begäran av någon part.

Den oberoende granskaren ska dokumentera och rapportera följande:
- Rådgivning till beställaren om de kritiska momenten och frågeställningarna.
- Protokoll från möten.
- Gransknings PM.
- Slutrapport från granskningsprocessen.

Dokumentering av observationer, synpunkter, rekommendationer m.m. ska organiseras i särskilda PM – PM Oberoende granskning.

Ansvar och befogenheter
Det är byggherrens ansvar att det finns en oberoende granskare men denne råder inte över den oberoende granskaren. Den oberoende granskaren har inga beslutande befogenheter. Granskaren kan alltså inte avkrävas ansvar för inträffade händelser frånsett om vårdslöshet kan konstateras. För eget arbete ansvarar den oberoende granskaren i enlighet med upprättat avtal.

För observationer i ett projekt, utöver de ovan beskrivna uppgifterna, har den oberoende granskaren ansvar att rapportera och informera involverade parter. Det kan vara egna observationer såsom:
- Icke beaktade risker i projektering och/eller utförande
- Extraordinära arbetsmiljömässiga förhållanden
- Negativt miljöpåverkande arbeten
- Avsteg från styrande dokument i parters kontrakt
- Avsteg från gällande lagstiftning eller myndigheters förordningar

[6] Vid möten ska samtliga aktuella parter ges möjlighet att närvara.

5.4 Geoteknisk kategori för respektive konstruktion

I respektive tillämpningsdokument för de olika konstruktionerna finns kompletterande anvisningar och råd avseende:

- Specifika parametrar som styr val av geoteknisk kategori för aktuell geokonstruktion
- Verifieringskrav
  - Metod för dimensionering/projektering
  - Utvärdering av geokonstruktionens dimensionerande värde
- Grundkrav
  - Behov och omfattning av geoteknisk utredning
  - Ansvar för och omfattning av planering av utförande
  - Omfattning av kontroll och övervakning
- Tilläggskrav
- Oberoende granskare
  - Vid vilka förutsättningar en oberoende granskare bör respektive ska engageras.

6 Dimensionering

6.1 Inledning

För geokonstruktioner får dimensionering utföras med en av följande metoder eller en kombination av flera metoder med syfte att kontrollera att inga gränstillstånd överskrids:

1. Beräkning
   a. Analytiska modeller
   b. Semi-empiriska modeller
   c. Numeriska modeller
2. Hävdvunna åtgärder
3. Provbelastning och modellförsök
4. Observationsmetod

Dimensionering genom beräkning enligt 1a) eller 1b) utförs oftast med partialkoefficient-metoden.

Med stöd av SS-EN 1990 får beräkning även utföras med sannolikhetsteoretiska metoder. Sådana metoder beskrivs inte i detta dokument.

Detaljer hur dimensionering av olika geokonstruktioner ska utföras, framgår i tillämpnings-dokument för respektive geokonstruktion.

6.2 Dimensionering genom beräkning

6.2.1 Allmänt

Vid dimensionering i brottgränstillstånd ska följande villkor vara uppfyllt:

$$E_d \leq R_d \tag{6-1}$$

där
E_d = dimensionerande lasteffekt
R_d = dimensionerande bärförmåga

Dimensionerande lasteffekt, E_d, beräknas genom att partialkoefficienter appliceras på lasterna. Se Ekv. 6-2 och kapitel 7 för detaljer.

$$E_d = E\left\{\gamma_F F_{\mathrm{Re}p}; X_k / \gamma_M; a_d\right\} \tag{6-2}$$

Dimensionerande bärförmåga, R_d, beräknas genom att partialkoefficienter tillämpas på antingen bärförmåga eller markens egenskaper enligt nedan:

$$R_d = R\left\{\gamma_F F_{\mathrm{Re}p}; X_k / \gamma_M; a_d\right\} \tag{6-3}$$

eller

$$R_d = R\left\{\gamma_F F_{\mathrm{Re}p}; X_k; a_d\right\} / \gamma_R \tag{6-4}$$

där
γ_F = fast partialkoefficient för last, se nationell bilaga och kapitel 7
F_{Rep} = representativt värde för last
X_k = egenskapens karakteristiska egenskap, t.ex. odränerad karakteristisk skjuvhållfasthet, motsvaras av $\eta \cdot X_{valt}$ i Ekv. 9-1. Produkt av omräkningsfaktor och valt värd ska motsvara en försiktig värdering av det värde som påverkar uppkomsten av ett gränstillstånd
a_d = dimensionerande värde för en geometrisk storhet
γ_M = fast partialkoefficient för materialegenskap
γ_R = fast partialkoefficient för bärförmåga

Detaljer för hur dimensionerande bärförmåga ska beräknas framgår i tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion.

Eventuell partialkoefficient för osäkerhet i beräkningsmodell ska tillämpas på bärförmåga, dvs. inkluderas i γ_R i Ekv. 6-4 eller som en separat partialkoefficient, $\gamma_{R;d}$, se SS-EN 1997-1 (2.4.7.1).

Beräkning av geokonstruktionens dimensionerande värde, $X_d=X_k/\gamma_M$, framgår av kapitel 0.

Vid dimensionering i bruksgränstillstånd ska följande villkor vara uppfyllt:

$$E_d \leq C_d \tag{6-5}$$

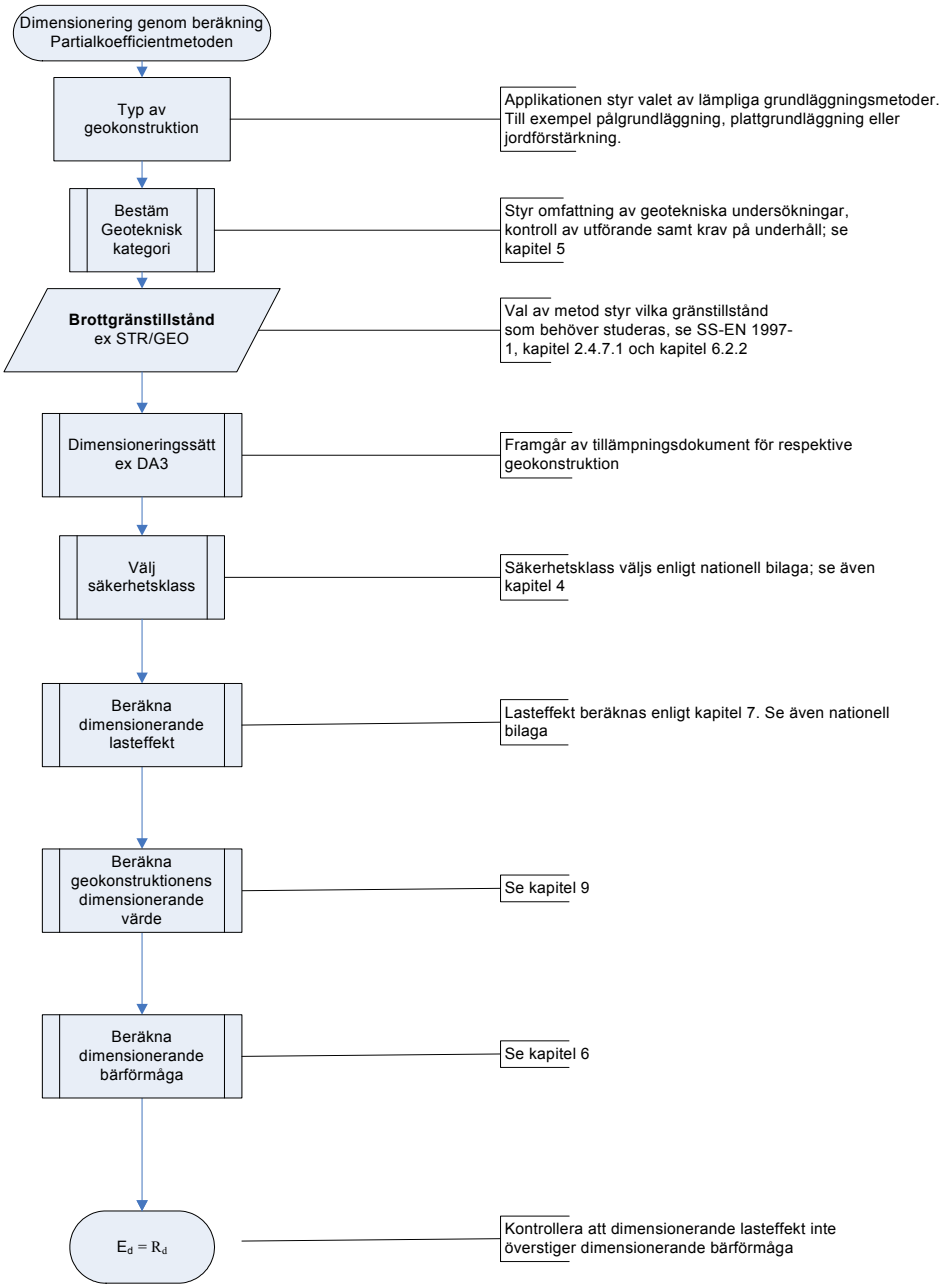
där C_d = dimensionerande gränsvärde för det aktuella brukbarhetskriteriet

Enligt SS-EN 1997-1 ska dimensionering genom beräkning ”*ske i överensstämmelse med de grundläggande kraven i SS-EN 1990:2002 och enligt speciella regler i SS-EN 1997-1*”.

Dimensionering genom beräkning omfattar:

- lasteffekt som antingen består av påförda laster eller påtvingade förskjutningar, t.ex. av markrörelser
- egenskaper hos jord, berg och andra material
- geometriska data
- gränsvärden för deformationer, sprickvidder, vibrationer, etc.
- beräkningsmodeller

Figur 6.1 beskriver översiktligt hur dimensionering genom beräkning kan utföras.



Figur 6.1 Översiktlig beskrivning av dimensionering genom beräkning.

Dimensionering genom beräkning kan utföras enligt följande steg:

Brottgränstillstånd (Nedanstående ordning kan variera beroende på typ av geokonstruktion vilket framgår av tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion):

1. Definiera aktuella gränstillstånd, se kapitel 6.2.2.
2. Om gränstillstånd STR/GEO styr, välj dimensioneringssätt, DA, från nationell bilaga (se även kapitel 6.2.3)
3. Beräkna dimensionerande lasteffekt, se kapitel 7.
4. Utvärdera geokonstruktionens dimensionerande värde, se kapitel 0.
5. Utvärdera dimensionerande geoteknisk bärförmåga med tillhörande modellosäkerhet
6. Kontrollera att jämviktsvillkor är uppfyllda, se SS-EN 1997-1 (2.4.7) och Ekv. 6-1.

Bruksgränstillstånd

Följande schematiska beräkningsgång kan följas vid dimensionering i bruksgränstillstånd, se SS-EN 1997-1 (2.4.8):

1. Utvärdera geokonstruktionens dimensionerande värde enligt kapitel 0
2. Beräkna lasteffekt enligt kapitel 6
3. Upprätta godtagbara bruksgränskriterier, exempelvis maximal differenssättning, sprickkriterium etc.
4. Kontrollera att jämviktsvillkoret $E_d \leq C_d$ är uppfyllt.

6.2.2 Definition av gränstillstånd

Dimensionering i brottgränstillstånd ska ske genom att kontroll av att relevanta gränstillstånd inte överskrids för den aktuella situationen:

Jämvikt (EQU = ”equilibrium”)	Definition:	förlorad jämvikt hos byggnadsverk eller mark, betraktade som en stel kropp i vilken konstruktionsmaterialets och markens hållfastheter saknar betydelse för bärförmågan
	Hänvisningar:	SS-EN 1997-1 (2.4.7.2) och SS-EN 1990 (6.4.2)
Brott i konstruktionselement (STR = ”structural”)	Definition:	inre brott eller stora deformationer i byggnadsverket eller konstruktionselementen, inklusive t.ex. grundplattor, pålar eller grundmurar, i vilka hållfastheten hos konstruktionsmaterialen har betydelse för bärförmågan
	Hänvisningar:	SS-EN 1997-1 (2.4.7.3) och SS-EN 1990 (6.4.2)
Brott i marken (GEO = “geotechnical”)	Definition:	brott eller stora deformationer i marken, där hållfastheten hos jord och berg har betydelse för bärförmågan
	Hänvisningar:	SS-EN 1997-1 (2.4.7.3) och SS-EN 1990 (6.4.2)
Hydraulisk upptryckning (UPL = “uplift”)	Definition:	förlorad jämvikt hos byggnadsverk eller mark beroende på hydraulisk upptryckning eller andra vertikala krafter
	Hänvisningar:	SS-EN 1997-1 (2.4.7.4)
Hydrauliska gradienter (HYD = “hydraulic”)	Definition:	bottenuppluckring, inre erosion och erosionskanaler (”piping”) orsakade av hydrauliska gradienter
	Hänvisningar:	SS-EN 1997-1 (2.4.7.5)

Partialkoefficienter ska väljas enligt nationell bilaga. Omräkningsfaktor η kan även i bruksgränstillstånd inneha värde som avviker från 1,0.

6.2.3 Dimensioneringssätt

Dimensioneringssätt ska endast väljas för gränstillstånd STR och GEO. Dimensioneringssätt styr hur partialkoefficienter för material, lasteffekt och bärförmåga ska kombineras. Sättet att kombinera partialkoefficienter framgår av SS-EN 1997-1 (2.4.7.3.4). Partialkoefficienternas storlek styrs av nationell bilaga.

Vid dimensionering i gränstillstånd STR/GEO ska dimensioneringssätt, DA, ”Design Approach”, väljas enligt nedan (se även nationell bilaga):

- Geoteknisk bärförmåga för pålar: DA2
- Alla övriga geokonstruktioner och beräkningar: DA3

6.2.4 Dimensionering med numeriska metoder

Vid dimensionering med numeriska metoder bör materialparametrar sättas till stickprovens medelvärde. Dessutom bör en känslighetsstudie av de ingående parametrarna utföras.

6.3 Dimensionering genom hävdvunna åtgärder

Dimensionering med hävdvunna åtgärder kan, enligt SS-EN 1997-1, tillgripas för att undvika att brottmekanismer utbildas när beräkningsmodeller inte behövs eller inte är tillgängliga.

Hävdvunna åtgärder ska vara:

- konservativa utformningar med betryggande säkerhet mot brott
- baserade på konventionella metoder
- baserade på tidigare erfarenhet

Hävdvunna åtgärder kan vara en del i en dimensionering genom beräkning. Exempel på hävdvunna åtgärder kan vara:

- Tid som krävs för att uppnå full vidhäftning mellan en påles mantelyta och lera
- Stoppslagning av våra vanligaste förtillverkade betongpålar
- Krav på underslagning för konsolspont
- Tillåtna grundtryck vid plattgrundläggning
- Q-systemet för bergtekniska applikationer

Exempel på godtagbara hävdvunna åtgärder redovisas i tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion.

6.4 Dimensionering genom provbelastning och modellförsök

Provbelastning eller modellförsök kan användas för att verifiera att en geokonstruktion har tillräcklig säkerhet eller för att komplettera dimensionering genom beräkning, hävdvunna åtgärder och observationsmetoden.

Metoden kan användas för att kalibrera beräkningsmodeller och då måste god kännedom om jordens geotekniska egenskaper föreligga. Alternativt kan den geotekniska bärförmågan användas direkt utan koppling till och kalibrering av beräkningsmodell. Exempel på den sistnämnda metoden är stötvågsmätning på pålar med samtidig utvärdering av mobiliserad geoteknisk bärförmåga.

Exempel på provbelastningar och modellförsök kan vara:

- Statisk provbelastning av pålar, förankringar och plattor
- Dynamisk provbelastning av pålar

– Tryckning av betongkuber

Respektive projekt (pålning, plattgrundläggning etc.) ska identifiera normalt förekommande provbelastningar och modellförsök samt exemplifiera dimensioneringsförfarande.

6.5 Dimensionering med observationsmetoden

När det är svårt att förutsäga det geotekniska beteendet kan enligt SS-EN 1997-1 (2.7), gränstillstånd verifieras genom att tillämpa observationsmetoden, med vilken dimensioneringen av geokonstruktionen följs upp och eventuellt revideras under utförandet.

Granskning av geokonstruktioners beteende när GK2 tillämpas ska göras genom grundkontroll och tilläggskontroll, se kapitel 5. I GK3 finns krav på utökad tilläggskontroll vars syfte är en ytterligare objektsanpassad kontroll av konstruktionens bärförmåga, funktion och beständighet samt inverkan på omgivningen, till exempel genom att identifiera signifikanta faser i utförandet. Observationsmetoden är tillämplig för utförande i GK2 men kravställningen i SS-EN 1997-1 medför närmast att GK3 bör tillämpas, se nedanstående diskussion.

Råd för tillämpning av observationsmetoden i SS-EN 1997-1 lyder:
(1) När förutsägelsen av det geotekniska beteendet är svår kan det vara lämpligt att tillämpa den metod som benämns ”observationsmetoden”, där dimensioneringen följs upp under byggnadsskedet.

Krav som ställs i SS-EN 1997-1 för att verifiera gränstillståndet med observationsmetoden är att under projekteringen och innan utförandet ska:
– acceptabla gränser för beteendet bestämmas
– gränserna för möjligt beteende beräknas och det ska visas att sannolikheten är godtagbar för att det verkliga beteendet ligger inom de acceptabla gränserna
– en plan för uppföljning tas fram som ska visa om det verkliga beteendet ligger inom acceptabla gränser. Uppföljningen ska på ett tillräckligt tidigt stadium klargöra detta och med tillräckligt korta tidsintervall för att framgångrikt kunna vidta korrigerande åtgärder
– responstiden hos mätinstrumenten och sättet att analysera resultaten vara tillräckligt snabbt för att möjliggöra förändringar i systemet
– en plan för korrigerande åtgärder ska upprättas, vilken ska följas om uppföljningen visar ett beteende som ligger utanför acceptabla gränser.

Under byggskedet ska uppföljningen utföras som planerat.

Resultaten av uppföljningen ska utvärderas vid lämpliga steg och de planerade korrigerande åtgärderna ska vidtas om gränserna för beteendet överskrids.

Instrumentering ska antingen bytas ut eller utökas om den inte ger tillförlitliga mätresultat av avsett slag eller i tillräcklig mängd.

Omfattning av verifiering, grundkrav och tilläggskrav som ställs för utförande i GK2 och GK3, enligt kapitel 5, kan relateras till krav som ställs i SS-EN 1997-1:2004 med avseende på observationsmetoden tillämpning. En tolkning och sammanställning visas i kapitel 6.5. Kraven på observationsmetodens användning kan relateras till krav som ställs inom ramen för utförande i GK2 och GK3, dvs. utförandeplanering, grundkontroll och tilläggskontroll. Den signifikanta skillnaden mellan observationsmetoden och övriga tillåtna dimensioneringsmetoder är kravet på att åtgärder ska förberedas innan byggandet startar för att kunna vidtas om konstruktionens beteende avviker från det förväntade. Detta krav synes rimligt i en dimensioneringssituation med osäkra indata och osäkra beräkningsmodeller. Upphovet till osäkerheterna kan vara jordens eller bergets egenskaper eller jordens eller bergets samverkan med konstruktionen eller utförandet, var och en för sig eller i kombination.

I projekt där observationsmetoden ska tillämpas är det rimligt att tillämpa GK3 både i projektering och i utförande. Projektets karaktär och dimensioneringssituationen bör vara sådan att byggherren och projektören bedömer att det finns potential för optimering, antingen av konstruktionen eller av utförandet. Vidare att sådan optimering kan komma att ge kostnadsbesparingar gentemot merkostnader för insatser i utförandeskedet i form av mer omfattande projektering (förberedda åtgärder), utökat kontrollprogram och aktivt ingenjörsarbete. Utgångspunkten bör vara att projektets parter redan i projekteringsskedet betraktar att ny kunskap kommer projektet tillgodo under utförandeskedet som en förutsättning för att reducera osäkerheterna i det geotekniska beteendet. Vidare att en reduktion av osäkerheter kan medföra förändrade villkor både vad gäller dimensionering och utförande.

Observationsmetoden är i princip likvärdig med den metodik som i Sverige benämns aktiv design. Grunderna är att upprätta en preliminär projekteringslösning och dimensionering, planera åtgärder för möjliga händelser, utföra relevanta observationer under byggandet och fastlägga slutgiltig projekteringslösning genom aktiv anpassning till aktuella platsförhållanden.

Tabell 6.1 Observationsmetoden

Skede	Krav observationsmetoden	Likvärdigt krav för utförande i GK2 eller GK3	Rekommendation avseende tillämpning av observationsmetoden
Krav som ska uppfyllas innan utförandet påbörjas	Acceptabla gränser för beteendet ska bestämmas	Beräkningar ska utföras för att bestämma gränsvärden för relevanta dimensioneringsparametrar (grundkrav 5.3.2).	För att gränstillståndet ska kunna verifieras under utförandet med hjälp av mätningar och observationer ska dessa parametrar vara kvantifierbara, kunna beräknas, vara relevanta samt vara observerbara.
	Gränserna för möjligt beteende ska beräknas	Beräkningar för bestämning av möjliga gränsvärden som kan förekomma för de relevanta parametrarna. (tilläggskrav 5.3.3)	Kravet är relaterat till procedurer för bestämning av geokonstruktionens dimensionerande värden. Vidare bör rådande osäkerheter för geokonstruktionens beaktas när gränsvärdenas intervall fastläggs.
	Det ska visas att sannolikheten för att det verkliga beteendet ligger inom de acceptabla gränserna är godtagbar	Beräkning av geokonstruktionens dimensionerande bärförmåga (kapitel 0)	En känslighetsstudie bör genomföras där dimensioneringskritiska moment studeras. Syftet kan vara att studera de osäkra parametrarnas påverkan på konstruktionens beteende, alternativa konstruktionslösningar och att upprätta underlag för kontrollprogram. Godtagbar sannolikhet är ett mått på den risk byggherren är beredd att acceptera. Numeriska beräkningsmetoder och beräkningsmodeller som innefattar stokastisk modellering bör övervägas.
	En plan för uppföljning ska tas fram som ska visa om det verkliga beteendet ligger inom acceptabla gränser	Fastlägg mätningar och observationer som är relevanta för parametrar för vilka gränsvärden bestämts (tilläggskrav 5.3.3).	Anvisningar om format och typ av mätdata bör lämnas. Syftet ska vara att tillhandhålla rätt typ av information för bedömningar som ska göras både om konstruktionens beteende och om förberedda åtgärder behöver utföras
	En plan för korrigerande åtgärder ska upprättas, vilken kan följas om uppföljningen visar ett beteende som ligger utanför acceptabla gränser.	Närmaste referens är utförandeplanering som beskriver arbetsordning, tillvägagångssätt och restriktioner. (utförandeplanering 5.3.3)	De åtgärder som ska förberedas om geokonstruktionens beteende avviker från det förväntade kan införlivas i arbetet med utförandeplaneringen. Det är närmast ett tilläggskrav beträffande objektanpassning i GK3 och bör innefatta anvisningar eller villkor för när förberedda åtgärder ska användas (tilläggskrav 5.3.3).
Krav som ska uppfyllas under tiden för utförandet	Uppföljningen ska utföras som planerat	Kontroll ska omfatta konstruktionens bärförmåga, funktion och beständighet samt inverkan på omgivningen (tilläggskrav 5.3.3).	Uppföljning av geokonstruktionens beteende ska ske enligt intentioner beskrivna i kontrollprogram. Inom ramen för observationsmetodens tillämpning kan oberoende GK3-granskare ses som förstärkt kvalitetssäkring av att kontrollprogrammets intentioner efterlevs.
	Resultaten av uppföljningen ska utvärderas vid lämpliga steg och de planerade korrigerande åtgärderna ska vidtas om gränserna för beteendet överskrids	Utförandeplanering bör vara kopplad till verifiering och kontroll som även omfattar tilläggskrav om objektanpassning. Vidare också beskrivning av villkoren för att förberedda åtgärder ska realiseras (utförandeplanering 5.3.2 och tilläggskrav 5.3.3)	GK3-granskaren rekommenderar beslutspunkter som relaterar till kritiska moment i utförandet varefter projektör ,utöver den löpande kontrollen fastlägger beslutspunkterna. Vid dessa bör avstämning ske av konstruktionens beteende samt kontroll av överensstämmelse mellan verkliga jord- och grundvattenförhållanden och de förutsättningar på vilka projekteringen baserats. Relationen mellan mätdata och rådande osäkerheter bör kvalitetssäkras då åtgärder realiserade på felaktiga underlag kan i sig vara grund för felaktig dimensionering.
	Instrumentering ska antingen bytas ut eller utökas om den inte ger tillförlitl. data av avsett slag eller i tillräcklig mängd	Krav på mätningar och observationer av parametrar för vilka gränsvärden bestämts (tilläggskrav 5.3.3)	Relaterar närmast till kvalitetssäkring med krav på både utrustning och åtgärder när utrustning är felaktig eller inte fungerar för avsett ändamål.

7 Hantering av laster och lasteffekter

7.1 Allmänt om laster

Laster ska klassificeras med hänsyn till deras variation i tiden enligt följande:
- Permanenta laster (G) last som sannolikt kommer att verka under en given referensperiod och vars variation i storlek med tiden är försumbar, eller för vilken variationen alltid sker i samma riktning (monoton) till dess att lasten uppnår ett visst gränsvärde. T.ex. egentyngd, tyngd av fast utrustning samt indirekta laster orsakade av krympning och ojämna sättningar.
- Variabla laster (Q) last vars variation i storlek med tiden varken är försumbar eller monoton. T.ex. nyttig last på bjälklag, tak, samt vindlast, snölast, trafiklast.
- Olyckslaster (A) last, vanligen med kort varaktighet, men av betydande storlek, som sannolikt inte kommer att uppträda på ett visst bärverk under dess avsedda livslängd. T.ex. explosion samt påkörning från fordon.

Laster ska också klassificeras med hänsyn till deras;
- Ursprung, som direkta eller indirekta
- Variation i rummet, som bundna eller fria
- Natur eller bärverkets reaktion, som statiska eller dynamiska.

Det karakteristiska värdet för en permanent last (G_k) bestäms enligt följande:
- Om variationen hos G kan anses vara små kan ett end värde G_k tillämpas.
- Om variationen hos G inte kan anses vara små skall två värden tillämpas; ett övre värde $G_{k,sup}$ och ett undre värde $G_{k,inf}$

Det karakteristiska värdet för en variabel last (Q_k) ska motsvara ett av följande;
- Ett övre värde med en avsedd sannolikhet att inte överskridas eller ett undre värde med en avsedd sannoliket att uppnås, under en viss angiven referensperiod.
- Ett nominellt värde som kan anges för fall där en statistik fördelning inte är känd.

Här kan noteras att för klimatlaster anger EN 1990 följande. *Det karakteristiska värdet för klimatlaster baseras på att deras tidsvarierande del överskrids med en sannolikhet av 0,02 under en referensperiod av ett år. Detta mostavarar ett medelvärde för en återkomsttid av 50 år för den tidvarierande delen. I vissa fall gör emellertid karaktären hos lasten eller den valda dimensioneringssituationen att en annan fraktil eller återkomstid är mer riktig.*

För variabla laster används ofta andra representativa värden i lastkombinationerna. Här används
- kombinationsvärdet som produkten $\Psi_0 Q_k$ för verifiering i brottgräns och i irreversibla bruksgränstillstånd. *Detta värde väljs – när det kan bestämmas på statistiska grunder – så att sannolikheten att de effekter som orsakas av konbinationen kommer att överskridas är ungefär densamma som för det karakteristiska värdet av en individuell last. Det kan uttryckas som en bestämd del av det karakeristiska värdet genom att använda en faktor* $\Psi_0 \leq 1$.
- frekventa värdet som produkten $\Psi_1 Q_k$ för verifiering av brottgräns med olyckslaster och reversibla bruksgränstillstånd. *Värde som bestäms – när det kan bestämmas på statistiska grunder – så att antingen den totala tiden inom referensperioden under vilket värdet överskrids utgörs av endast en liten angiven del av referensperioden, eller så att frekvensen av ett överskridande begränsas till ett angivet värde. Det kan uttryckas som en bestämd del av det karakteristiska värdet genom genom att använda en faktor* $\Psi_1 \leq 1$

- kvasipermanenta värdet som produkten $\Psi_2 Q_k$ för verifiering av brottgräns med olyckslaster och reversibla bruksgränstillstånd. Kvasipermanenta värdet används även för beräkning av långtidseffekter. *Värde som bestäms så att den totala tidsperiod under vilket värdet kommer att överskridas är en stor del av referensperioden. Det kan uttryckas som en bestämd del av det karakteristiska värdet genom att använda en faktor* $\Psi_2 \leq 1$

Storleken på lasternas partialkoefficienter styrs av vilket gränstillstånd som råder, se kapitel 6.2.2 samt SS-EN 1997-1 (2.4.7). Värdet på varaktighetsfaktorerna Ψ, finns i den nationella bilagan. Notera att värdena är olika beroende på om det är hus, vind, snö eller trafiklast som avses.

Dessutom beror lasteffektens storlek på om den är gynnsam (t.ex. mothållande) eller ogynnsam (t.ex. pådrivande) för den aktuella geokonstruktionen.

Samtliga partialkoefficienter i nedanstående ekvationer är hämtade från nationell bilaga. I bilaga A återfinns en sammanställning av vilka partialkoefficienter och lastkombinationer som ska tillämpas för de olika gränstillstånden. Denna sammanställning utgår från den nationella bilagan.

Följande beteckningar används:

E_d	dimensionerande lasteffekt
γ_d	partialkoefficient för säkerhetsklass
$G_{kj,sup}$	övre karakteristiskt värde för permanent last (”sup”=superior)
$G_{kj,inf}$	undre karakteristiskt värde för permanent last (”inf”=inferior)
$Q_{k,1}$	karakteristiskt värde för variabel huvudlast
$Q_{k,i}$	karakteristiskt värde för samverkande variabel last i
$\Psi_{0,1}$	varaktighetskoefficient för variabel huvudlast, karakteristisk
$\Psi_{0,i}$	varaktighetskoefficient för variabel last i, karakteristik
$\Psi_{1,1}$	varaktighetskoefficient för variabel huvudlast, frekvent
$\Psi_{1,i}$	varaktighetskoefficient för variabel last i, frekvent
$\Psi_{2,1}$	varaktighetskoefficient för variabel huvudlast, kvasipermanent
$\Psi_{3,i}$	varaktighetskoefficient för variabel last i, kvasipermanent

7.2 Brottgränstillstånd hantering av laster och lasteffekter

7.2.1 Brottgränstillstånd EQU (förlorad jämvikt):

Lasteffekt för ogynnsamma laster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1{,}1 \cdot G_{kj,\sup} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \qquad (7\text{-}1)$$

Lasteffekt för gynnsamma laster:

$$E_d = 0{,}90 \cdot G_{kj,\inf} \qquad (7\text{-}2)$$

7.2.2 Brottgränstillstånd STR/GEO (brott i konstruktionselement eller mark):

För dimensioneringssätt 3, DA3, ska verkande laster delas in geotekniska laster och konstruktionslaster beroende på lastens ursprung.

Geotekniska laster överförs från eller via jord, berg och vatten till en geokonstruktion medan konstruktionslaster överförs direkt från en konstruktionsdel till en geokonstruktion.

Denna uppdelning gäller endast i brottgränstillstånd STR/GEO för dimensioneringssätt 3, DA3, se SS-EN 1997-1 (2.4.7.3.4).

Geotekniska laster ska bestämmas enligt SS-EN 1997-1, se även SS-EN 1990 (4.1.6). Konstruktionslaster ska bestämmas enligt SS-EN 1991-1-1, se även SS-EN 1997-1 (2.4.7.3.4.4).

Den totala lasteffekten för STR/GEO är summan av lasteffekten av geotekniska laster och konstruktionslaster.

Lasteffekt för konstruktionslaster, ogynnsamma laster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1{,}35 \cdot G_{kj,\sup} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{(6.10a, EN 1990)} \qquad (7\text{-}3)$$

$$E_d = \gamma_d \cdot 0{,}89 \cdot 1{,}35 \cdot G_{kj,\sup} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{(6.10b, EN 1990)} \qquad (7\text{-}4)$$

Lasteffekt för konstruktionslaster, gynnsamma laster:

$$E_d = 1{,}00 \cdot G_{kj,\inf} \qquad (7\text{-}5)$$

Lasteffekt för geotekniska laster, ogynnsamma laster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1{,}10 \cdot G_{kj,\sup} + \gamma_d \cdot 1{,}4 \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1{,}4 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{(6.10, EN 1990)} \qquad (7\text{-}6)$$

Lasteffekt för geotekniska laster, gynnsamma laster:

$$E_d = 1{,}00 \cdot G_{kj,\inf} \qquad (7\text{-}7)$$

Notera att i DA3, där geotekniska laster beräknas enligt 7-6 så ska beräkning av jordtryck m.a.o. beräknas med dimensionerande materialparameterar avseende t.ex. hållfashet.

Notera även att en Geoteknisk last och tillhörande lasteffekt förblir en geoteknisk lasteffekt genom hela systemet. Exempelvis jordtryck mot en vägg som är pålad ska hanteras som Geoteknisk last vid dimensionering av pålars konstruktiva bärförmåga i DA3.

7.2.3 Brottgränstillstånd UPL (förlorad jämvikt beroende på hydraulisk upptryckning):

Lasteffekt för ogynnsamma laster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1{,}2 \cdot G_{dst} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot Q_{dst,1} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{dst,i} \qquad (7\text{-}8)$$

Lasteffekt för gynnsamma laster:

$$E_d = 0{,}90 \cdot G_{stb} \qquad (7\text{-}9)$$

7.2.4 Brottgränstillstånd HYD (hydraulisk bottenuppluckring):

Lasteffekt för ogynnsamma laster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1{,}35 \cdot G_{dst} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot Q_{dst} + \gamma_d \cdot 1{,}5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{dst} \qquad (7\text{-}10)$$

Lasteffekt för gynnsamma laster:

$$E_d = 0{,}90 \cdot G_{stb} \qquad (7\text{-}11)$$

7.3 Bruksgräns hantering av laster och lasteffekter

I bruksgräns finns tre olika lastkombinationer enligt EN 1990.

Karakteristisk kombination (ekvation 6.14 i EN 1990)

$$E_d = G_{kj,\sup} + P_{kj} + Q_{k,1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \qquad (7\text{-}12)$$

Denna kombination används normalt vid irreversibla gränstillstånd.

Frekventkombination (ekvation 6.15 i EN 1990)

$$E_d = G_{kj,\sup} + P_{kj} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \qquad (7\text{-}13)$$

Denna kombination används normalt vid reversibla gränstillstånd

Kvasipermanent kombination (ekvation 6.16 i EN 1990)

$$E_d = G_{kj\sup} + P_{kj} + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \qquad (7\text{-}14)$$

Denna kombination används normalt för långtidseffekter och för effekter rörande bärverkets utseende.

Om ekvation 2.10 enligt EN 1997 används för att verifiera bruksgränstillståndet, så används antingen ekvation 7-13 eller 7-14. (Frank *et al*, 2004). I EN 1990 framgår att ekvation 7-14 används för långtidseffekter, vilket sättningar normalt betraktas som.

Ekvation 7-12 tillämpas om paragraf 2.4.8 (4) i EN 1997 används. Detta innebär att man visar att en tillräckligt liten del av jordens hållfasthet är mobiliserad i bruksgräns så att inga skadliga deformationer kommer att uppstå.

Vid beräkning av lasteffekten E_d ska hänsyn tas till lasteffekter av påtvingade deformationer.

Varaktighetskoefficienterna, $\psi_{2,1}$, $\psi_{2,i}$ återfinns i nationell bilaga, samt i bilaga A till detta dokument.

8 Härledda respektive valda värden

Med härledda värden menas en egenskap utvärderad från geotekniska undersökningar i fält eller laboratorium. Undersökningarna bör vara utförda specifikt för det aktuella objektet eller bestå av väl underbyggd empiri. Egenskapen ska vara korrigerad för systematiska fel[9] samt i tillämpliga fall korrigerad för t.ex. flytgräns, plasticitetsindex och överkonsolideringsgrad.

När härledda värden sammanställts för aktuella egenskaper görs en första bedömning av huruvida alla värden är relevanta för aktuella jordförhållanden eller om några ska bortses från vid den vidare behandlingen. Härvid bör man betänka att inte alla metoder ger samma värden beroende på att erfarenheter av kalibreringar inte finns för alla jordar och lagringsförhållanden och att vissa metoder inte alltid är lämpliga.

[9] Systematiskt fel vid vingprovning kan t.ex. vara korrigering med hänsyn till belastningens varaktighet, dvs hur snabbt vingen roteras.

Hänsyn ska även tas till undersökningsmetodens relevans för den brottmekanism som studeras. Undersökningsmetoder som inte är lämpliga för att utvärdera relevanta geotekniska egenskaper bör exkluderas från underlaget, t.ex. bör inte viktsondering eller hejarsondering användas till annat än mycket grova bedömningar av geotekniska egenskaper. Sonderingsresultat som tydligt avviker från övriga mätpunkter och väl underbyggd empiri bör utelämnas från sammanställningen.

Valt värde utvärderas från sammanställningen av härledda värden för respektive parameter, där felaktiga mätvärden har exkluderats. Hänsyn ska tas till empiri och olika undersökningsmetoders relevans för aktuell brottmekanism. Notera att när man väljer det valda värdet så ska detta vara baserat på medelvärde för relevanta metoder och emperi för respektive nivå.

Ovanstående exemplifieras med utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet från vingförsök. Beräkning av odränerad skjuvhållfasthet baseras på empirisk modell och utvärderat moment vid rotation av vingen. Korrigering för flytgräns och överkonsolidering utförs enligt nedan:

$$c_u = \tau_v \cdot \left(\frac{0{,}43}{w_L}\right)^{0{,}45} \cdot \left(\frac{OCR}{1{,}3}\right)^{-0{,}15} \qquad (8\text{-}1)$$

där

τ_v	odränerad skjuvhållfasthet utvärderad från vingförsök
w_L	flytgräns
OCR	överkonsolideringsgrad

De härledda värdena sammanfattas ofta i ett diagram eller utvärderat samband, se t.ex. Figur 8.1.

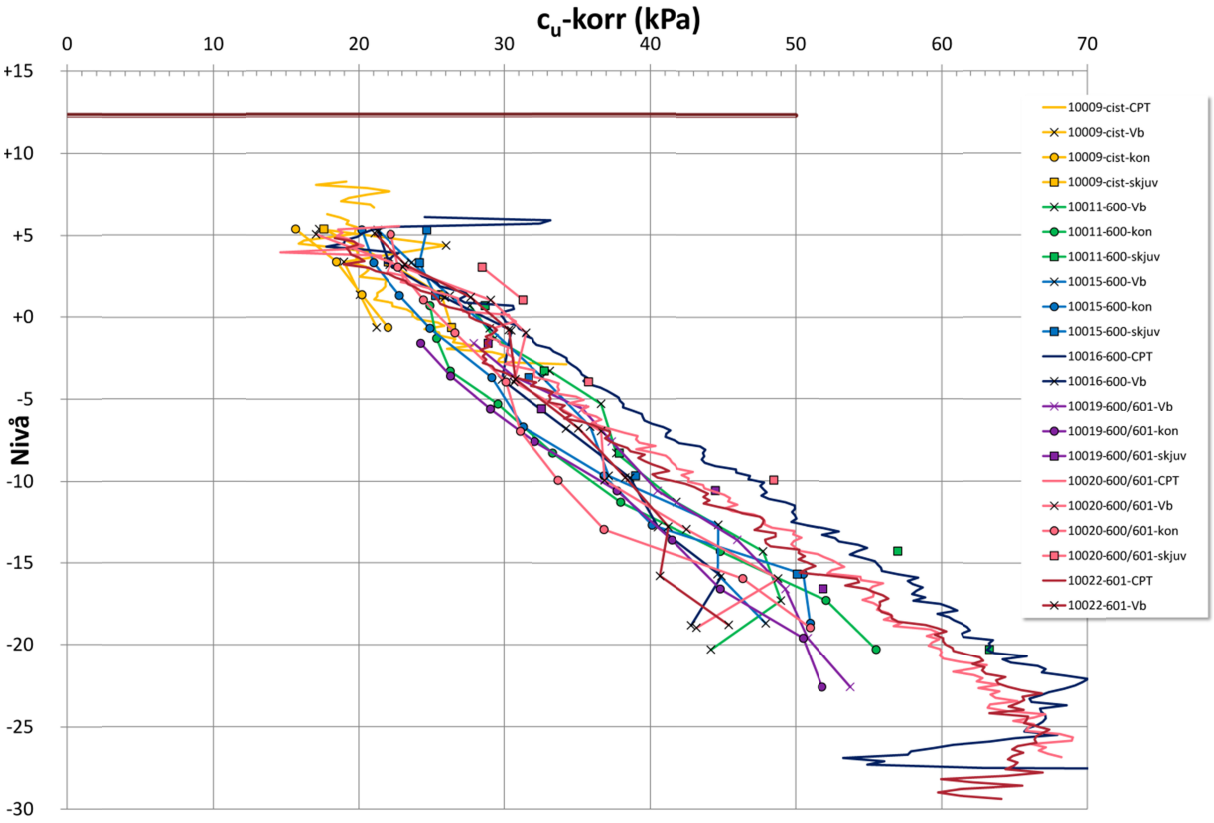
Som valt värde för grund- eller porvattentryck väljs medelvärdet av årsvisa maxvärden, alternativt minvärden. Vid beräkningar är man ofta beroende av högsta eller lägsta grund- eller porvattentryck. Man kan på grundval av långvariga mätningar i regionen göra en prognos för högsta och lägsta portrycken för den aktuella jordlagerföljden.

Härledda värden på jords tunghet kan, om mätningar inte finns, hämtas från Tabell 1 i SGI Info 3 (2007)

Att tänka på:
Vid planering av fält- och laboratorieförsök är det viktigt att rätt typ av försök utförs med hänsyn till planerad geokonstruktion. Tänkbara brottmekanismer bör utvärderas och relevanta försök bör utföras med de aktuella spänningsvägarna.

Om det är stora skillnader i härledda värden mellan de olika metoderna eller när få värden finns bör man i första hand jämföra med empiriska värden och utifrån den jämförelsen bedöma behovet av kompletterande undersökningar i fält eller laboratorium.

Jordens egenskaper beror i huvudsak på dess sammansättning och belastningshistoria. Detta bör därför beaktas, såväl vid planering av geotekniska undersökningar som vid utvärdering och sammanställning av härledda värden.



Figur 8.1 Exempel på sammanställning av härledda värden för skjuvhållfasthet

9 Geokonstruktionens dimensionerande värde

9.1 Allmänt

I samband med dimensionering av en geokonstruktion ska följande förhållanden beaktas, se SS-EN 1997-1 (2.4.5.2):

1. Kunskap om jordens egenskaper, t.ex. odränerad skjuvhållfasthet
   a) geologisk och annan bakgrundsinformation, t.ex. bildningssätt och belastningshistoria
   b) data från tidigare projekt
   c) naturlig variation hos geotekniska egenskaper
   d) omfattning av fält- och laboratorieundersökning, typ och antal prover
2. Kunskap om aktuell geokonstruktion, t.ex. stödkonstruktion
   a) Omfattning av den del av marken som bestämmer beteendet hos geokonstruktionen i det betraktade gränstillståndet
   b) geokonstruktionens förmåga att överföra laster från veka till fasta delar i marken
   c) osäkerhet i beräkningsmodell
   d) typ av brottmekanism (sprött eller segt)
   e) geokonstruktionens närhet till undersökningspunkter

Bestämning av geokonstruktionens dimensionerande värde i brottgränstillstånd kan utföras enligt nedanstående beskrivning:

1. Dela in jord och berg med hänsyn till bildningssätt och belastningshistoria

2. Sammanställ härledda värden baserat på geotekniska undersökningar för aktuellt projekt och empiri. Bestäm egenskapens valda värde genom att:
    a. icke relevanta och/eller felaktiga undersökningar förkastas
    b. metoder som med större säkerhet bestämmer den sökta egenskapen kan ges större tyngd
3. Multiplicera det valda värdet med en omräkningsfaktor, η. Denna produkt ska motsvara en försiktig värdering av det värde som påverkar uppkomsten av ett gränstillstånd. (Om ett högt värde är ogynnsamt ska det valda värdet istället divideras med omräkningsfaktorn, η) SS-EN 1997-1 (2.4.5.2) definierar denna produkt som egenskapens karakteristiska värde. Omräkningsfaktor ska ta hänsyn till:
    a. osäkerheter relaterade till jordens egenskaper
    b. osäkerheter relaterade till aktuell geokonstruktion
4. Välj dimensioneringssätt från nationell bilaga
5. Beräkna dimensionerande egenskap genom att:
    a. dividera med fast partialkoefficient, γ_M, när ett lågt värde är ogynnsamt
    b. multiplicera med fast partialkoefficient, γ_M, när ett högt värde är ogynnsamt

Principerna framgår i kapitel 0. Detaljer framgår i tillämpningsdokument för respektive metod.

I bruksgränstillstånd ska fast partialkoefficient, γ_M, vara 1,0, se nationell bilaga.

För att använda tidigare utförda undersökningar ska de vara utförda i samma geologiska lokal. Dessutom ska kunskapen från den aktuella geologiska lokalen vara stor, det empiriska underlaget vara omfattande och personen som ansvarar för utvärderingen ska inneha tillräcklig kunskap för att självständigt kunna värdera analysen.

Empiriskt framtagna värden i form av tabellvärden bör behandlas som egenskapens valda värde om inte annat kan påvisas vara riktigare. Vissa tabellvärden är framtagna för en speciell geokonstruktion och då bör inte ytterligare reduktion med omräkningsfaktor, η, utföras. En ingenjörsmässig bedömning får avgöra hur aktuella tabellvärden ska hanteras.

9.2 Beräkning av geokonstruktionens dimensionerande värde

När ett lågt värde är ogynnsamt får geokonstruktionens dimensionerande värde, X_d, sättas till:

$$X_d = \underbrace{\frac{1}{\gamma_M} \cdot \underbrace{\eta}_{\text{Hänsyn tagen till osäkerheter förknippade med jordens egenskaper samt aktuell geokonstruktion. Enligt SS-EN 1997-1 definierad som egenskapens karakteristiska värde.}} \cdot X_{valt}}_{\text{Geokonstruktionens dimensionerande värde.}} \qquad (9\text{-}1)$$

där:

γ_M	Fast partialkoefficient, värden som avviker från eurokoderna anges i nationell bilaga, övriga återfinns i respektive Eurokod.
η	Omräkningsfaktor som tar hänsyn till osäkerheter relaterade till jordens egenskaper och aktuell geokonstruktion.
X_{valt}	Valt värde baserat på härledda värden

När ett högt värde är ogynnsamt får geokonstruktionens dimensionerande värde, X_d, sättas till:

$$X_d = \gamma_M \cdot \frac{1}{\eta} \cdot X_{valt} \qquad (9\text{-}2)$$

Valt värde, X_{valt}
Valt värde bör beräknas eller uppskattas utifrån medelvärdet av härledda värden för relevanta metoder och empiri för respektive nivå. Eventuella värden och undersökningar som inte är representativa för sökt egenskap ska tas bort innan uppskattning eller beräkning. Undersökningsmetoder som med större säkerhet kan användas för att bestämma sökt egenskap kan ges större tyngd.

Omräkningsfaktor, η
Omräkningsfaktor ska beakta:
- kunskap relaterad till jordens egenskaper
  - liten kunskap sänker omräkningsfaktorn
  - stor kunskap höjer omräkningsfaktorn
- omfattning av den del av marken som bestämmer beteendet hos geokonstruktion i det betraktade gränstillståndet
  - liten omfattning sänker omräkningsfaktorn
  - stor omfattning höjer omräkningsfaktorn
- geokonstruktionens förmåga att överföra laster från veka till fasta delar i marken
  - liten förmåga sänker omräkningsfaktorn
  - stor förmåga höjer omräkningsfaktorn
- typ av brottmekanism (sprött eller segt)
  - sprött brott sänker omräkningsfaktorn
  - segt brott höjer omräkningsfaktorn
- geokonstruktionens närhet till undersökningspunkt
  - långt ifrån sänker omräkningsfaktorn
  - nära höjer omräkningsfaktorn

Omräkningsfaktor, η, får beräknas/bedömas genom att kunskap om ovanstående förhållanden direkt värderas in i faktorn η. Alternativt får omräkningsfaktorn beräknas som produkten av flera delfaktorer, se Ekv. 9-3 respektive 9-4.

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \ldots \cdot \eta_8 \qquad (9\text{-}3)$$

Tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion beskriver i detalj hur beräkning av omräkningsfaktor kan genomföras. Följande indelning av omräkningsfaktorn används i de flesta tillämpningsdokumenten:

Delfaktorer som beaktar markens egenskaper: $\eta_{(1,2,3,4)}$
η_1 Egenskapens naturliga variation (definierad i form av variationskoefficienten V),
η_2 Antal oberoende undersökningspunkter,
η_3 Osäkerhet relaterad till bestämning av markens egenskaper,
η_4 Geokonstruktionens närhet till undersökningspunkt,

Delfaktorer som beaktar geokonstruktionens geometri och utformning: $\eta_{(5,6)}$
η_5 Omfattning av den del av marken som bestämmer beteendet hos geokonstruktion i det betraktade gränstillståndet
η_6 Geokonstruktionens förmåga att överföra laster från veka till fasta delar i marken

Övriga delfaktorer:

η_7 Typ av brottmekanism (sprött eller segt brott i jorden)

η_8 Parameterns betydelse i förhållande till andra lastgivande eller mothållande parametrar

Det kan ofta vara praktiskt lämpligt att reducera antalet ingående delfaktorer till respektive huvudgrupp enligt ovan, se Ekv. 9-4:

$$\eta = \eta_{(1,2,3,4)} \cdot \eta_{(5,6)} \cdot \eta_7 \cdot \eta_8 \qquad (9\text{-}4)$$

Såväl varje delfaktor som slutprodukten kan erhålla värden som överstiger 1,0. Detta beror på att beräkningarna har styrts så att geokonstruktionerna ska få en lika stor sannolikhet för brott enligt Eurokod som vid dimensionering enligt BKR.

I tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion presenteras ett normalspann för omräkningsfaktorn. Värden nära den undre gränsen väljs då kunskapen om såväl marken som geokonstruktionen är undermålig medan värden nära den övre gränsen kan användas när kunskapen är god.

Sättet att utvärdera godtagbar omräkningsfaktor redovisas i tillämpningsdokument för respektive geokonstruktion, exempelvis pålgrundläggning, plattgrundläggning, stödkonstruktioner.

Då olika undersökningsmetoder används i samma punkt eller samma metod utförs med litet avstånd mellan undersökningspunkterna kan resultaten ändå användas för att bedöma medelvärdet av den geotekniska egenskapen. Däremot får inte underlaget användas för att bedöma egenskapens spridning.

En väl dokumenterad empiri får användas förutsatt att:

- resultatet från nya undersökningar verifierar den åberopade empirin
- empirins omfattning och relevans har bedömts
- den åberopade empirin är väl dokumenterad

10 Referenser

[1] SS-EN 1990: Grundläggande dimensioneringsregler

[2] SS-EN 1991: Laster på bärande konstruktioner

[3] SS-EN 1992: Dimensionering av betongkonstruktioner

[4] SS-EN 1993: Dimensionering av stålkonstruktioner

[5] SS-EN 1994: Dimensionering av samverkanskonstruktioner stål/betong

[6] SS-EN 1995: Dimensionering av träkonstruktioner

[7] SS-EN 1996: Dimensionering av murverkskonstruktioner

[8] SS-EN 1997: Dimensionering av geokonstruktioner

[9] SS-EN 1998: Dimensionering av konstruktioner med hänsyn till jordbävning

[10] SS-EN 1999: Dimensionering av aluminiumkonstruktioner

[11] VVFS 2009:19 Vägverkets föreskrifter om ändring i föreskrifterna om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder

[12] BFS 2009:16, EKS 5 Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2008:8) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder

Bilaga A. Sammanställning partialkoefficienter

Denna bilaga omfattar 3 stycken tabeller där gällande partialkoefficienter enligt nationellbilaga för material, bärförmåga och laster har sammanställts. De tre tabellerna avser dimensionering i brottgräns för följande fall:

- STR/GEO DA3
- EQU
- UPL/HYD

Bilagan ska läsas tillsammans med EN 1990, EN 1997 samt gällande nationella bilagor.

Tabell 2 Partialkoefficienter i STR/GEO DA3

Dimensioneringssätt				DA3		
Gränstillstånd				STR/GEO		
Typ av last				Konstruktionslast[11]		Geoteknisk last[12]
Last ursprung (ekvation enligt EN 1990)				6.10a Permanent last dominant	6.10b Variabel last dominant	6.10
Partialkoefficient laster – uppsättning B+C Tabell B-3 och B-4 BFS			γ_F	**A1* or A2†**		
Permanenta laster	Allmänna laster	Ogynnsam	$\gamma_{G;sup}$	γ_d[13] 1,35	γ_d 0,89 1,35	γ_d 1,1
		Gynnsam	$\gamma_{G;inf}$	1.0	1.0	1.0
	Egenvikt jord och vatten	Ogynnsam	$\gamma_{G;sup}$	-[14]	-[12]	γ_d 1,1
		Gynnsam	$\gamma_{G;inf}$	-[12]	-[12]	1.0
Variabla laster	Huvudlast	Ogynnsam	$\gamma_{Q,1}$	γ_d 1,5 $\psi^{15}_{0,1}$	γ_d 1,5	γ_d 1,4
	Huvudlast	Gynnsam	$\gamma_{Q,1}$	0	0	0
	Övriga laster	Ogynnsam	$\gamma_{Q,i}$	γ_d 1,5 $\psi_{0,i}$	γ_d 1,5 $\psi_{0,i}$	γ_d 1,4 $\psi_{0,i}$
	Övriga laster	Gynnsam	$\gamma_{Q,i}$	0	0	0
Partialkoefficienter material Tabell I-6 BFS			γ_M	**M2**		
Friktionsvinkel tan φ			γ_φ	1.3	1.3	1.3
Effektiv kohesion			$\gamma_{c'}$	1.3	1.3	1.3
Odränerad skjuvhållfasthet			γ_{cu}	1.5	1.5	1.5
Enaxlig tryckhållfasthet			γ_{qu}	1.5	1.5	1.5
Tunghet			γ_γ	1.0	1.0	1.0
Partialkoefficienter bärförmåga			γ_R	**R3**		
Plattor - bärighet			γ_b	1.0	1.0	1.0
Pålar			γ_R	Se TD pålar	Se TD pålar	Se TD pålar
Jordtryck, släntstabilitet			$\gamma_{R;e}$	1.0	1.0	1.0

[11] Last som överförs direkt från konstruktionsdel till geokonstruktion
[12] Last som överförs från eller via jord och vatten till geokonstruktion
[13] Partialkoefficient för aktuell säkerhetsklass
[14] 6.10a och 6.10b ska inte appliceras på geotekniska laster (m.a.o inte på egenvikt jord och vatten), se EKS 9 § 18
[15] Värdet för varaktighetsfaktorn beror på typ av last se EKS 9 (byggnader) och VVFS2004:43 med ändringar (Trafikverket). Exempel: ψ_0 vid trafiklast från typfordon och last på vägbank 0,75. ψ_0 är 0,7-1 vid byggnader, 0,6-0,8 vid snölast och 0,3 vid vindlast.

Tabell 3 Partialkoefficienter i EQU

Gränstillstånd				EQU
Last ursprung (ekvation enligt EN 1990)				Ekvation 6.10
Partialkoefficient laster – uppsättning A Tabell B-2 BFS			γ_F	**A**
Laster	Permanenta	Ogynnsam	$\gamma_{G;sup}$	γ_d[16] 1,1
		Gynnsam	$\gamma_{G;inf}$	0,9
Variabla laster	Huvudlast	Ogynnsam	$\gamma_{Q,1}$	γ_d 1,5
	Huvudlast	Gynnsam	$\gamma_{Q,1}$	0
	Övriga laster	Ogynnsam	$\gamma_{Q,i}$	γ_d 1,5 $\psi_{0,i}$
	Övriga laster	Gynnsam	$\gamma_{Q,i}$	0
Partialkoefficienter material Tabell I-5 (EQU) BFS			γ_M	**M**
Friktionsvinkel tan φ			γ_φ	1.3
Effektiv kohesion			$\gamma_{c'}$	1.3
Odränerad skjuvhållfasthet			γ_{cu}	1.5
Enaxlig tryckhållfasthet			γ_{qu}	1.5
Tunghet			γ_γ	1.0
Partialkoefficienter bärförmåga			γ_R	**R**
Allmänt			γ_R	1.0

[16] Partialkoefficient för aktuell säkerhetsklass

Tabell 4 Partialkoefficienter i UPL och HYD

Gränstillstånd				HYD	UPL
Partialkoefficient laster			γ_F	**A**	
				Tabell I-15, BFS	Tabell I-13, BFS
Laster	Permanenta	Ogynnsam	$\gamma_{G;dst}$[17]	γ_d 1,35[18]	γ_d 1,2
		Gynnsam	$\gamma_{G;st}$[19] b	0,9	0,9
Variabla laster	Huvudlast	Ogynnsam	$\gamma_{Q:dst}$	γ_d 1,5	γ_d 1,5
	Huvudlast	Gynnsam	$\gamma_{Q,stb}$	0	0
	Övriga laster	Ogynnsam	$\gamma_{Q:dst}$	γ_d 1,5 $\psi_{0,i}$[20]	γ_d 1,5 $\psi_{0,i}$
	Övriga laster	Gynnsam	$\gamma_{Q,stb}$	0	0
Partialkoefficienter material			γ_M	**M**	
				-	Tabell I-14, BFS
Friktionsvinkel tan φ			γ_φ	-	1.3
Effektiv kohesion			$\gamma_{c'}$	-	1.3
Odränerad skjuvhållfasthet			γ_{cu}	-	1.5
Enaxlig tryckhållfasthet			γ_{qu}	-	-
Tunghet			γ_γ	1.0	-
Partialkoefficienter bärförmåga			γ_R	**R**	
				-	Tabell I-14, BFS
Bärförmåga påle (drag)			γ_{st}	-	Se TD pålar
Bärförmåga förankringar			γ_a	-	1,4

[17] destabiliserande
[18] Vid Trafikverkets tillämpningar inkl. järnväg används $\gamma_{G;dst}$ 1,0
[19] stabiliserande
[20] Vid Trafikverkets tillämpningar inkl. järnväg används $\gamma_{Q;dst}$ 1,5

Tabell 5 Partialkoefficienter i Bruksgräns

Gränstillstånd				Bruksgräns		
Last ursprung (ekvation enligt EN 1990)				Karakteristisk[21] komb. 6.14	Frekvent komb.[22]. 6.15	Kvasipermanent komb. [23]. 6.16
Partialkoefficient laster			γ_F	**A**		
Laster	Permanenta	Ogynnsam	$\gamma_{G;sup}$	1,0	1,0	1,0
		Gynnsam	$\gamma_{G;inf}$	0	0	0
	Förspänning		γ_P	1,0	1,0	1,0
Variabla laster	Huvudlast	Ogynnsam	$\gamma_{Q,1}$	1,0	ψ_1[24]$_{,i}$	$\psi_{2,i}$
	Huvudlast	Gynnsam	$\gamma_{Q,1}$	0	0	0
	Övriga laster	Ogynnsam	$\gamma_{Q,i}$	ψ_0[25]$_{,i}$	ψ[26]$_{2,i}$	$\psi_{2,i}$
	Övriga laster	Gynnsam	$\gamma_{Q,i}$	0	0	0
Partialkoefficienter material			γ_M	**M**		
Friktionsvinkel tan φ			γ_φ	1.0	1.0	1.0
Effektiv kohesion			$\gamma_{c'}$	1.0	1.0	1.0
Odränerad skjuvhållfasthet			γ_{cu}	1.0	1.0	1.0
Enaxlig tryckhållfasthet			γ_{qu}	1.0	1.0	1.0
Tunghet			γ_γ	1.0	1.0	1.0
Partialkoefficienter bärförmåga			γ_R	**R**		
Allmänt			γ_R	1.0	1.0	1.0

[21] Irreversibla gränstillstånd
[22] Reversibla gränstillstånd
[23] Långstidseffekter
[24] Värdet för varaktighetsfaktorn beror på typ av last se EKS 9 (byggnader) och VVFS2004:43 med ändringar (Trafikverket). Exempel: ψ_1 vid trafiklast från typfordon och last på vägbank 0,75. Ψ_1 är 0,5-0,9 vid byggnader, 0,3-0,6 vid snölast och 0,2 vid vindlast.
[25] Värdet för varaktighetsfaktorn beror på typ av last se EKS 9 (byggnader) och VVFS2004:43 med ändringar (Trafikverket). Exempel: ψ_0 vid trafiklast från typfordon och last på vägbank 0,75. ψ_0 är 0,7-1 vid byggnader, 0,6-0,8 vid snölast och 0,3 vid vindlast.
[26] Värdet för varaktighetsfaktorn beror på typ av last se EKS 9 (byggnader) och VVFS2004:43 med ändringar (Trafikverket). Exempel: ψ_2 vid trafiklast från typfordon och last på vägbank 0. Ψ_2 är 0,3-0,8 vid byggnader, 0,1-0,2 vid snölast och 0 vid vindlast.

Implementeringskommission för
Europastandarder inom Geoteknik

IEG

IEG är en ideell förening, under ingenjörsvetenskapsakademins, IVA, hägn, som har till uppgift att initiera, samordna och utföra arbete som krävs för implementering av Europastandarder inom Geoteknikområdet, vilka inom de närmaste åren enligt EU-direktiv och lagen om offentlig upphandling kommer att ersätta och komplettera stora delar av dagens svenska geotekniska regelverk.

Syftet är också att säkerställa att det tas fram nödvändiga hjälpmedel i form av anpassade tillämpningsdokument o dyl.

Utgivna rapporter

1:2005	Eurokoder och Europastandarder. Vad kan man skriva i Nationella Tillämpningsregler till olika Geotekniska Standarder?
1:2006	Sammanställning av standarder och närliggande dokument
2:2006	EN 1997-1, Grunder, Fas 1
3:2006	EN 1997-1, kapitel 6, Plattgrundläggning, Fas 1
4:2006	EN 1997-1, kapitel 8 och 9, stödkonstruktioner, fas 1
5:2006	EN 1997-1, kaptiel 7, pålgrundläggning, fas 1
6:2006	EN 1997-1, i jämförelse med BV Tunnel och Tunnel 2004, Fas 1
7:2006	EN 1997-1, Grunder, fas 2
8:2006	EN 1997-1, kapitel 6, plattgrundläggning, fas 2
9:2006	Fältmetoder, Dynamisk sondering
10:2006	EN 1997-1, Geoteknisk data, fas 1
1:2007	EN 1997-1, kapitel 10 och 11, Slänter och bankar, fas 1
2:2007	EN 1997-1, Geoteknisk data, fas 2
3:2007	Fältmetoder, Hejarsondering, fas 2
4:2007	EN 1997-1, Kapitel 10 och 11, Slänter och bankar, fas 2
5:2007	EN 1997-1, Geoteknisk data - Hantering av geoteknisk data, fas 2
6:2007	EN 1997-1, kapitel 7, Pålar, fas 2
1:2008	Klassificering enligt EN 14688
2:2008	Tillämpningsdokument – Grunder
3:2008	Bergtunnel fas 2
4:2008	Tillämpningsdokument – Dokumenthantering