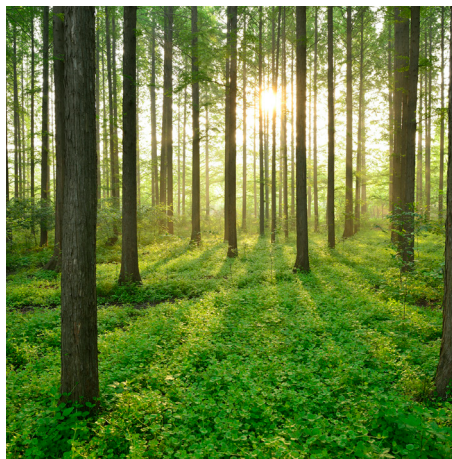


TILLÄMPNING AV ANDRA GENERATIONENS EUROKOD 7 PÅ VATTENKRAFTENS BERGANLÄGGNINGAR

RAPPORT 2025:1138



Tillämpning av andra generationens EUROKOD 7 på vattenkraftens berganläggningar

**MÄRIT BERGLIND-ERIKSSON
CATRIN EDELBRO
BEATRICE LINDSTRÖM**

ISBN 978-91-89918-40-5 | © Energiforsk november 2025

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Det här projektet har syftat till att öka kunskapen kring vilken betydelse ett eventuellt införande av Eurokod skulle innebära för vattenkraftens berganläggningar.

Uppdraget har genomförts inom Energiforsks program Vattenkraftens bergfrågor, som fokuserar på att stärka och bredda den forskning och utveckling som finns om bergtekniska frågor inom vattenkraftsområdet i Sverige.

Författare till rapporten är Märit Berglind-Eriksson, Catrin Edelbro och Beatrice Lindström från Itasca AB. Referensgruppen bestod av Christian Bernstone, Vattenfall AB, och Niklas Widenberg, Vattenregleringsföretagen AB.

Rapportförfattarna ansvarar för alla resultat och slutsatser i rapporten.

Bilden på framsidan tillhandahölls av Energiforsk AB.

Sammanfattning

Denna rapport är ett resultat av en kartläggning av status, inom främst Sverige men även på Europeanivå, angående dimensioneringsstandards (Eurokod) för berganläggningar. Syftet är att öka kunskapen kring vilken betydelse ett eventuellt införande av Eurokod skulle innebära för vattenkraftens berganläggningar.

Rapporten omfattar litteraturgenomgång av dels den nya koden, dels det implementeringsarbete som utförs på Sverige och Europeanivå angående dimensioneringsstandards för berganläggningar. Intervjuer med personer som utför arbeten/projekt som berör bergfrågor inom föreningen IEG 2.0 har utförts, dokumenterats och transkriberats. Strategin för urval av lämpliga kontaktpersoner och roller att intervjua baserades på deras erfarenheter av antingen Eurokod (tillämpning och utveckling) och/eller erfarenhet från dimensionering av berganläggningar och specifikt för vattenkraftens berganläggningar. Eventuellt relevant innehåll som diskuterats/informerats om vid workshops, seminarium eller fokusdagar som arrangeras inom ramen för IEG 2.0 har sammanställts som en del i uppdraget.

Det rådgivande dokumentet *Projektering av bergkonstruktioner* hänvisas ofta till av andra byggherrar förutom Trafikverket men det används ofta som praxis av många projektörer för tillämpning på undermarkskonstruktioner i berg. Baserat på resultaten från intervjuerna finns en enighet om att Eurokod kommer att spela en större roll för berganläggningar i framtiden. I den 2:a generationens Eurokod så beskrivs flera olika möjliga metoder vid dimensionering (ex. sannolikhetsbaserad metod, hävdvunnen metod, observationsmetod, partialkoefficientmetod) som möjliggör att de går att tillämpa på berg. Det finns vissa nya benämningar, metoder och klassificeringar i den 2:a generationens Eurokod jämfört med den 1:a. Exempelvis är benämningarna påverkansområde, geomodell, geoteknisk verifieringsmodell nya. Ingen av dessa nya benämningar är främmande för bergbranschen. Men en stor utmaning tycks ligga i att hitta rätt språk och tillämpning som fungerar för både beställare och konsulter.

Som en del i en eventuell framtida riktad dimensioneringsguide för projektering av vattenkraftens berganläggningar kan EN 1997-1 och EN 1997-2 av 2:a generationens Eurokod användas eftersom innehållet är generellt och kan användas för alla typer av jord och berganläggningar. Om Eurokod ska tillämpas för vattenkraftens berganläggningar behöver dimensionerande livslängd ses över av respektive ägare för olika konstruktionsdelar och utrymmen. Om Eurokod ska vara styrande för vattenkraftens berganläggningar i närtid så rekommenderar författarna att på kort sikt följa Trafikverkets rekommendationer innan fortsatt utveckling skett på Europa- och Sverigenivå inom berg. När de tillämpningsdokument som skrivs för närvarande inom IEG 2.0 finns framtagna (år 2025–2026) kan de nyttjas för att ta fram en egen guideline (rådgivande dimensioneringsdokument) för vattenkraftens berganläggningar.

Nyckelord

Eurokod, berganläggning, dimensionering, standard, 2:a generationen

Summary

This report is the result of a mapping of status, primarily in Sweden but also in Europe, regarding the development of design standards (Eurocode) for rock structures. The aim is to increase knowledge about the significance of a possible implementation of Eurocode for hydropower rock structures.

The report includes a literature review of both the new code and the implementation work being done at the Swedish and European level regarding design standards for rock structures. Interviews with people who carry out work/projects that concern rock issues within the IEG 2.0 association have been conducted, documented and transcribed. The strategy for selecting suitable contact persons and roles to interview was based on their experience of either Eurocode (application and development) and/or experience from design of rock structures and specifically for hydropower rock structures. As part of the assignment, any relevant content that has been discussed/informed about at workshops, seminars or focus days arranged within the framework of IEG 2.0 has been compiled.

The advisory document *Projektering av bergkonstruktioner* is often referred to by other developers besides the Swedish Transport Administration, but it is often used as best practice by many designers for application to underground structures in rock. Based on the results of the interviews, there is a consensus that Eurocode will play a greater role for rock structures in the future. The 2nd generation Eurocode describes several different possible methods for design (e.g. probability-based method, traditional method, observation method, partial coefficient method) that enable it to be applied to rock. There are some new terms, methods and classifications in the 2nd generation Eurocode compared to the 1st. For example, the terms influence area, geomodell, geoteknisk verifieringsmodell, etc. are new. None of these new terms are foreign to the rock industry. However, a major challenge seems to lie in finding the right language and application that works for both clients and consultants.

As part of a possible future targeted design guide for the design of hydropower rock structures, EN 1997-1 and EN 1997-2 of the 2nd generation Eurocode can be used since the content is very general and can be used for all types of soil and rock structures. If Eurocode is to be applied to hydropower rock structures, the design service life needs to be reviewed by the respective owner for different structural parts and spaces. If Eurocode is to be the governing standard for hydropower rock structures soon, the authors recommend following the Swedish Transport Administration's recommendations in the short term before further development has taken place at the European and Swedish level in rock. When the application documents currently being written within IEG 2.0 are produced (in 2025-2026), they can be used to produce their own guideline (advisory design document) for hydropower rock structures.

Innehåll

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Mål, syfte och avgränsning	10
1.3	Metodik för genomförande	10
2	Praxis inom dimensionering av berganläggningar	11
3	Eurokod för berg på Europeanivå	14
3.1	Eurokod 2:a generationen ur ett bergperspektiv	14
3.2	Arbetsgrupper inom berg på Europeanivå	15
4	Implementering av Europastandarder i Sverige	18
4.1	Föreningens struktur och delområden	18
4.2	IEG Tillämpningsdokument	19
5	Eurokod 2:a generationen	23
5.1	EN 1990 Eurokod – Basis of structural and geotechnical design	25
5.2	EN 1997-1 Eurokod 7: Geotechnical design – Part 1: General rules	27
5.2.1	Påverkansområde (zone of influence)	27
5.2.2	Ny metod för geotekniska kategorier (GC)	27
5.2.3	Dimensionerande livslängd	32
5.2.4	Metoder för verifiering av gränstillstånd	33
5.2.5	Implementering av design	40
5.2.6	Dokumentering	41
5.2.7	Designprocess	41
5.3	EN 1997-2 Eurokod 7: Geotechnical design – Part 2: Ground properties	42
5.3.1	Geomodell (Ground modell)	42
5.3.2	Marktekniska undersökningar och materialegenskaper	43
5.4	EN 1997-3 Eurokod 7: Geotechnical design – Part 3: Geotechnical structures	44
6	Undermarkskonstruktioner och Eurokod	45
7	Tillämpning av 2:a generationens Eurokod på vattenkraftens berganläggningar	47
7.1	Tillämpbarhet av Eurokod med hänsyn till Riskbedömning och acceptansnivåer för säkerhet	47
7.2	Påverkansområde	49
7.3	Geoteknisk kategori	49
7.3.1	Arbete på Europeanivå	49
7.3.2	IEG Rekommendation tolkning Geoteknisk kategori	51
7.3.3	Geoteknisk kategori och vattenkraftens berganläggningar	52
7.4	Dimensionerande livslängd	54
7.5	Verifiering av gränstillstånd	54
8	Resultat intervjustudie	56

9	Rekommendationer för vattenkraftens berganläggningar	61
10	Referenslista	63
	Bilaga A: Intervjufrågor	68

1 Inledning

Arbetet är en del av Energiforsks FoU-program Vattenkraftens bergfrågor. De som arbetat i projektet är Märit Berglind-Eriksson och Catrin Edelbro vid ITASCA samt Beatrice Lindström, vid Hard Rock Engineering.

Följande personer har suttit med i referensgruppen för projektet:

- Christian Bernstone (Vattenfall)
- Niklas Widenberg (Vattenreglering)
- Andreas Larsson (Energiforsk)

Rapporten följer genomgående Oxfordsystemets referensstil enligt den tolkning som ges av Umeå Universitet.¹ Samtliga bilder med tillhörande referens är publicerade med godkännande från upphovsrättsinnehavaren.

1.1 BAKGRUND

Sedan år 2010 har Eurokod 7 använts för geokonstruktioner i jord.

I november 2020 publicerades de första kompletta utkastet till 2:a generationen av den europeiska standarden Eurokod inom geoteknikområdet (EN 1997–1², EN 1997–2³ samt EN 1997–3⁴). Arbetet med att ta fram 2:a generationen av Eurokod pågår på Europainivå. Dessa reviderade Europastandarder förväntas vara implementerade i branschen år 2026.

Den branschgemensamma föreningen IEG 2.0 (Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik 2.0) har som mål fram till år 2026 att höja kunskapsnivån inom branschen avseende tillämpning av 2:a generationen av eurokoderna. Föreningens (IEG 2.0) mål är även att ta fram tillämpningsdokument för olika typer av geotekniska konstruktioner, ta fram underlag till nationella bilagor (nationella val) och identifiera Eurokodens roll i de olika faserna i byggprocessen.

Den 2:a generationen av Eurokod (EN 1997–1, EN 1997–2) kommer att gälla för alla typer av geotekniska konstruktioner (jord, berg och vatten) och EN 1997–3 kommer att gälla för bergslänter inklusive förstärkning av bergslänter och grundläggning på berg. Däremot kommer EN 1997–3 inte vara framtagen för att

¹ Umeå Universitet. *Oxford - skriva referenslista*. (2024). <https://www.umu.se/bibliotek/soka-skriva-studera/skriva-referenser/oxford-skriva-referenslista/>

² FprEN 1997-1. *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules*. (2024). Ref. No. FprEN 1997-1:2024 E.

³ FprEN 1997-2. *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground properties*. (2024). Ref. No. FprEN 1997-2:2024 E.

⁴ FprEN 1997-3. *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 3: Geotechnical structures*. (2024). Ref. No. FprEN 1997-3:2024 E.

gälla för undermarksbyggande. Arbete pågår på Europeanivå för att utreda om det är möjligt att ta fram en EN 1997-4 för undermarksbyggande.

För vattenkraftens berganläggningar är det viktigt att bedöma om EN 1997-1 och EN 1997-2 (och EN 1997-3 bergslanter och grundläggning på berg) går att tillämpa på denna typ av konstruktioner. Vidare är det viktigt att sammanställa det arbete som har fokus på berg och Eurokod som pågår både nationellt och på Europeanivå. Resultaten kan sedan användas som en grund för förslag och beslut till fortsatt arbete inom en riktad dimensioneringsguide för vattenkraftens berganläggningar.

1.2 MÅL, SYFTE OCH AVGRÄNSNING

Uppdraget syftar till att kartlägga vad som är utfört inom främst Sverige men även på Europeanivå angående dimensioneringsstandarder (Eurokod) för berganläggningar. Vidare är syftet att öka kunskapen kring vilken betydelse ett eventuellt införande av Eurokod skulle innebära för vattenkraftens berganläggningar. Målet är att kunna använda resultaten som underlag och stöd för beslut kring hur och om ett eventuellt fortsatt arbete ska utföras för att ta fram en riktad dimensioneringsguide för vattenkraftens berganläggningar. Arbetet avgränsas till att bedöma tillämpning av 2:a generationens Eurokod för om- och nybyggnation av vattenkraftens berganläggningar. Vidare avgränsas resultaten till det arbete på Europeanivå och i Sverige som pågått fram till skrivande stund.

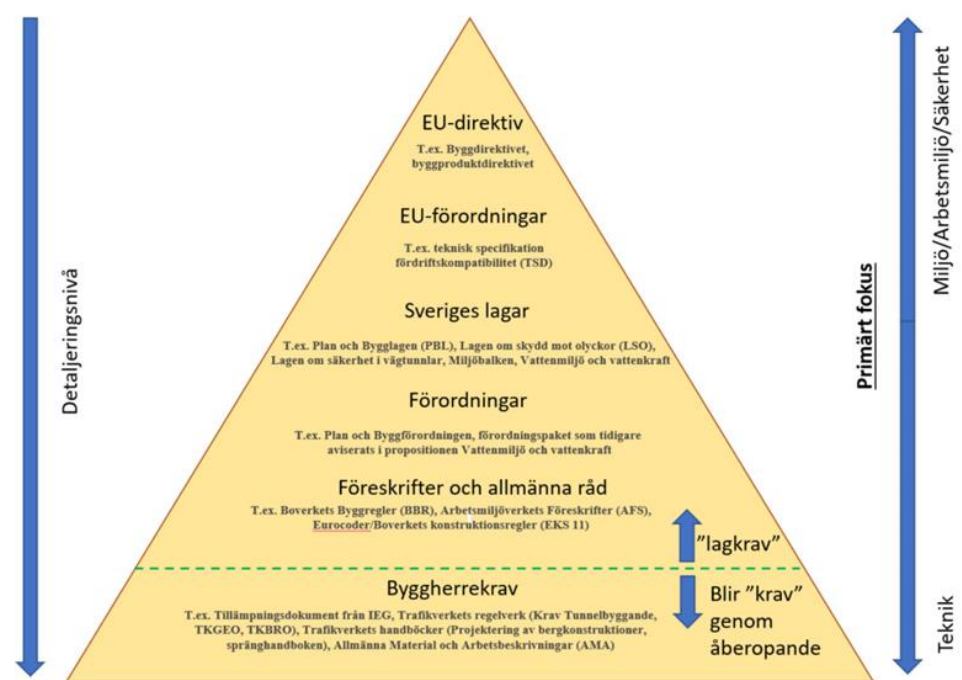
1.3 METODIK FÖR GENOMFÖRANDE

Uppdraget är en förstudie, som i huvudsak omfattat litteraturgenomgång av dels den nya koden, dels det arbete som utförs på Sverige och Europeanivå angående dimensioneringsstandarder för berganläggningar. Intervjuer med personer som utför arbeten/projekt som berör bergfrågor inom föreningen IEG 2.0 har utförts, dokumenterats och transkriberats. Eventuellt relevant innehåll som diskuterats/informerats om vid workshops, seminarium eller fokusdagar som arrangeras inom ramen för IEG 2.0 har sammanställts som en del i uppdraget.

Strategin för urval av lämpliga kontaktpersoner och roller att intervjua baserades på deras erfarenheter av antingen Eurokod (tillämpning och utveckling) och/eller erfarenhet från dimensionering av berganläggningar och specifikt för vattenkraftens berganläggningar.

2 Praxis inom dimensionering av berganläggningar

För att sätta eurokoderna och dimensionering av berganläggningar i sitt sammanhang behöver kravhierarki angående direktiv och lagar beskrivas tillsammans med råd och krav. I Figur 2-1 beskrivs den kravhierarki som gäller för byggande i Sverige. Övergripande gäller lagstiftning på EU-nivå. EU-förordning gäller direkt som lag i ett medlemsland medan EU-direktiv innehåller gemensamma mål som uppfylls antingen genom att kommissionen tar fram en förordning eller att varje land själva avgör och tar fram lagar som krävs för att uppnå målen inom en viss tidsfrist. Lagarna stiftas av riksdagen och lagarna preciseras och kompletteras av förordningar där ansvarig utsedd myndighet har tilldelad föreskriftsrätt. Myndighet med tilldelad föreskriftsrätt formulerar föreskrifter och allmänna råd som beskriver hur lag och förordning ytterst ska tillämpas.⁵



Figur 2-1. Kravhierarki beskriven i Rapport 2020:6686. Några dokument som anges i figuren är uppdaterade. Gällande versioner anges i texten i detta dokument

Eurokoderna är tillsammans med Boverkets författningssamling (BFS)⁷, ett system som utgör de svenska reglerna för verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet för byggnader. Tillämpning av eurokoder för byggnadsverken

⁵ S. Lundin, R. Jansson, D. Winberg, E. Bergqvist, R. Jönsson. *Brandmotstånd för bergrum och tunnlar – utredning av regelverk och sprutbetongförstärkning*. BeFo Rapport 148. (2016).

⁶ Energiforsk. *Tekniska krav vid dimensionering och utformning av berganläggningar*. Publikationsnummer 2020:668. (2020).

⁷ Boverket. BFS 2024:6. *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om bärförmåga, stadga och beständighet i byggnader m.m.*; (2024).

järnvägar, spårvägar, tunnelbanor, vägar och gator samt de anordningar som hör till dessa regleras i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder⁸. I Transportstyrelsens föreskrifter publiceras även Sveriges nationella val av olika parametrar till eurokoderna och bestämmelser om tillämpning av alternativa beräkningsmetoder om eurokoder inte tillämpas. De nationella valen baseras exempelvis på olika förutsättningar avseende geologi, klimat, levnadssätt och säkerhetsnivå. Genom att de berörda eurokoddelen har införts i det svenska regelverket ställs alltså nationella krav på bygnadsverk även i eurokoderna.

För Sveriges del, och som nationellt val av de föreskrivande myndigheterna Boverket och Transportstyrelsen, framgår att nuvarande eurokoder inte gäller bergtunnlar och berggrum (BFS 2024:6 och TSFS 2018:57). Innan vi skapar vår bergkonstruktion så finns materialet och spänningarna redan där, till skillnad från stål- och betongkonstruktioner (material som eurokoden utvecklades för). När vi driver vår bergtunnel så omfördelas spänningarna i vårt ursprungliga material och beroende av drivningssätt så uppluckras och förändras materialets egenskaper i olika grad närmast tunnelkonturen. För undermarkskonstruktioner är lastbegreppet därmed komplicerat eftersom bergmassan i de flesta fall utgör både last och bärande konstruktion. Partialkoefficientmetoden, som är en av de dimensioneringsmetoder som varit aktuell i koden och som baseras på att last och bärförmåga kan särskiljas, förmår inte ge konsekvent säkerhetsnivå för fall med kraftigt varierande förhållanden i berg⁹ vilket medför att andra metoder är lämpligare för komplexa dimensioneringssituationer.

Längst ned i regelhierarkin finns byggherrekrav och allmänna råd som beslutas av myndigheter. Dessa är inte bindande, men gäller för de enskilda projekten i och med att de återopas i kontrakt. Exempel på KRAV med RÅDSTEXT är TRVINFRA-00233¹⁰. Vid projektering av väg- och järnvägstunnlar är dagens praxis därför i stället att dimensionera enligt framtagna krav och rådgivande dokument utgivna av Trafikverket. Det dokument som används främst inom i planeringsskedet och för att projektera en berganläggning är det rådgivande dokumentet *Projektering av bergkonstruktioner*¹¹. Trafikverket tillåter dock vid projektering av väg- och järnvägstunnlar att nuvarande eurokoder används i den mån de är tillämpliga för bergkonstruktioner. Det rådgivande dokumentet används av de flesta byggherrar för tillämpning på undermarkskonstruktioner i berg.

I rapporten¹² beskrivs den kravställning som styr bergrelaterade investeringar inom vattenkraftens investeringar för dess dominerande beställare. Målet var att ta

⁸ Transportstyrelsen. TSFS 2018:57, *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder*. (2018).

⁹ F. Johansson, W. Bjureland & J. Spross. *Application of reliability-based design methods to underground excavation in rock*. BeFo Rapport 155. (2016).

¹⁰ Trafikverket. TRVINFRA-00233. *KRAV med RÅDSTEXT, Tunnel, Tunnelbyggande*. Version 1.0 (2021).

¹¹ Trafikverket. *Projektering av bergkonstruktioner*. Publikationsnummer 2019:062. (2019).

¹² Energiforsk. *Tekniska krav vid dimensionering och utformning av berganläggningar*. Publikationsnummer 2020:668.

fram rekommendationer om prioriterade problemställningar och teknikspår att arbeta vidare med genom vattenkraftens bergfrågor. I det arbetet har kraven delats in i tre kategorier: övergripande krav, krav gällande projektering och krav gällande utförande. För krav gällande projektering identifierades eurokoderna som ett möjligt alternativ för projektering av vattenkraftens bergkonstruktioner.

3 Eurokod för berg på Europeanivå

3.1 EUROKOD 2:A GENERATIONEN UR ETT BERGPERSPEKTIV

De övergripande syftena med revideringen av Eurokod 7 är att göra geoteknisk design mer konsekvent i förhållande till de andra eurokoderna. Att göra den enklare att förstå och navigera i, ta bort upprepningar och onödig information, ge en mer omfattande täckning av det tekniska innehållet och göra plats för att kunna lägga till nya ämnen.

Syftet var även att förbättra vägledningen när det gäller val av karakteristiska parametrar för markegenskaper och vattentryck, vägledning för att tillämpa Eurokod 7 på numerisk analys, vägledning för bergteknik och dynamisk design.

Med avseende på bergteknik så har innehållet i Eurokod 7 utökats avsevärt:

- Definitioner av berg, bergmassa och diskontinuiteter
- Beaktande av bergmassans diskontinuerliga karaktär
- Bergmassans geometriska egenskaper kan betraktas probabilistiskt
- Markegenskaper (bergmassor) tar hänsyn till de geometriska egenskaperna hos diskontinuiteter när de påverkar markens mekaniska beteende
- Klassificeringssystem för bergmassor för beskrivning av markförhållanden
- Fysikaliska och kemiska egenskaper som är relevanta för berg, inklusive laboratorie- och fälttester och standarder för tester
- *In situ* bergspänningar och metoder för bestämning av dem
- Specifika brottkriterier för berg och bergmassor (M-C, H-B) och för diskontinuiteter (M-C, B-B), samt metoder för att bestämma deras parametrar
- Specifika aspekter av deformerbarhet av berg och bergmassa
- Brottmekanismer relevanta för bergmassor
- Specifika värden för partialfaktorer för markegenskaper som ska användas för berg, bergmassa och diskontinuiteter
- Tillförlitlighetsbaserade metoder kan användas i designsituationer som inte omfattas av partialfaktormetoden
- Riskbaserade metoder kan tillämpas i designsituationer där osäkerheter eller konsekvenser ligger utanför det vanliga intervallet
- Ökad uppmärksamhet på observationsmetoden och hävdvunna metoder för dimensionering av bergtekniska konstruktioner
- Bergankare, bergbultar och ytförstärkning

- Åtgärder för kontroll av grundvatten

Stora och viktiga förbättringar för bergteknik har uppnåtts men behov av kompletteringar eller förbättringar i framtida revisioner kommer att finnas. Vad som behöver förbättras kommer att visa sig under de kommande åren när eurokoden börjar tillämpas för dimensionering inom berg som kommer att ge information om för- och nackdelar, så att målen för en efterföljande revidering kan fastställas.

3.2 ARBETSGRUPPER INOM BERG PÅ EUROKANIVÅ

Under 2011–2015 har experter inom bergteknik deltagit med syftet att jord och berg ska hanteras på lika villkor i form av *Evolution Group "EG13 - Rock Mechanics"* där en analys av EN 1997-1:2004¹³ med fokus på berg utfördes. Mellan 2015–2020 verkade *Task Group "WG1/TG3 - Rock Engineering"* där förslag och kommentarer till utkastet till eurokoderna gavs, samt bidrag till en konsekvent hantering av aspekter som rör berg. Från 2021–2024 i form av *Rock Engineering Platform (REP)* med dessa syften:

- vara en plattform för samverkan mellan bergexperter i olika task groups
- bidrag till testning och förbättring av särskilda delar av Eurokod 7
- revidera slutliga versioner av Eurocod 7 (?)
- sprida information om bergteknik och den 2:a generationen av Eurokod.

Flertalet publikationer har presenterats vid workshops, konferenser och tidskriften *Geomechanics and Tunneling*:

- Workshop. Applicability and application of Eurocode 7 to rock engineering design. Eurock 2014.¹⁴
- Rock engineering design and the evolution of Eurocode 7, Eurock 2013.¹⁵
- Rock engineering design and the evolution of Eurocode 7: the critical six years to 2020, 13th ISRM Congress 2015.¹⁶
- Revision of the Eurocodes – aspects of geotechnical and rock engineering design, Eurock 2020.¹⁷

¹³ EN 1997-1:2004. *Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules*. (2004). Ref. No. EN 1997-1:2004: E

¹⁴ Workshop. *Applicability and application of EUROCODE-7 to rock engineering design*. (2014). EUROCK 2014. Vigo, Spain.

¹⁵ L. R. Alejano, A. Beni, A. Bond, A. M. Ferrero. *Rock Engineering design and the evolution of Eurokod 7*. (2013). ISRM International Symposium - EUROCK 2013, International Society for Rock Mechanics, s. 777-782.

¹⁶ J. P. Harrison, A. Leandro, A. Bedi, A. M. Ferrero. *Rock Engineering Design and the Evolution of Eurocode 7: The Critical Six Years to 2020*. (2015). Conference: 13th ISRM International Congress of Rock Mechanics, Montréal, Canada.

¹⁷ L. Lamas, C. Boley, G. Nuijten, U. Burbaum. *Revision of the Eurocodes -aspects of geotechnical and rock engineering design*. (2020). Conference: Eurock 2020 – Hard Rock Engineering, Trondheim, Norway.

- Geomechanics and Tunneling volym 16, No. 5 i oktober 2023 hanterar 6 artiklar som handlar om bergtekniska aspekter i den 2:a generationen av Eurokod.
 - Eurocode and the basis of structural and geotechnical design (the second generation of EN1990 and EN 1997)¹⁸
 - Eurocode 7 – General Rules (EN 1997-1:2024)¹⁹
 - Eurocode 7 – Ground properties (EN 1997-2:2024)²⁰
 - Eurocode 7 – Geotechnical structures: slopes, spread foundations and retaining structures (EN 1997-3:2024)²¹
 - Eurocode 7 – Geotechnical structures: anchors, reinforced fill structures, ground reinforcing elements, ground improvement and groundwater control (EN 1997-3:2024)²²
 - Perspectives on the evolution to the 2035 third generation of Eurocode²³

Den 24 april 2024 hölls ett webinarium *“Webinar Eurokod 7 – Rock engineering”* där en introduktion till bergteknik i den 2:a generationen gavs samt genomgång av aspekter kopplat till berg för de olika delarna i Eurokod 7. Liknade webinarium har hållits för övriga delar av Eurokod. Webinarierna finns på NEN: s hemsida²⁴.

JRC (European Commissions Joint Research Centre) har tagit fram ett antal publikationer (designexempel och guidelines) under 2024.

Designexempel:

- *Evaluation of Eurokod EN 1997, Testing by next-generation engineers using case studies.*²⁵

¹⁸ L. Lamas, U. Burbaum, J. Estaire, J. Harrison, G. Nuijten, R. Pereira. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode and the basis of structural and geotechnical design (the second generation of EN 1990 and EN 1997)*. (2023). Geomechanics and Tunneling: Volume 16, Issue 5. P 469-490.

¹⁹ H. Walter, V. Labiouse, L. Lamas, G. Nuijten, J. Spross, H. Stille. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode 7 – General Rules (EN 1997-1:2024)*. (2023). Geomechanics and Tunneling: Volume 16, Issue 5. P 491-509.

²⁰ J. Estaire, J. Muralha, A. Segalini, E. Johansson, G. Nuijten, R. Heintz. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode 7 – Ground properties (EN 1997-2:2024)*. (2023). Geomechanics and Tunneling: Volume 16, Issue 5. P 510-523.

²¹ H. Stille, B. Ashcroft, C. Boley, V. Labiouse, P. Pinto. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode 7 – Geotechnical structures: slopes, spread foundations and retaining structures (EN 1997-3:2024)*. (2023). Geomechanics and Tunneling: Volume 16, Issue 5. P 524-535.

²² N. Maca, K. Dietz, H. Stille, D. Virely. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode 7 – Geotechnical structures: Anchors, rock bolts soil nails, and groundwater control (EN 1997-3:2024)*. (2023). Geomechanics and Tunneling: Volume 16, Issue 5. P 536-558.

²³ J. P. Harrison, U. Burbaum, L. Lamas, J. Spross, H. Stille. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Perspectives on the evolution to the 2035 third generation of Eurocode*. (2023). Geomechanics and Tunneling: Volume 16, Issue 5. P 560-572.

²⁴ NEN. *NEN Webinars about the new Eurocodes*. <https://www.nen.nl/replay-our-webinars> (Hämtad 2025-03-04).

²⁵ JRC Technical Report. Prepared by SC TG B1. *Evaluation of Eurokod EN 1997, Testing by next-generation engineers using case studies*, draft version, SC7 Seminar Paris October 2024.

- *Design examples using 2nd Generation Eurokod 7.*²⁶

Guidelines:

- *Assembling the ground model and the derived values.*²⁷
- *Reliability-based verification of limit states for geotechnical structures.*²⁸
- *Implementation of Design during Execution & Service Life.*²⁹
- *Determination of representative values from derived values for verification of limit states with EN 1997.*³⁰

²⁶ JRC Technical Report. Prepared by SC7 TG B2. *Design examples using 2nd Generation Eurokod 7*, draft version, SC7 Seminar Paris October 2024.

²⁷ JRC Technical Report. H. Garin, M. Baldwin, P. Reiffsteck, K-J, van Der Made, R. Wudtke, L. Lamas, D. Virely, C.S. Polo Lopez. *Assembling the ground model and the derived values. "Guidelines for the application of the 2nd Generation of Eurokod 7 – Geotechnical design"* Joint Research Centre, (2024) ISSN 1831-9424.

²⁸ JRC Technical Report. B. van Den Eijnden, M. Knuuti, K. Lesny, M. Löfman, A. Mavritsakis, A. Roubos, T. Schweckendiek, F. Sciarretta, A. Ebener, K. Escher, J. Spross, S. Commend, M. Hehenkamp, P. Arnold, s. Wilhelm, A. Ene, P. Rimoldi, R. Pereira. *Reliability-based verification of limit states for geotechnical structures, Guidelines for the application of the 2nd Generation of Eurokod 7 – Geotechnical design*, Joint Research Centre, (2024), ISSN 1831-9424.

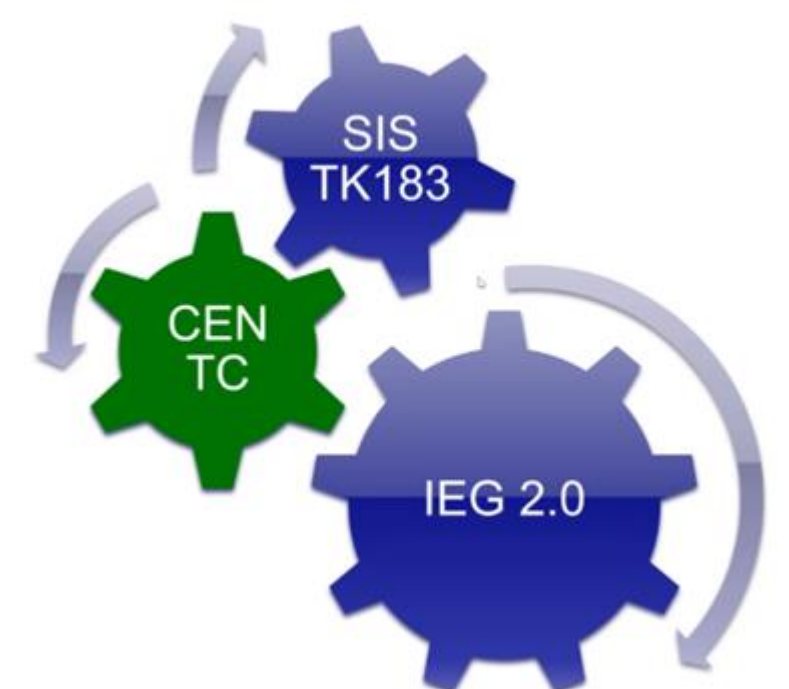
²⁹ JRC Technical Report. W. Bogusz, C. Caplane, D. Hard, K. Idda, P. Ingram, P. Kanty, A. Kushwaha, N. Nayrand, O. Sand, F. Sciarretta, G. Tsitsas, H. Vogt. *Implementation of Design during Execution & Service Life, Guidelines for the application of the 2nd Generation of Eurokod 7 – Geotechnical design*, Joint Research Centre, (2024), ISSN 1831-9424

³⁰ JRC Technical Report. *Determination of representative values from derived values for verification of limit states with EN 1997, Guidelines for the application of the 2nd Generation of Eurokod 7 – Geotechnical design*, draft October 2024.

4 Implementering av Europastandarder i Sverige

4.1 FÖRENINGENS STRUKTUR OCH DELOMRÅDEN

IEG, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, är en ideell förening som har till uppgift att initiera, samordna och utföra arbete som krävs för implementering av Europastandarder inom Geoteknikområdet. Syftet är även att ta fram erforderliga hjälpmedel för branschen. Svenska standarder inom geoteknik är beroende av arbete på flera nivåer och kopplingen mellan IEG 2.0, svensk standardisering (SIS TK183 – ansvarar för eurokoder för geoteknik) samt framtagande av standard på Europeanivå (CEN TC (European Committee for Standardization Technical Committee)) visas schematisk i Figur 4-1. SIS ansvarar fram till att standard är publicerad och utser vilka experter som ska arbeta med att testa koden på Europeanivå (CEN TC) och underområden (SC, subcommittee). CEN TC 250 är framtagande av Eurokod för olika områden, varav CEN/TC 250/SC7 (EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design) berör geoteknisk dimensionering.



Figur 4-1 Översiktsskild för kopplingen mellan arbetet inom IEG 2.0, Svensk standard (SIS TK183) och arbete på Europeanivå (CEN TC).

I utvecklingen av Eurokod 7, på Europeanivå, har arbetet inom dimensionering delats in i fyra arbetsgrupper (TG A-D) i syfte att testa koden och skapa rådgivande tillämpningsdokument. I var och en av arbetsgrupperna deltar experter från Sverige och Norden. Utöver arbetet och utvecklingen av Eurokod 7 sker parallellt arbete med en översyn och revidering av befintliga standarder inom

geoteknik (ISO 182/TC341) eftersom dessa ligger till grund för 2:a generationen av Eurokod 7.

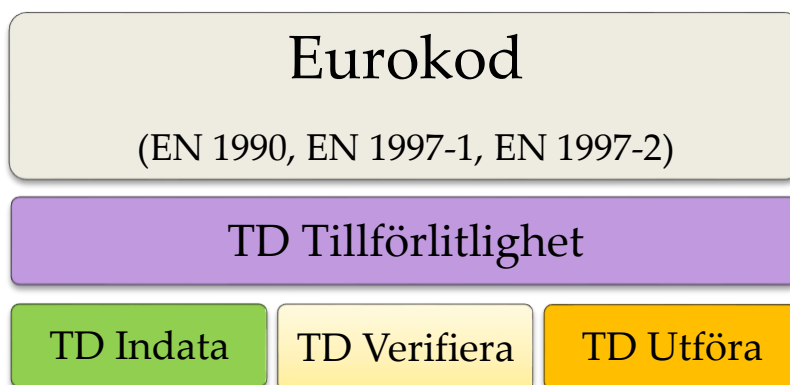
4.2 IEG TILLÄMPNINGSDOKUMENT

Tillämpningsdokumenten (TD) ska användas som ett komplement till eurokoderna, med syfte att förenkla tillämpningen. Om motstridigheter uppstår mellan det som står i tillämpningsdokumenten och avsnittet i Eurokod, är det alltid Eurokod som gäller i första hand.

Förutom hänvisning till berörda avsnitt i Eurokod, inkluderas följande rubriker för varje delmoment i processen.

- **Förenklat säger Eurokod följande:** Sammanfattning/principiellt vad som hanteras under det aktuella avsnittet i Eurokod inklusive vilka kraven är. I de fall det finns bakgrundsinformation så beskrivs den här eller ges en referens till var mer information kan erhållas.
- **NCCI (Non-Contradicting Complementary Information) – Tillämpning:** Inkluderar kompletterande icke motstridig information till Eurokod.
 - Om du gör så här uppfyller du kravet i koden. Skrivningen avspeglar IEG:s gemensamma syn avseende hur avsnittet bör tillämpas.
 - Här förtydligas de skillnader i tillämpning som finns när det gäller jord, berg, grundvatten eller dammar.
- **NDP (national determined parameter) – Nationellt valda parametrar:** Här anges om det finns några nationella val relaterade till det aktuella avsnittet.
- **Notera** – är en rubrik med tips om vad som är viktigt att tänka på när det aktuella avsnittet tillämpas.

De **allmänna** tillämpningsdokumenten från IEG består av 4 delar: TD Indata, TD Verifiera, TD Utföra och TD Tillförlitlighet, se Figur 4-2. TD Tillförlitlighet ska läsas parallellt med de andra tre tillämpningsdokumenten.³¹



Figur 4-2: IEGs allmänna tillämpningsdokument ger vägledning till EN 1990, EN 1997-1 och EN 1997-2.

³¹ IEG. Tillämpningsdokument Allmänt. Remiss, Förhandskopia 2025-02-11.

Utöver de allmänna tillämpningsdokumenten finns **specifika tillämpningsdokument** för olika typkonstruktioner utifrån EN 1997-3. Dessa specifika tillämpningsdokument kompletterar de allmänna tillämpningsdokumenten.

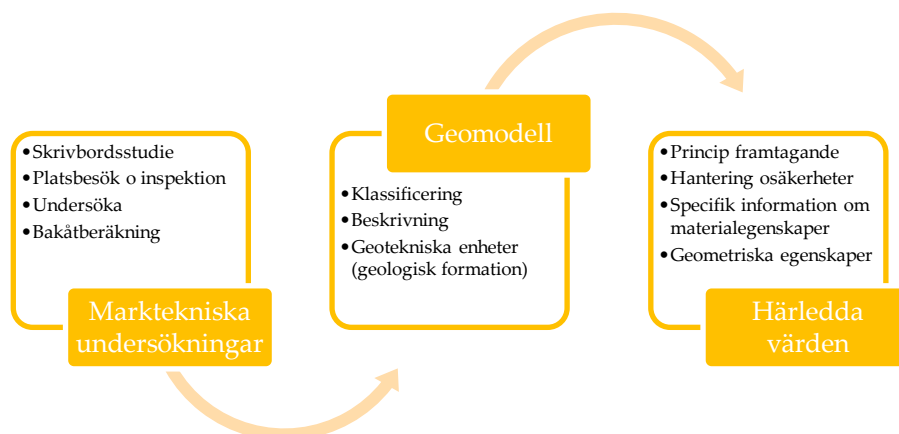
Innan dimensionering och verifiering enligt eurokoderna påbörjas behöver en målbild beskrivas. Den bör inkludera:

- Vilken är slutprodukten och hur ska den användas?
- Specifika krav avseende bärförmåga/säkerhet, funktion/brukbarhet, livslängd, robusthet och hållbarhet.

Informationen skapar en bas för projektörens planering av projekteringsprocessen inklusive vilken information som behöver inhämtas.

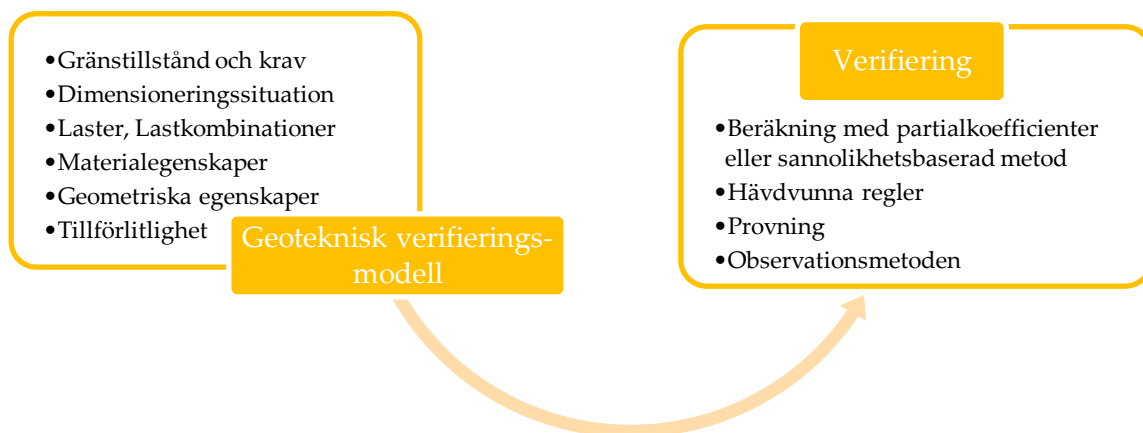
Utifrån informationen görs en första ansats avseende dels påverkansområde (zone of influence), dels geoteknisk kategori, där det senare styr omfattningen på arbetet med att hantera risker med tillhörande åtgärder under dimensioneringsprocessen.

TD Indata hanterar projekteringsprocessens inledande fas med att samla in information, beskriva förutsättningar i geomodell och ta fram härledda värden med tillhörande osäkerheter. Basen är de avsnitt i EN 1997-1 och EN 1997-2 som berör marktekniska undersökningar, geomodellen och härledda värden, se Figur 4-3.



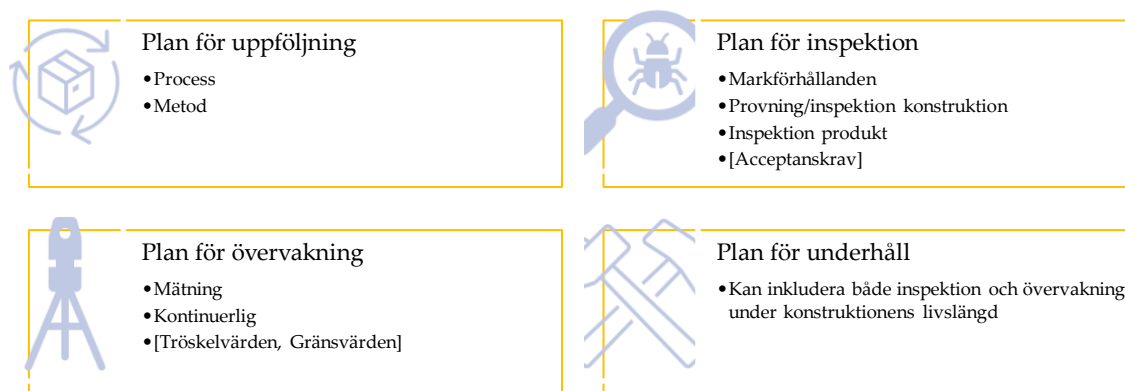
Figur 4-3: TD Indata inkluderar följande delar i projekteringsprocessen.

TD Verifiera hanterar projekteringsprocessens andra fas där en geoteknisk verifieringsmodell (GVM) (Geotechnical Design Modell [GDM] i Eurokod) tas fram, varefter verifiering av konstruktionen sker, se Figur 4-4.



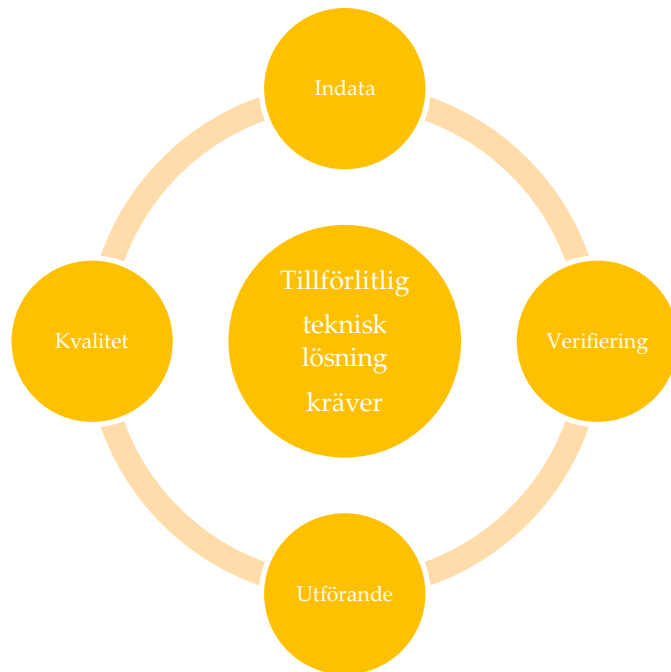
Figur 4-4: TD Verifiera inkluderar följande delar i processen.

TD Utföra hanterar projekteringsprocessens senare del där utförandet av den verifierade tekniska lösningen samt dess funktion under livslängden ska säkerställas. Detta görs genom att bygghandlingar samt att fyra olika typer av kontrollplaner tas fram vilka utgör en del av kontrollen under bygg- och driftskedet. De fyra kontrollplanerna illustreras i Figur 4-5.



Figur 4-5: TD Utföra inkluderar följande kontrollplaner samt bygghandling (eng. term execution specification).

TD Tillförlitlighet är kopplat till att det som görs i projekteringsprocessen ska göras med en tillräcklig precision utifrån konsekvenser och geoteknisk komplexitet. För de specifikt identifierade riskerna vidtas utifrån Geoteknisk kategori åtgärder för att uppnå tillräcklig geoteknisk tillförlitlighet. Figur 4-6 illustrerar processen.



Figur 4-6: TD Tillförlitlighet inkluderar följande delar i processen.

5 Eurokod 2:a generationen

Det finns totalt tio olika eurokoder (gällande versioner):

- EN 1990³², Eurocode — Basis of structural design
- EN 1991³³, Eurocode 1 — Actions on structures
- EN 1992³⁴, Eurocode 2 — Design of concrete structures
- EN 1993³⁵, Eurocode 3 — Design of steel structures
- EN 1994³⁶, Eurocode 4 — Design of composite steel and concrete structures
- EN 1995³⁷, Eurocode 5 — Design of timber structures
- EN 1996³⁸, Eurocode 6 — Design of masonry structures
- EN 1997³⁹, Eurocode 7 — Geotechnical design (3 delar)
- EN 1998⁴⁰, Eurocode 8 — Design of structures for earthquake resistance
- EN 1999⁴¹, Eurocode 9 — Design of aluminum structures

Samtliga eurokoder har, enligt Figur 5-1, ett tydligt gemensamt basdokument i EN 1990, som ställer gemensamma generella krav.

³² EN 1990. *Eurocode - Basis of structural design*. Ref. No. EN 1990:2002+A1:2005.

³³ EN 1991. *Eurocode 1: Actions on structures*. (2002). Ref. No. EN 1991-1-1: 2002 (E).

³⁴ EN 1992. *Design of concrete structures*. (2004). Ref. No. EN 1992-1-1: 2004 (E).

³⁵ EN 1993. *Design of steel structures*. (2005). Ref. No. EN 1993-1-1:2005 (E).

³⁶ EN 1994. *Design of composite steel and concrete structures*. Ref. No. EN 1994-1-1:2004 (E).

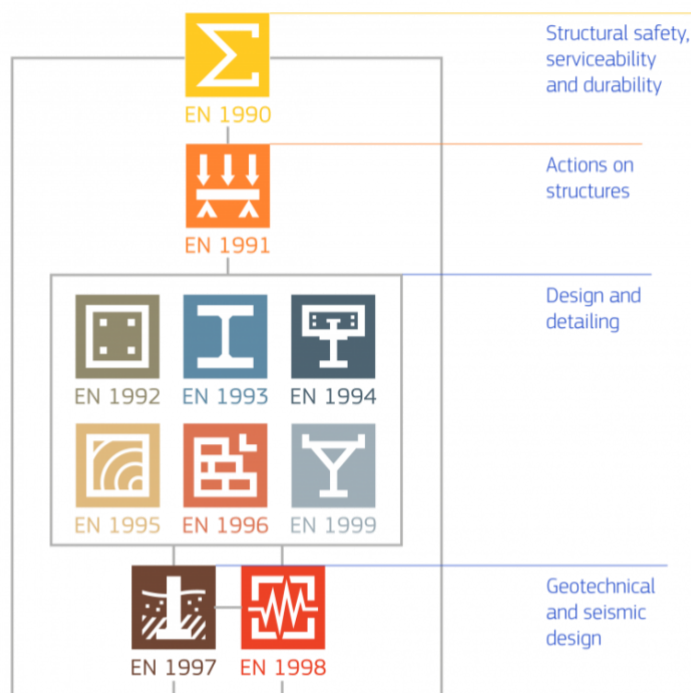
³⁷ EN 1995. *Design of timber structures*. Ref. No. EN 1995-1-1: 2004+A1:2008 (E).

³⁸ EN 1996. *Design of masonry structures*. Ref. No. EN 1996-1-1:2005 (E).

³⁹ EN 1997 *Eurocode 7: Geotechnical design* Ref. No. EN1997-1:2004, EN 1997-2:2007 (E).

⁴⁰ EN 1998. *Design of structures for earthquake resistance*. Ref. EN 1998:1:2004 (E).

⁴¹ EN 1999. *Design of aluminium structures*. Ref. EN 1999-1-1:2007+A1:2009 (E).



Figur 5-1. Översiktsbild över kopplingen mellan de olika eurokoderna⁴². Alla eurokoder består av olika delar (förutom EN 1990) som berör specifika aspekter av ämnet och totalt finns det 58 delar fördelade i de tio eurokoderna (EN 1990-EN 1999).

EN 1990 redogör, oberoende typ av konstruktion, för generella principer och krav angående gränstillstånd, variabler, typer av analyser och testning, verifiering med partialfaktormetoden etc. och beskrivs mer i kapitel 5.1. I EN 1997, som baseras på EN 1990, beskrivs de specifika principer och krav som ställs på geokonstruktioner. Eurokod 7 innehåller tre delar som berör (1) Generella regler (EN 1997–1), (2) Markegenskaper (EN 1997–2) och (3) Geotekniska konstruktioner (EN 1997–3). Relationen mellan de olika koderna och dess hierarki beskrivs i Figur 5-1. Ur geotekniks (dvs. jord, berg och vatten) perspektiv innebär det att flertalet frågor beskrivs i EN 1990 (Basis of structural design), men ska appliceras för tillämpningarna i EN 1997.

Titeln på EN 1990 har ändrats från den första generationen Eurokod till att inkludera geoteknisk design i titeln (Eurocode - Basis of structural and geotechnical design) för den 2:a generationen Eurokod. Att titeln inkluderar geoteknik innebär att EN 1997 ska läsas parallellt med EN 1990. EN 1997–1 och EN 1997–2 är tillämpbara på allt som kan benämnas som geotekniska konstruktion. Vid arbetet med den 2:a generationen av Eurokod 7 har experter inom bergteknik deltagit med syftet att jord och berg ska hanteras på lika villkor.

⁴² European Commission. *The Eurocodes at a glance*. <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/en-eurocodes/about-en-eurocodes> (Hämtad 2025-03-04).

Generellt är det konstruktioner som byggs vid/på markytan i jord och berg som täcks in av Eurokod EN 1997-3. Däremot inkluderar inte Eurokod EN 1997-3 det som konstrueras under markytan, dvs tunnlar i varken jord eller berg⁴³.

Eurokoder som kan vara aktuella för samverkanskonstruktioner kopplade till geokonstruktioner är Eurokod 1 (EN 1991) som hanterar laster (actions on structures), Eurokod 2 (EN 1992) design of concrete structures, Eurokod 3 (EN 1993) design of steel structures och Eurokod 8 (EN 1998) design of structures for earthquake resistance.

I följande avsnitt lyfts aspekter i den 2:a generationen Eurokod 7 som bedömts relevanta att beskriva. Kapitlet ska inte ses som en komplett genomgång av den 2:a generationen av Eurokod 7.

5.1 EN 1990 EUROKOD – BASIS OF STRUCTURAL AND GEOTECHNICAL DESIGN

EN 1990 anger att en konstruktion ska dimensioneras och utföras på ett sådant sätt att den med lämplig tillförlitlighet uppfyller de grundläggande kraven på bärförmåga (ULS), brukbarhet (SLS), beständighet (livslängd), robusthet och hållbarhet, under konstruktionens livslängd. Detta ska genomföras på ett **ekonomiskt** sätt. Verifiering av gränstillstånd beskrivs utförligare i kapitel 5.2.4.

Tillförlitligheten uppnås genom verifiering och dimensionering i enlighet med Eurokod. Val av geoteknisk kategori för att uppnå rätt tillförlitlighet beskrivs utförligare i kapitel 5.2.2. Åtgärder ska vidtas för att undvika försummelse som påverkar tillförlitligheten. Valet av lämplig tillförlitlighet bestäms med hänsyn till; konsekvenser av brott (sociala, ekonomiska och miljö), hur brott kan uppstå (förvarning), allmänhetens reaktion samt kostnader för att minska risken för brott.

Det finns ett antal **antaganden** som ska vara uppfyllda vid tillämpning av Eurokod. Eurokod antar att det är personer med lämplig kompetens och erfarenhet som utför samtliga moment i kedjan av planering och utförande av geotekniska undersökningar, utvärdering av markegenskaper, sammanställning och värdering av indata för dimensionering, samt dimensionering inklusive verifiering. Eurokod antar även att det finns en lämplig kontinuitet och kommunikation mellan de personer som är involverade i processen från planering av geotekniska undersökningar till genomförande av byggnationen.

IEG har även tagit fram en illustration över vilka krav som ska verifieras enligt Eurokod för en specifik teknisk lösning av en geokonstruktion där kraven delats in i förutsättningar, övriga krav och gränstillstånd, se Figur 5-2.

⁴³ A. Athanasopoulou, A. Bezuijen, W. Bogusz, D. Bourmas, M. Brandtner, A. Breunese, U. Burbaum, S. Dimova, R. Frank, H. Ganz, U. Grunicke, H. Jung, A. Lewandowska, G. Nuijten, A. Pecker, S. Psomas, K. Roessler, A. Sciotti, M.L. Sousa, H. Stille & D. Subrin. 2019. Standardisation needs for the design of underground structures. (2019). EUR 29633 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-99075-5. doi:10.2760/615209, JRC115352.



Figur 5-2 Illustration av vad som ska verifieras enligt Eurokod (IEG, 2024).

De övriga aspekterna (beständighet, robusthet och hållbarhet) som ska beaktas vid verifiering av den tekniska lösningen förutom bärförmåga och brukbarhet inkluderas på ett tydligare sätt i den 2:a generationen av Eurokod.

Kravet på **beständighet** finns i Eurokod för att säkerställa att en konstruktion, eller konstruktionselement, under den dimensionerande livslängden har förmågan att med planerat underhåll uppfylla sin funktion. Kravet formuleras som ett krav på en dimensionerande teknisk livslängd, se kapitel 5.2.3, som den tekniska lösningen ska verifieras för.

Kravet på **robusthet** finns i Eurokod för att säkerställa att om en oförutsedd ogynnsam händelse inträffar, ska den skada som uppstår inte vara oproportionerlig i förhållande till den händelse som orsakar skadan. Att öka robustheten avser att minska sannolikheten för att händelsen inträffar eller att begränsa effekten av skadan, utan att sikta mot en given sannolikhet. För de flesta konstruktioner är kravet på robusthet uppfyllt genom att verifiering och dimensionering i enlighet med Eurokod utförs. En bedömning ska dock göras ifall det finns behov av ytterligare robusthetshöjande åtgärder för aktuell konstruktion.

2:a generationen av Eurokod inkluderar **ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet** som faktorer som ska beaktas i valet av teknisk lösning. Kraven är i detta fall snarare uttryckt som en ambition att inkludera hållbarhet som en aspekt att beakta i verifieringen. Ekologisk hållbarhet inkluderar materialval, energi, påverkan på omgivningen och CO₂. Social hållbarhet inkluderar påverkan på samhället, arbetsmiljö, samhällsekonomi och genomförbarhet. Den ekonomiska hållbarheten bedöms utifrån projektet.

Påverkan från omgivningen på konstruktionen och påverkan från konstruktionen på **omgivningen** lyfts tydligt i EN 1997. Kravet säger att omfattningen på sådan påverkan ska bedömas och påvisas vara acceptabel. Detta innebär att verifieringen och dimensioneringen inte enbart kan fokusera på optimering av den enskilda konstruktionen, utan eventuella effekter på omgivningen ska beaktas.

5.2 EN 1997-1 EUROKOD 7: GEOTECHNICAL DESIGN – PART 1: GENERAL RULES

5.2.1 Påverkansområde (zone of influence)

I den 2:a generationen av Eurokod har ett nytt begrepp införts, påverkansområde (zone of influence), med avseende på inverkan av den nya geotekniska konstruktionen på omgivningen. Påverkansområdet ska definieras innan markundersökningarna och det ska uppdateras baserat på markundersökningarna och under designprocessen.

Med 2:a generationens Eurokod ska påverkan med avseende på grundvattenförändring, sättningar, ljud, vibrationer och förorening på redan befintliga konstruktioner som finns inom påverkansområdet inkluderas. Och hur befintliga konstruktioner påverkar vår nya konstruktion ska inkluderas.

Brukbarhetskriterier för nytt bärverk, existerande bärverk, samhällsviktiga områden, mark, och grundvatten som är inom påverkansområdet ska definieras. Hur och om det blivande bärverket har stor påverkan på omgivningen under själva byggskedet ska kontrolleras genom mätning och angivna gränsvärden. Hur stort påverkansområdet som förväntas kan baseras på prognoser (beräkningar) eller ingenjörsmässiga bedömningar.⁴⁴

5.2.2 Ny metod för geotekniska kategorier (GC)

Eurokod bygger på filosofin att de tillämpade dimensioneringsåtgärderna bör återspegla den risknivå som är förknippad med konstruktionen. Den Geotekniska Kategorin har definierats om från att enbart hantera konsekvensen till ett riskbaserat tänkande där den Geotekniska Kategorin är en kombination av Konsekvensklassen och den Geoteknisk komplexitetsklassen (dessa begrepp beskrivs i detalj senare i detta kapitel). Den Geotekniska kategorin säkerställer tillförlitlighet hos bärverket och den geotekniska konstruktionen. Konsekvensklass och Geoteknisk komplexitetsklass är nya begrepp.

Geoteknisk komplexitetsklass ska inte blandas ihop med den tidigare betydelsen av geoteknisk kategori (GK) som även hanterade konsekvensen av brott (nu hanteras det av Konsekvensklassen). Geoteknisk komplexitetsklass tar hänsyn till komplexiteten och osäkerheten i marken, grundvattenförhållandena och samverkan mellan mark och konstruktion.

Konsekvensklassen styr vilka åtgärder som krävs för att uppnå tillförlitlighet, konsekvensfaktorn som appliceras på lastfaktorn (partialkoefficienten), samt vad som är acceptabel sannolikhet för brott. Konsekvenser relaterar till människoliv/skada men även till miljö, ekonomiska och sociala konsekvenser.

Geokonstruktionen klassificeras sedan i geotekniska komplexitetsklasser där marken och markens samverkan med bärverket klassificeras. Konsekvensklassen och den Geotekniska komplexitetsklassen ger sedan den Geotekniska kategorin. Den Geotekniska kategorin är basen för att man genom relevanta åtgärder

⁴⁴ IEG Arbetsrapport 2023:1. *Omfattning Eurokod*. (2023).

säkerställer att sannolikheten begränsas för att fel uppstår, och att tillräckligt stor säkerhetsmarginal appliceras beroende på konsekvensen.

Den geotekniska kategorin styr omfattningen av undersökningar, dokumenthantering, kompetenskrav, validering av beräkningsmodeller, kontroll av dimensioneringen, kontroll, uppföljning och övervakning.

Konsekvensklass

Det finns totalt fem konsekvensklasser enligt EN 1990, CC0-CC4. Beskrivningar för kraven för de tre mellersta klasserna ges i Eurokod. För CC4 kan åtgärder/krav utöver Eurokod (alla delar) krävas och för CC0 kan Eurokod eller andra bestämmelser tillämpas. Tabell 4.1 i EN 1990:2023 (se Figur 5-3) ger indikativa bedömningar av konsekvensen för de olika konsekvensklasserna. Det är två olika perspektiv som ska beaktas där det mest kritiska perspektivet styr valet av konsekvensklass:

- Konsekvensen i människoliv/skada är: mycket låg (CC0), låg (CC1), medel (CC2), hög (CC3) och extrem (CC4).
- Ekonomiska, sociala och miljökonsekvenser är: obetydliga (CC0), små (CC1), betydande (CC2), mycket stora (CC3) och enorma (CC4).

Table 4.1 (NDP) — Qualification of consequence classes

Consequence class	Indicative qualification of consequences	
	Loss of human life or personal injury ^a	Economic, social or environmental consequences ^a
CC4 – Highest	Extreme	Huge
CC3 – High	High	Very great
CC2 – Normal	Medium	Considerable
CC1 – Low	Low	Small
CC0 – Lowest	Very low	Insignificant
^a The consequence class is chosen based on the more severe of these two columns.		

Figur 5-3: Konsekvensklasser enligt SS-EN 1990:2023.

Utöver Tabell 4.1 i EN 1990 bör klassificeringen av konsekvenserna av brott i en geokonstruktion ta hänsyn till effekter i omgivningen inom påverkansområdet. I Table 4.3 i EN 1997-1, se Figur 5-4, ges exempel på geokonstruktioner i konsekvensklass CC0-CC4 där den lägsta nivån, CC0, inte gäller för geokonstruktioner.

Grundprincipen för val av konsekvensklass är att utgå från att konstruktionen är en CC2. Därefter görs en värdering om det finns anledning att tro att det finns

uppenbara konsekvenser som är sådana att det är motiverat att överväga CC3. När det gäller ekonomiska, sociala och miljökonsekvenser så avses konsekvenser för samhället (inte ekonomiska konsekvenser för projektet). Det innebär att detta i de flesta fall bedöms utifrån ett helhetsperspektiv redan i ett tidigt skede för projektet. Projektören kan ofta få informationen genom dialog med beställare och övriga teknikområden.

Valet av konsekvensklass kan ske per konstruktionsdel om det är uppenbara skillnader för olika konstruktionsdelar. Valet av konsekvensklass ska motiveras i GDR (Geoteknisk dimensioneringsrapport).

Table 4.3 (NDP) — Examples of geotechnical structures in different Consequence Classes

Consequence class	Description of consequence	Examples
CC4	Highest	— Geotechnical structures whose integrity is of vital importance for civil protection^a; — Geotechnical structures in areas with significant landslide hazards.
CC3	Higher	— Retaining walls and foundations supporting public buildings, with high exposure; — Man-made slopes and cuttings and retaining structures with high exposure; — Major road/railway embankments, bridge foundations that can cause severe interruption of service in emergency situations; — Geotechnical structures with a primary navigational function^b;
		— Flood barrier protecting a large number of people; — Underground constructions with large occupancy.
CC2	Normal	All geotechnical structures not classified as CC0, CC1, CC3, or CC4
CC1	Lower	— Retaining walls and foundations supporting buildings with low occupancy; — Man-made slopes and cuttings, in areas where a failure will have low impact on society; — Minor road/railway embankments not vital for society; — Underground structures with occasional occupancy^c.
CC0	Lowest	Not applicable for geotechnical structures

^a Examples of geotechnical structures whose integrity is of vital importance for civil protection are road/railway embankments with a fundamental role in the event of natural disasters, earth dams connected to aqueducts and energy plants, earth dams and tailing dams with extreme consequences upon failure, foundation of nuclear structures, and major harbour structures.

^b Examples of geotechnical structures with primary navigational function are marking or protecting entrances of ports.

^c Examples of underground structures with occasional occupancy are culverts not supporting main railway lines or major roads.

Figur 5-4: Tabell 4.3 i EN 1997-1. Exempel på geotekniska konstruktioner i olika konsekvensklasser.

Geoteknisk komplexitetsklass

Den geotekniska komplexitetsklassen, se Figur 5-5, bestäms genom en ingenjörsmässig bedömning av komplexiteten och osäkerheten i mark, grundvattenförhållande och samspel mellan mark och konstruktion.

I ett inledande skede innan det finns kompletterande information, så ansätts alltid GCC 3. När marktekniska undersökningar har genomförts så bör GCC 2 kunna väljas om inte de marktekniska undersökningarna visar motsatsen. Om man befinner sig i ett område med välkända geologiska och geotekniska förutsättningar, kan GCC 2 ansättas baserat på skrivbordsstudier.

I takt med att mer information erhålls, ska den geotekniska komplexitetsklassen omprövas i varje dimensioneringsfas.

Den geotekniska komplexitetsklassen ska väljas baserat på utvärderingen av allvarlighetsgraden för designsituationen för dessa allmänna egenskaper:

- osäkerheter i markförhållandena,
- markförhållandenas variabilitet och svårighetsgrad,
- geokonstruktionens känslighet för grundvatten- och ytvattenförhållanden, och
- komplexiteten i markens samverkan med bärverket.

Valet av allvarlighetsgrad ska baseras på ingenjörsmässighet, med en skala från betydelsefull, anseelig och hög i den ena ändan till försumbar, enhetlig och låg i den andra ändan av skalan. Om valet resulterar i en hög allvarlighetsgrad för någon av de allmänna egenskaperna ska GCC 3 väljas. Om valet resulterar i en låg allvarlighetsgrad för alla allmänna egenskaperna ska GCC 1 väljas.

Table 4.1 (NDP) — Selection of Geotechnical Complexity Class

Geotechnical Complexity Class	Complexity	General features
GCC 3	Higher	Any of the following apply: — considerable uncertainty regarding ground conditions — highly variable or difficult ground conditions — significant sensitivity to groundwater and surface water conditions — significant complexity of the ground structure interaction
GCC 2	Normal	GCC2 applies if GCC 1 and GCC3 are not applicable
GCC 1	Lower	All the following conditions apply: — negligible uncertainty regarding the ground conditions — uniform ground conditions — low sensitivity to groundwater and surface water conditions, — low complexity of the ground structure interaction

NOTE The terms 'considerable', 'significant', 'highly', etc. are relative to any comparable experience that exists for the particular geotechnical structure, design situation, and ground conditions.

Figur 5-5: Tabell 4.1 i EN 1997-1. Val av Geoteknisk Komplexitetsklass.

Geoteknisk kategori

Geokonstruktionen ska klassas i en Geoteknisk kategori som sammanväger osäkerheten och komplexiteten i marken och markens samverkan med konsekvensen av brott i konstruktionen, se Figur 5-6. Olika delar av geokonstruktionen kan klassificeras i olika geoteknisk kategori. Eftersom Geoteknisk komplexitetsklass och Konsekvensklass normalt omvärderas under dimensioneringsprocessen allteftersom mer kunskap om markförhållandena och konstruktionen tillkommer, så uppdateras även den geotekniska kategorin.

Table 4.2 (NDP) — Relationship between Geotechnical Category, Consequences Class, and Geotechnical Complexity Class

Consequence Class (CC)	Geotechnical Complexity Class (GCC)		
	Lower (GCC1)	Normal (GCC2)	Higher (GCC3)
Higher (CC3)	GC2	GC3	GC3
Normal (CC2)	GC2	GC2	GC3
Lower (CC1)	GC1	GC2	GC2

Figur 5-6: Tabell 4.2 i EN 1997-1. Relationen mellan Geoteknisk kategori, konsekvensklass och Geoteknisk Komplexitetsklass.

I Tabell 5-1 illustreras hur geoteknisk kategori (GC) används under hela dimensioneringsprocessen för att säkerställa tillförlitlighet till att den tekniska lösningen uppfyller ställda krav.

Tabell 5-1 Illustration av hur Geoteknisk kategori används från planering till förvaltning.⁴⁵

Process	Skede	Vägledning till GCC och GC	
Planering	Planläggning/ Förstudie	• GCC ska väljas baserat på skrivbordsstudie och/eller marktekniska undersökningar. Fram tills att man aktivt avskrivit komplexa förhållanden gäller GCC 3. • GC väljs baserat på GCC och CC. • En första GC ska väljas innan marktekniska undersökningar utförs.	Kvalitets-styrnings-åtgärder (4.1.8 och Bilaga D) Dokumentation (12 och Bilaga C)
Projektering	Systemhandling	• Marktekniska undersökningar (EN 1997–2, 5). • Validering av marktekniska undersökningar (EN 1997–1, 4.2.4). GCC ses över efter utvärderade undersökningar och GC uppdateras.	
	Bygghandling	• Validering av geoteknisk verifieringsmodell (EN 1997–1, 4.2.3) baserat på GC. • Validering av beräkningsmodell (EN 1997–1, 7.1) baserat på GC. • Verifiering med partialkoefficientmetoden (EN 1997–1, 4.4.3.1 [3])	
Produktion	Bygg	• Uppföljning (EN 1997–1, 10.2) • Inspektion (EN 1997–1, 10.3) • Övervakning (EN 1997–1, 10.4)	
Avslutning	Förvaltning	Underhåll (EN 1997–1, 10.5 [3])	

5.2.3 Dimensionerande livslängd

I EN 1990:2023 anges dimensionerande livslängd för den struktur som stöds i annex A. Idag finns dimensionerande livslängd för byggnader och broar i annex A där till exempel monumentala byggnadsstrukturer, broar och andra konstruktioner som stödjer väg eller järnväg har 100 års dimensionerande livslängd.

I tillägg till EN 1990:2023 ska enligt EN 1997–1, 4.1.5 Dimensionerande livslängd (design service life) för en geokonstruktion anges, se Figur 5-7. En geokonstruktion som stödjer en annan konstruktion ska ha minst samma livslängd som den struktur som stöds.

Den dimensionerande livslängden, 4.5 (2) i EN 1990:2023, bör användas för att bestämma den tidsberoende prestandan hos konstruktionen som kan påverkas av klimatscenario, beständighet, utmattning samt deformationer till följd av konsolidering av marken. En kortare dimensionerande livslängd, 4.5 (4) i EN 1990:2023, kan användas för verifiering av utmattning och hållbarhet på utbytbara konstruktioner och delar, förutsatt att utbytet uttryckligen beaktas vid utformningen av designen.

⁴⁵ IEG Arbetsrapport 2022:1. GCC, CC, GC *Initiell analys*. (2022).

Table 4.4 (NDP) — Design service life categories of geotechnical structures

Category of geotechnical structures	Design service life T_{lf} years
Geotechnical structures that support other structures	At least that of the supported structure ^a
Geotechnical structures ^b supporting (or incorporated into) road or railway infrastructure Embankment dams for water defence	100
Geotechnical structures not covered by another category	50
Replaceable parts of geotechnical structure ^c	25
Temporary geotechnical structures	10
Temporary anchors ^d	2
^a See EN 1990:2023, Annex A ^b For example slopes, cuttings, embankments, retaining structures, reinforced fill or soil nailed structures, or ground improvement ^c For example anchors ^d Durability requirements related to EN 1993-5	

Figur 5-7: Tabell 4.4 EN 1997-1.

5.2.4 Metoder för verifiering av gränstillstånd

Ett gränstillstånd är ett tillstånd som, om det överskrids, leder till att vald teknisk lösning inte längre uppfyller relevanta dimensioneringskriterier. Kravet på att verifiera ett gränstillstånd innebär att man visat att sannolikheten för att överskrida gränsen är tillräckligt liten. Vid verifiering av gränstillstånd kan man utelämna enskilda gränstillstånd om verifiering av ett annat gränstillstånd visar att det som utelämnas inte kan överskridas. Aktuella gränstillstånd ska verifieras för alla relevanta dimensioneringssituationer. Eurokod anger att det ska göras skillnad på brottgränstillstånd och bruksgränstillstånd.

Brottgränstillstånd (Ultimate Limit State, ULS) är tillstånd förenade med kollaps eller med andra liknande former av brott i den tekniska lösningen. Det motsvarar vanligtvis den maximal bärförmågan hos en konstruktion eller ett konstruktions-element som ingår i den tekniska lösningen. Dimensioneringssituationer som omfattar ULS är varaktiga och tillfälliga, olyckslast, jordbävning och utmattning. När lasten är att betrakta som en olyckslast benämns detta i eurokod som ALS (Accidental Limit State).

Ett **bruksgränstillstånd** (Servicability Limit State, SLS) är ett gränstillstånd som berör konstruktionens eller konstruktionsdelarnas funktion under normal användning, människors välbefinnande och konstruktionens utseende.

Det finns inga generella brukbarhetskriterier utan de definieras för varje enskilt objekt och anger specifika krav eller villkor på aktuell konstruktion/konstruktionselement för att erhålla den önskade funktionen.

Brukbarhetskriterier kan definieras i termer av deformationer (rotation, totalsättning, differenssättning, lutning), spänning, töjning, grundvattennivå, grundvattentryck, grundvattenflöde, vibrationer, buller, och temperatur.

IEG rekommenderar att det är byggherrens ansvar att formulera brukbarhetskriterier för den slutliga konstruktionen inkl. konstruktionselement utifrån förväntad användning, men även utifrån krav på att begränsa omgivningspåverkan. Projektören/konstruktören kan utifrån detta formulera kompletterande brukbarhetskriterier för byggskedet.

EN 1997-1 beskriver följande huvudgrupper av bruksgränstillstånd:

- Deformationer i mark, vertikala och horisontella rörelser.
- Deformationer i konstruktion respektive konstruktionselement, som erhålls till följd av rörelser i grundläggning och mark.
- Hydrauliska förutsättningar, som påverkar en funktion hos konstruktionen och/eller omgivningen.

EN 1997-1 poängterar specifikt att brukbarhetskriterier ska upprättas för påverkansområdet runt konstruktionen. Det innebär att utförandet av geokonstruktionen eller geokonstruktionen i sig kan ge upphov till att funktionen hos ledningar, byggnader, mark inom påverkansområdet påverkas och inte längre uppfyller respektive brukbarhetskriterium.

EN 1997-1 poängterar även att brukbarhetskriterier för den aktuella geokonstruktionen ska beakta trolig påverkan från konstruktioner, mark och ledningar inom påverkansområdet.

Geokonstruktioners bärförmåga (säkerhet) och brukbarhet ska verifieras med en av följande metoder (eller två eller fler metoder i kombination):

- beräkningar
 - partialkoefficientmetoden
 - andra sannolikhetsbaserade metoder,
- hävdvunna regler (kan specificeras i nationellt annex)
- provning
- observationsmetod (inkluderar beräkningar mm.)

Verifiering ska visa en tillförlitlighet minst motsvarande den som anges i EN 1990-1, se även 7.1, vilket innebär att osäkerheter i systemet ska hanteras på ett strukturerat sätt så att tillräcklig precision erhålls. Detta inkluderar:

- Osäkerheter i indata (omfattning, kvalitet, transformationsmodell, metodval, tilltro), vid val av representativt värde för materialegenskaper och andra parametrar.
- Beräkningsmodell (lämplighet, begränsning, tilltro)
- Laster (relevans, variation), i enlighet med avsnitt om laster
- Dimensionerings- och utförandeprocesser (fel, inspektion, övervakning)

Resultatet av verifieringen ska jämföras med tidigare erfarenhet. Verifieringen görs för aktuell dimensioneringssituation.

Processen att dimensionera och verifiera

Eurokod använder både begreppet verifiera och dimensionera. För att öka tydligheten har IEG valt att förtydliga dessa begrepp enligt följande:

Verifiera innebär att kontrollera om en specifik teknisk lösning uppfyller krav på bärförmåga/säkerhet, brukbarhet, beständighet, robusthet och hållbarhet. Detta med beaktande av omgivningen och tidsperspektiv, samt Eurokods förutsättningar. Verifieringen görs för aktuella dimensioneringssituation av samtliga relevanta gränstillstånd och övriga krav.

Dimensionera innebär att välja och optimera den valda tekniska lösningen (inklusive utformning, geometri, material och utförande). Det innebär en iterativ process där de fem olika kravperspektiven (bärförmåga/säkerhet, brukbarhet, beständighet, robusthet och hållbarhet) beaktas och optimeras för olika möjliga tekniska lösningar. Dimensionering ger underlag för att upprätta en teknisk beskrivning/bygghandling. I dimensioneringsprocessen ingår även att ta fram relevant indata om omgivningen och den konstruktion som ska byggas. Detta kallas ofta att skapa sig en systemförståelse av det geotekniska problemet.

Verifiering med beräkningar

IEG har utfört ett projekt med avseende på tillämpning av partialkoefficient-metoden⁴⁶ där en utförlig beskrivning av partialkoefficientmetoden finns. Här beskrivs metoden bara översiktligt baserat på den rapporten.

Den primära principen för verifiering med beräkning enligt Eurokod är partialkoefficientsmetoden. Verifiering kan även ske med andra sannolikhetsbaserade metoder. Utgångspunkten är att fördela osäkerheten, för att inte all säkerhet ska ligga på en parameter. Osäkerheten i last respektive materialegenskap hanteras separat, och därmed fås en mer relevant bedömning av konstruktionens säkerhet.

Inom berg- och geoteknik har tidigare principen med totalsäkerhet använts för flertalet konstruktioner. Det gäller t.ex. analys av storskalig släntstabilitet i berg och grundläggning på berg. Här har det ofta bedömts som relevant att göra de förenklingar som totalsäkerhet medför. IEG planerar att genomföra ett separat projekt som belyser hur metoderna förhåller sig till varandra, se skillnader i Tabell 5-2, samt även hur den 2:a generationens Eurokod har utvecklats för att underlätta tillämpning av partialkoefficientmetoden för samtliga geokonstruktioner.

Tabell 5-2: Skillnader mellan totalsäkerhetsmetoden och partialkoefficientmetoden.

Aspekter	Totalsäkerhetsmetoden	Partialkoefficientmetoden
Säkerhetsfaktor	EN global säkerhetsfaktor	Separata faktorer för last respektive material (bärförmåga)
Hantering av osäkerhet	Behandlar alla osäkerheter som en enhet	Behandlar osäkerheter separat (Last, material, bärförmåga)

⁴⁶ IEG Arbetsrapport 2025:01. Tillämpning av partialkoefficientmetoden. (2025).

Precision/noggrannhet	Lägre precision.	Högre precision. Baseras på sannolikhetsbaserade analyser.
Användning	Tidigare praxis. Enklare konstruktioner	Nuvarande standard, mer komplexa konstruktioner
Komplexitet	Enkel att använda	Kräver mer analyser och data

Eurokodens partialkoefficientmetod är framtagen för att ge ett hanterbart verktyg för verifiering, som säkerställer att kraven på säkerhetsnivå uppnås. Metodiken är dock en förenkling och om en fullständig hantering av osäkerheterna ska erhållas, bör en fullständig sannolikhetsbaserad dimensionering genomföras.

Partialkoefficientmetoden enligt Eurokod

Partialkoefficientmetoden används i Eurokod för att verifiera att inget brottgränstillstånd överskrids för någon tillämpbar dimensioneringssituation. Partialkoefficientmetoden enligt Eurokod är i första hand anpassad för att hantera konstruktioner med en statisk belastning, men kan även tillämpas för fall med dynamiska effekter.

Partialkoefficientmetoden enligt Eurokod innebär att verifiera att den dimensionerande lasteffekten, E_d är mindre än den dimensionerande bärförmågan, R_d .

$$E_d < R_d$$

Vid bestämning av **dimensionerande lasteffekt**, E_d appliceras en partialkoefficient på lasten, γ_F eller lasteffekten, γ_E . Partialkoefficienterna γ_F och γ_E är båda produkten av $\gamma_{sd} \cdot \gamma_t$, men kan ha olika värden.

Partialkoefficienten γ_{sd} tar hänsyn till osäkerheten i last- respektive lasteffektmodellen, och γ_t tar hänsyn till en ofördelaktig avvikelse av lasten från sitt representativa värde.

Vid bestämning av **dimensionerande bärförmågan**, R_d appliceras en partialkoefficient på materialegenskapen som ger upphov till bärförmågan, γ_M , eller en partialkoefficient direkt på bärförmågan, γ_R .

Partialkoefficienten γ_M är produkten av $\gamma_{Rd} \cdot \gamma_m$, där γ_{Rd} tar hänsyn till en del av modellosäkerheten och γ_m en del av osäkerheten i materialegenskapen.

Eurokod ger en metodik för hur värdet på partialkoefficienten kan tas fram för att de dimensionerande värden som används i analyserna ska motsvara en nationellt bestämd säkerhetsnivå. Samtliga partialkoefficienter ska därmed kalibreras för att uppfylla de nationellt ansatta säkerhetsnivåerna. Eurokod kopplar säkerhetsnivån (sannolikheten för brott) till olika tillförlitlighetsindex, β för respektive konskevensklass.

Tillämpbarheten för partialkoefficientmetoden behöver utredas för de gränstillstånd som behöver verifieras för undermarksanläggningar, se även kapitel 6. Brott eller deformation i olika tekniska konstruktionselement, som t.ex.

bergbult och sprutbetong, beror på det ingående materialens hållfasthet och styvhet eller på konstruktionens styvhet. Dessa materials brottgränstillstånd bedöms fungera bättre att verifieras med partialkoefficienter än vid undermarksanläggningar som ofta är en samverkanskonstruktion. Detta är tänkt att studeras närmare i ett kommande IEG-projektet för bergslänter.

Verifiering med hävdvunna regler

Eurokod är tydlig med att verifiering med hävdvunna regler är en metod som kan användas istället för partialkoefficientmetoden. En hävdvunnen regel är alltid konservativ (dvs. väldigt mycket på säkra sidan), vilket gör att verifiering med hävdvunna regler inte ger en designlösning som är väl avpassad till precis vad som behövs med avseende på de faktiska markförhållandena. I flera situationer är det dock inte motiverat att lägga omfattande tid på analyser, utan det kan vara motiverat med en konservativ lösning.

Hävdvunna regler är inte begränsade till en specifik geoteknisk kategori, utan kan användas för alla geotekniska kategorier. Förutsättningen är att regeln finns nedskriven, med klargjorda begränsningar för när den kan tillämpas.

Hävdvunna regler kan specificeras i den nationella bilagan som är en NDP vilket innebär att man i ett nationellt annex kan göra vissa justeringar. Om de inte är specificerade i den nationella bilagan kan berörd myndighet specificera reglerna. Om inga specificerade hävdvunna regler finns för aktuell tillämpning så kan parterna i ett projekt komma överens om att en specifik hävdvunnen regel ska tillämpas. Ett projekt inom IEG har utförts för att identifiera hävdvunna regler⁴⁷ som används i Sverige och arbete pågår för att definiera hävdvunna regler enligt rekommendationerna nedan.

IEG rekommenderar att följande ska vara uppfyllt för att något ska vara en hävdvunnen regel i enlighet med Eurokoden:

- Regeln ska uppfylla kravet på att vara konservativ
- Regeln ska uppfylla kraven på att vara dokumenterad (erfarenhetsbaserad)
- Det ska finnas dokumentation som visar att den är använd av flera personer och att den av dessa bedöms som tillämpbar.
- Det ska finnas tydliga dokumenterade begränsningar av när den får tillämpas. Konsekvensklass och/eller Geoteknisk kategori kan vara kriterier som används för att beskriva begränsningar. Andra begränsningar är jordart eller geometriska begränsningar.

⁴⁷ IEG Arbetsrapport 2023:3. *Hävdvunna regler, Projekt A2.5.* (2023).

Hävdvunna regler för berg som används idag är t.ex. Q-systemet⁴⁸, selektiv bultning, grundläggning av platta på berg^{49,50} eller typsektioner för bana⁵¹.

Verifiering med provning

Provning med syftet att verifiera en konstruktion används inte för bergkonstruktioner. Provning kan utföras på delar av den aktuella geotekniska konstruktionen eller på fullskale- eller reducerade modeller vilket är svårt att utföra på bergkonstruktioner.

Verifiering med provning görs oftast tillsammans med någon av de andra verifieringsmetoderna där det är vanligt att delar av konstruktionen eller konstruktionselement provas.

Det vanligaste är dock att provning används som en del av verifieringen. Detta benämner Eurokod som verifiering med hjälp av provning. Det innebär i praktiken att provningen används för att bestämma dimensionerande markegenskaper eller markens bärförmåga. De dimensionerande egenskaperna/bärförmågan används därefter i en verifiering med beräkning (partialkoefficienter eller sannolikhetsbaserat).

Begreppet provning används med fler betydelser men då avses inte verifiering med provning. Vid produktionskontroll av utförd installation kan verifiering med hjälp av provning användas för att säkerställa att utförandet har gett en produkt som uppfyller förutsättningar och krav från dimensioneringen. T.ex. provning av installerade bergbultar. Kontrollprovning kan vara att inspektera att rätt produkt har levererats, att rätt kvalitet av stålet används eller att inblandningsdelarna följer receptet som erhållits från dimensioneringen.

Verifiering med provning är därför inte relevant för undermarkskonstruktioner i berg men provning av enskilda konstruktionselement som bergbultar kan vara en del av verifiering med t.ex. observationsmetoden.

Verifiering med observationsmetoden

Vid verifiering med observationsmetoden ska flera olika dimensioneringsvarianter, inklusive tillhörande geoteknisk verifieringsmodell, tas fram. Dessa beskriver alla relevanta och förutsägbara markbeteenden och samverkan mellan mark och konstruktion som kan uppstå.

För varje dimensioneringsvariant ska:

- Brottgräns verifieras
- Bruksgräns verifieras

⁴⁸ Trafikverket. *Projektering av bergkonstruktioner*. Bilaga 9 Analys med empiriska metoder. Publikationsnummer: 2019:062. (2019).

⁴⁹ Trafikverket. *KRAV och Krav med RÅDSTEXT TRVINFRA-00230*. Version 1.0/2.0, Geokonstruktion, dimensionering och utformning, 9.2.1.2.3. Hävdvunnen metod. (2022/2023).

⁵⁰ Transportstyrelsen. *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder*. TSFS 2018:57: 38 kap. 6 Allmänna råd och tabell 38.13. (2018).

⁵¹ Trafikverket. *Typsektion för banan*. Publikationsnummer: 2015:0198. (2015).

– En bygghandling upprättas (execution specifikation)

Observationsmetoden ska inte användas för konstruktioner med spröda brott (brott som inte kan detekteras i förväg).

En åtgärdsplan ska finnas tillgänglig för att åtgärder ska kunna vidtas direkt när angivna tröskelvärden eller acceptanskriterium överskrids.

Sådana åtgärder inkluderar sätt att förebygga förestående brott, men även instruktioner om att tillämpa en annan dimensioneringsvariant som stämmer med uppmätt beteende. Antal dimensioneringsvarianter ska vara tillräckligt många för att byte av dimensioneringsvariant ska kunna ske när tröskelvärde eller acceptanskriterium överskrids.

En inspektions- och övervakningsplan ska upprättas för att kontrollera dimensioneringsantagandena, med specificerade acceptanskriterier och tröskelvärden för varje dimensioneringssituation.

IEG har utfört ett projekt med avseende på observationsmetoden där mer information finns⁵² och ytterligare arbeten pågår, se även under 4.2.

Observationsmetoden är vanligt förekommande inom många bergtekniska tillämpningar. I Trafikverkets handbok *Projektering av bergkonstruktioner* baseras dimensioneringsstrategin på observationsmetoden tillsammans med övriga metoder.⁵³

Trafikverket anger att bärförmåga ska verifieras enligt Eurokod men att för det bärande huvudsystemet i en bergtunnel får andra metoder dock användas (se krav K44024). Trafikverket anger också att dimensionering och verifiering av bärförmågan för bärande huvudsystem i bergtunnel ska utföras enligt de anvisningar, riktlinjer och rekommendationer som anges i *Projektering av bergkonstruktioner*, Trafikverkets Publikation 2019:062 (se krav K70139). I krav K44215 framgår att en bergmassa med bergförstärkning ska vid verifieringen av det bärande huvudsystemets bärförmåga betraktas som en sammanhållen enhet.⁵⁴

⁵² IEG Arbetsrapport 2023:2. *Observationsmetoden Projekt A2:6*. (2023).

⁵³ Trafikverket. *Projektering av bergkonstruktioner. Kapitel 5 DIMENSIONERINGSSTRATEGI*. Publikationsnummer: 2019:062. (2019).

⁵⁴ Trafikverket. *Krav TRVINFRA-00233 tunnelbyggnad*. (2021).

5.2.5 Implementering av design

Implementering av design, EN 1997–1:2024, kapitel 10, handlar om att säkerställa ett lämpligt utförande av designen i enlighet med de förfaranden som anges i projektdokumentationen, inklusive:

- Uppföljning
För att kontrollera att konstruktionen utförs i enlighet med designen och att det finns en säker arbetsmiljö.
- Inspektion
För att kontrollera att produkternas kvalitet och dimensioner är godtagbara, till exempel att den påträffade marken överensstämmer med antagandena i geomodellen och den geotekniska verifieringsmodellen.
- Övervakning
Att mäta konstruktionens beteende i förhållande till de ursprungliga antagandena (deformationer, förskjutningar och direkt miljöpåverkan).
- Underhåll
Specificerar aktiviteter för att upprätthålla brukbarheten och tillförlitligheten under konstruktionens dimensionerande livslängd.
- Tillämpning av observationsmetoden
När observationsmetoden används för att verifiera gränstillstånd ska åtgärdsplanen hantera förutsebara markbeteenden och samverkan mellan mark och konstruktion och innehålla lämpliga åtgärder för varje designvariant. Åtgärdsplanen ska aktiveras om tröskelvärden eller acceptanskriterier för den nuvarande designvarianten överskrids.

Eurokod introducerar här två typer av observationer, beroende på vad som observeras (inspektion med acceptanskriterier) eller mäts (övervakning med gränsvärden, t.ex. tillåten deformation i ett bruksgränskriterium).

Ett exempel på observation med inspektion är en bergslänt där det potentiellt kan finnas en uthållig spricka med en ogynnsam riktning. Innan bergschakt råder det osäkerhet om en sådan spricka finns eller inte (troligtvis inte).

Observationsmetoden bedöms vara ett bra val för att undvika överförstärkning. Två designvarianter tas fram med hjälp av beräkningar, en med en spricka med ogynnsam riktning och en utan spricka. En plan för observation för inspektion av marken under byggskedet tas fram och acceptanskriterier fastställs (om spricka finns, använd design 1, om spricka inte finns, använd design 2).

Implementering av design är tillämpligt för bergkonstruktioner och det skiljer sig inte åt med avseende på vad som är brukligt. Implementering av design är centralt vid användande av observationsmetoden som ofta tillämpas för bergkonstruktioner.

5.2.6 Dokumentering

Dokumentation enligt EN 1997-1, 2024, kapitel 12 säger att de geotekniska aspekterna av projektering och utförande skall rapporteras och vara tillräckligt detaljerade för att möjliggöra en oberoende teknisk granskning.

- Marktekniks undersökningsrapport (MUR) (Ground investigation report [GIR])

Resultat av markundersökningar, inklusive härledda värden och tillståndsbegränsningar.

- Geoteknisk verifieringsrapport (Geotechnical design report [GDR])

Dokumentation av verifierings- och designprocessen, inklusive geoteknisk verifieringsmodell (GVM) och hur representativa värden fastställdes, samt genomförandeplanerna.

- Relationshandlingar (Geotechnical construction record [GCR])

Dokumentation av konstruktionen av den slutliga geotekniska konstruktionen.

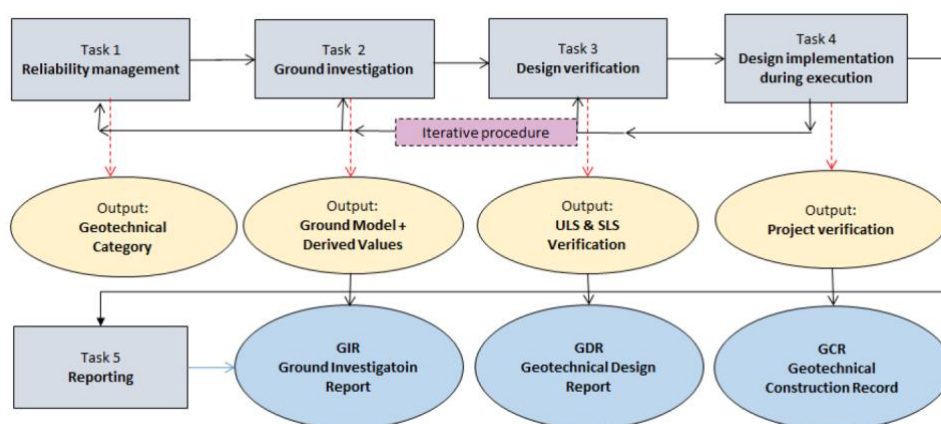
- Geoteknisk provningsrapport

Resultat av provning om sådan utförts.

Dokumentation enligt Eurokod är tillämpligt för bergkonstruktioner och det skiljer sig inte åt med avseende på vad som är brukligt.

5.2.7 Designprocess

På Europeanivå har man tagit fram en designprocess för projektören, se Figur 5-8. Från hantering av tillförlitlighet, markundersökningar, verifiering av geokonstruktionen, implementering av designen och slutligen rapportering samt den output som kommer från de olika stegen och den dokumentation som ska tas fram. IEG har en mer detaljerad figur i de tillämpningsdokument som tas fram i Sverige.



Figur 5-8 Övergripande designprocess för projektören.

5.3 EN 1997-2 EUROKOD 7: GEOTECHNICAL DESIGN – PART 2: GROUND PROPERTIES

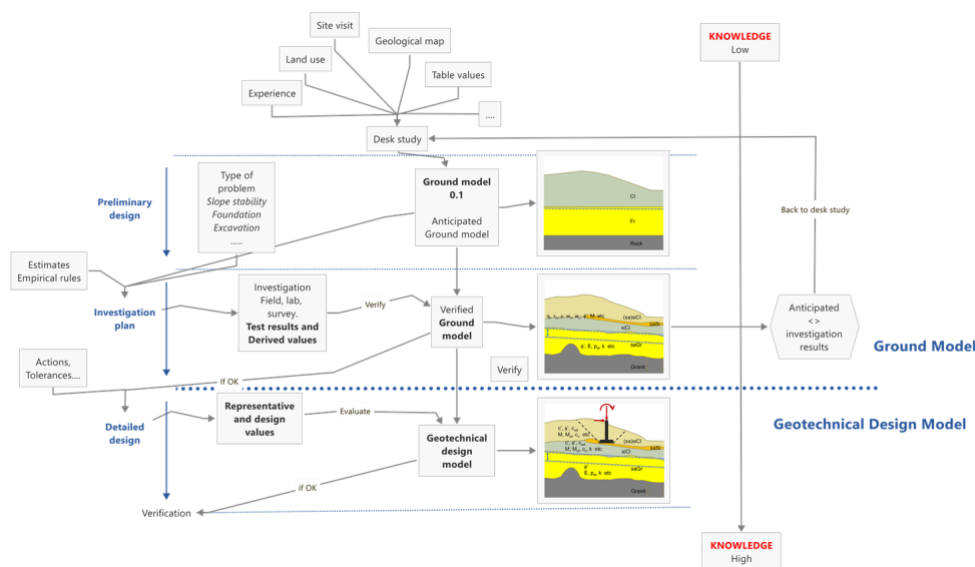
5.3.1 Geomodell (Ground modell)

En geomodell ska tas fram som ska inkludera:

- Information om geologiska, hydrogeologiska och geotekniska förhållanden för området, baserat på de marktekniska förhållandena. Ur ett bergtekniskt perspektiv ska den till exempel innehålla potentiell förekomst av bergöveryta, geometriska och geotekniska egenskaper för diskontinuiteter och vittrade zoner.
- Information om variation och osäkerhet i de geologiska, hydrogeologiska och geotekniska förhållandena.
- Detaljeringsnivå och utbredning beroende på geoteknisk kategori och påverkansområde.
- Uppdateringar när ny information erhålls.
- Referenser till härledda värden för de geologiska formationer som identifierats.
- Dokumentation i markteknisk undersökningsrapport (MUR) eller i den geotekniska dimensioneringsrapporten.

I IEG:s projekt för geomodell finns en tydlig beskrivning av den motsvarighet till geomodell som vi arbetar med i Sverige, ingenjörsgelogisk modell. Arbetet kvarstår enligt projektet för att skapa praxis för uppdelning mellan modell med härledda värden (utvärderade), geomodell och den geotekniska verifieringsmodellen, där de huvudsakliga tolkningarna av underlaget inkluderas. Vidare behöver terminologi i geomodellen och den efterföljande geotekniska verifieringsmodellen, samt hur osäkerheter ska hanteras, ses över. Hur modellerna ska se ut ur ett juridiskt perspektiv behöver även belysas djupare.⁵⁵

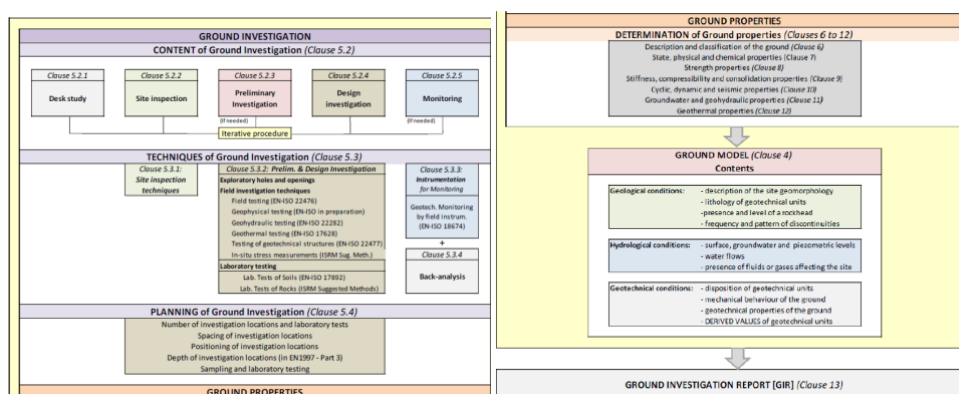
⁵⁵ IEG Arbetsrapport 2021:7. *Ground model, en förstudie*. (2021).



Figur 5-9: Schematiskt flödesschema visande geomodell samt efterföljande geoteknisk verifieringsmodell.⁵⁶

5.3.2 Marktekniska undersökningar och materialegenskaper

I Figur 5-10 finns en översiktlig processbild från markundersökningar, framtagande av markegenskaper, geomodell och markteknisk undersökningsrapport. I kapitel 3.1 finns en lista ur ett bergperspektiv på vilka delar som införts i Eurokod för intakt berg, bergmassor och diskontinuiteter. Om partialkoefficientmetoden används finns partialkoefficienter för framtagande av dimensionerande värden för berg om materialfaktormetoden används, se Figur 5-11. Tabellen är en NDP vilket innebär att man i ett nationellt annex kan göra vissa justeringar.



Figur 5-10 En översiktlig processbild från markundersökningar (ground investigations), framtagande av materialegenskaper (ground properties), geomodell (ground modell) och markteknisk undersökningsrapport (Ground investigation report [GIR]).⁵⁷

⁵⁶ H. Garin, M. Baldwin, P. Reiffsteck, K-J. van der Made, R. Wudke. 'Eurocode 7 – Second Generation - Ground Model', Geotechnical Engineering Challenges to Meet Current and Emerging Needs of Society, pp. 1636-1639, CRC Press, London, (2024).

⁵⁷ NEN. 9th ERTIC10 Webinar on the Second Generation of Eurocode 7 Rock Engineering. José Estaire, presentation Rock Engineering in EN 1997.2: Ground properties. (2024).

Ground property	Symbol	M1 ^a	M2 ^a
Rock material and rock mass^f			
Shear strength (τ)	γ_{tr}	1,0	1,25 k_M
Unconfined compressive strength (q_u)	γ_{qu}	1,0	1,4 k_M
Rock discontinuities			
Shear strength*	γ_{dis}	1,0	1,25 k_M
Coefficient of residual friction ($\tan \phi'_{dis}$)	$\gamma_{\tan \phi'_{dis,r}}$	1,0	1,1 k_M
Interface			
Coefficient of ground/structure interface friction ($\tan \delta$)	$\gamma_{\tan \delta}$	1,0	1,25 k_M
^f Values of partial factors shown for soil and fill can be used for weak, highly fractures rock masses, in cases when soil mechanics concepts are found to apply.			

Figur 5-11: Utdrag ur Tabell 4.8 i EN 1997-1:2024. Tabellen är en NDP vilket innebär att man i ett nationellt annex kan göra vissa justeringar.

5.4 EN 1997-3 EUROKOD 7: GEOTECHNICAL DESIGN – PART 3: GEOTECHNICAL STRUCTURES

För berganläggningar kommer de geotekniska konstruktionsdelarna bergslänter, grundläggning av platta på berg, bergförstärkning av bergslänter med bergbultar och ankarbultar samt ytförstärkning och grundvattenkontroll att ingå i den 2:a generationen av Eurokod.

Här pågår eller kvarstår arbeten på nationell nivå för de olika metoderna för verifiering. T.ex. återstår arbeten med att kalibrera partialkoefficienter för nationellt valda parametrar. Det pågår även arbete för att definiera hävdvunna metoder som IEG rekommenderar. I de specifika tillämpningsdokumenten för respektive konstruktion är ambitionen att vanligt förekommande beräkningsmodeller ska beskrivas, inklusive vilka antaganden och förutsättningar som gäller.

6 Undermarkskonstruktioner och Eurokod

Undermarkskonstruktioner ingår inte i kommande Eurokod 7. Arbetet pågår på Europeanivå där man konstaterat att EN 1997-1 och EN 1997-2 är tillämpliga men i behov av ändringar och tillägg. Planen är att ta fram en EN 1997 del 4 för undermarkskonstruktioner.

För undermarkskonstruktioner i berg har ett första projekt utförts inom IEG med syftet att studera hur en struktur för Eurokod för undermarksbyggande i berg skulle kunna se ut⁵⁸. Arbetet ska visa vilka delar i den nuvarande Eurokod 7 som kan tillämpas utan större ändringar. Projektet syftar också till att visa vilka avsnitt i en sådan Eurokod som behöver studeras vidare och eventuellt korrigeras för att kunna få en Eurokod som är tillämpbar i svenska bergförhållanden och som överensstämmer med dagens branschpraxis.

De principiellt viktigaste frågeställningarna att beakta i ett eventuellt framtida arbete med att ta fram en Eurokod för undermarksbyggande som framkom i IEG-projektet bedömdes vara följande:

- Hur ska "Undermarksbyggande i berg" förhålla sig till verifieringen av konstruktionselement? Ska exempelvis förstärkningselement för undermarksbyggande (bergbultar, nät, sprutbetong) hanteras genom tillämpning av kapitel 11 Rock bolts and rock surface support i EN 1997-3, trots att det kapitlet ursprungligen skrivits för släntförstärkning? Alternativt skrivs nya parallella avsnitt i del 4 för hur dessa förstärkningselements design ska verifieras vid undermarksbyggande.
- Verifiering av grundvattenkontrollåtgärder (kapitel 13 Ground water control measures i EN 1997-3) bedöms som relevant att utveckla för dimensionering av injektering i tunnlar. En principiell fråga även i detta fall är om tätning av bergtunnlar ska bli ett underkapitel i del 4 eller om kap 13 Ground water Control measures i EN 1997-3 ska utökas/anpassas till bergtunnlar.
- En svår men nödvändig fråga att lösa är hur *in situ* laster (bergspänningar) hanteras för undermarkskonstruktioner i berg. Att hantera bergspänningar på det sätt som tillämpas inom Eurokod anses inte lämpligt utan bör studeras vidare innan det kan appliceras i en framtida kod för undermarksbyggande. Beskrivning av problemet med *in situ* laster (bergspänningar) och möjligheten att kunna skilja på last eller lasteffekt och bärförmåga utvecklas väl i IEG-rapporten. I det europeiska arbetet inom JRC rekommenderas det att koden kompletteras med vägledning för att hantera spänningsförändringar, temperaturförhållande i bergmassan samt tillkommande laster/påverkan under drivning.⁵⁹

⁵⁸ IEG Arbetsrapport, ej publicerad (2024). *Kodens struktur – Undermarksbyggande i berg*. Projekt B4:1.

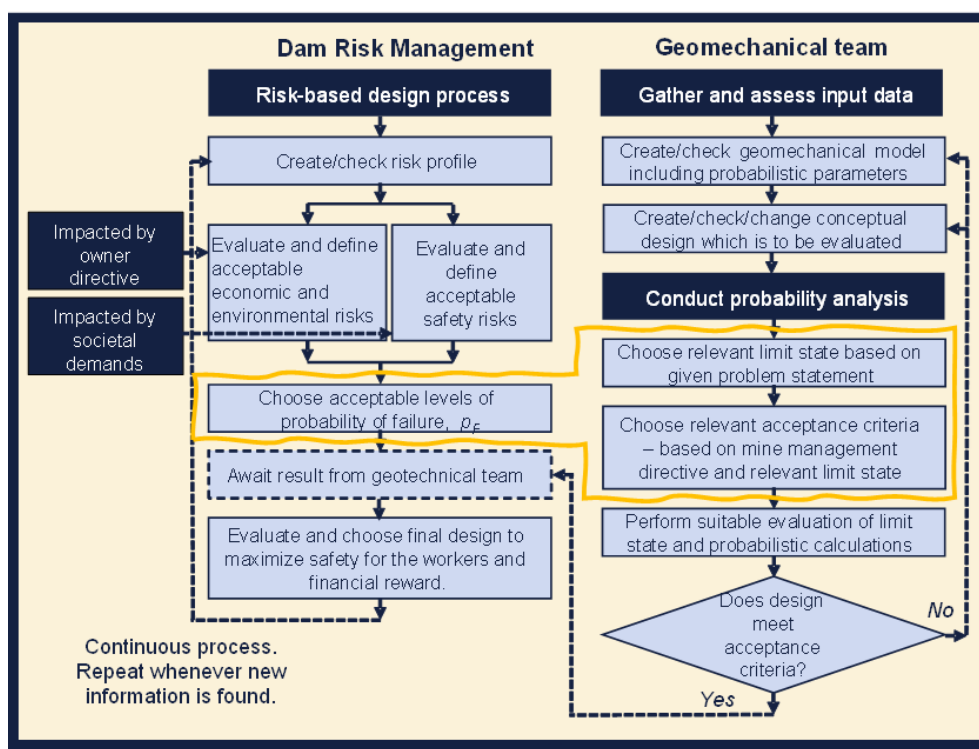
⁵⁹ A. Athanasopoulou, W. Bogusz, D. Boldini, M. Brandtner, R. Brierley, S. Dimova, G. Franzen, H. Ganz, U. Grunicke, N. Malakatas, A. Pecker, K. Roessler, A. Scotti, A. Van Seters, M.L. Sousa. *Prospects for designing tunnels and other underground structures in the context of Eurocodes*. A. Athanasopoulou, S.

- Fundamentala Eurokodkoncept som brottgränstillstånd och bruksgränstillstånd låter sig inte självklart enkelt definieras inom undermarksbyggande. Gränsdragningsproblematik uppstår, särskilt om man använder partialkoefficientsmetoden. Det är samverkanskonstruktioner mellan berg, stål och sprutbetong som är verifieringsfall som Eurokod i sin nuvarande form har svårt att hantera. De konstruktioner där bergmassan endast utgör en last klassas in som stål- och betongkonstruktioner och hanteras enligt nuvarande praxis av Eurokod redan idag. I andra teknikområden används olika partialkoefficienter för olika brottgränstillstånd vid olika brottmekanismer. Brott eller deformation i olika tekniska konstruktionselement, som t.ex. bergbult och sprutbetong, beror på det ingående materialets hållfasthet, styvhet eller på konstruktionens styvhet. Dessa materials brottgränstillstånd bedöms fungera bättre att verifiera med partialkoefficienter. Detta är tänkt att studeras närmare i det planerade IEG-projektet bergslänter som nämns i 5.4.
- Bestämningen av representativt värde är svårare inom undermarksbyggande pga. en mindre mängd undersökningar än i ovanmarksbyggande. Om partialkoefficientmetoden ska införas behöver förtydliganden göras av hur man ska se på detta.
- Observationsmetoden är central för undermarksbyggande. Utredningar pågår inom IEG kring en vägledning om observationsmetoden där generella principer för tillämpning på bergtunnlar avses ingå. Generellt sett kan sägas att observationsmetodens tillämpning på bergbyggande är tydligare än för jord.

7 Tillämpning av 2:a generationens Eurokod på vattenkraftens berganläggningar

7.1 TILLÄMPBARHET AV EUROKOD MED HÄNSYN TILL RISKBEDÖMNING OCH ACCEPTANSNIVÅER FÖR SÄKERHET

2:a generationen av Eurokod har, jämfört med första generationen, ett större inslag av riskbedömning, synliggörandet av osäkerheter och möjligheten att använda sannolikhetsbaserad dimensionering. För att Eurokod ska kunna vara tillämpbar på vattenkraftens berganläggningar så måste erforderlig säkerhetsnivå enligt Eurokod ligga i linje med och vara accepterad av vattenkraftens anläggningsägare. I en riskbaserad dimensioneringsprocess kan flödet likna processen beskriven i Figur 7-1. Erforderlig säkerhetsnivå utvärderas och definieras av dammsäkerhetsansvarig/dammägare och styrs i grunden av samhällets krav på acceptabla risker. Vidare för beslut kring acceptabel nivå på sannolikheten för brott så styr även de ekonomiska, sociala och miljökonsekvenspåverkande riskerna. Acceptansnivån för brottsannolikheten (p_f) styr sedan val av relevanta gränstillstånd och acceptanskriterier för de som dimensionerar och utformar anläggningen.



Figur 7-1: Exemplifiering av roller och steg vid risk-baserad dimensionering för en damm (Modifierad från ⁶⁰).

⁶⁰ C. Edelbro, J. Hellberg & J. Spross. *Mining applications for probabilistic design*. GEO-RISK 2023: Developments in Reliability, Risk, and Resilience/ [ed] Najjar, S Medina-Cetina, Z Ching, J, American Society of Civil Engineers (ASCE). 346 (2023): s. 93-101.

Konsekvensklasserna som beskrivits enligt kapitel 5.2.2 och som beskrivs mer i detalj för berg i kapitel 7.3 kan användas för att justera/modifiera brottsannolikheten och tillåten brottsannolikhet (β). I en sannolikhetsbaserad analys behövs en tolerabel brottsannolikhet $P_{f, target}$ eller ett minsta tillåtna β -värde, så kallat β_{target} ⁶¹. En hög brottsannolikhet ger ett lågt β -värde och tvärtom, se Figur 7-2.

Table C.2 — Relation between P_f and β

P_f	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷
$\beta = -\Phi^{-1}(P_f)$	1,28	2,33	3,09	3,72	4,26	4,75	5,20

Figur 7-2: Relationen mellan P_f och β -värdet (EN 1990:2023)

I 2:a generationens Eurokod finns β_{target} för strukturella komponenter fastställda för olika konsekvensklasser enligt Figur 7-3. I Energiforsks rapport 2016:219⁶² som berör stabilitetsanalyser för betongdammar så rekommenderas att β_{target} differentieras med utgångspunkt från olika dammsäkerhetsklasser enligt Tabell 7-1 (referensperiod 1 år). Säkerhetsindex för dammar sätts i sådana fall enligt (EKS), med en högre nivå för dammarna med högst dammsäkerhetsklass.

Table C.3 (NDP) — Target values for reliability index β for different consequence classes (for persistent and transient (fundamental) and fatigue design situations in ULS) relevant to structures in the scope of Clauses A.1 and A.2

Consequence class ^a	1-year reference period β	50-year reference period	
		β	$P_{f,50}$
CC3	5,2	4,3	$\sim 10^{-5}$
CC2	4,7	3,8	$\sim 10^{-4}$
CC1	4,2	3,3	$\sim 10^{-3}$

^a Regarding CC0 and CC4, see also 4.3(2) and 4.3(3).

Figur 7-3: Fastställda β_{target} för olika konsekvensklasser (SS-EN 1990:2023)

Tabell 7-1: Rekommenderade brottgränstillstånd för olika dammsäkerhetsklasser (Modifierad från Westerberg Wilde & Johansson, 2016).⁶²

Dammsäkerhetsklass	Brottgränstillstånd (glidning och stjälpning), β_{target}	Brottsannolikhet (p_f)
A	5,2	10^{-7}
B	4,8	10^{-6}
C	4,3	10^{-5}

⁶¹ F. Johansson, W. Bjureland & J. Spross. *Application of reliability-based design methods to underground excavation in rock*. (BeFo Rapport 155. (2016).

⁶² M. Westberg Wilde, F. Johansson. *Sannolikhetsbaserad bedömning av betongdammars stabilitet*. Rapport 2016:291. Energiforsk. (2019). ISBN 978-91-7673-291-5.

7.2 PÅVERKANSOMRÅDE

För konstruktioner ovan mark och undermarkskonstruktioner bedöms påverkansområde vara tillämplbart enligt Eurokod. Inom IEG pågår ett projekt där påverkansområde kommer att definieras.

De initiala diskussionerna inom IEG är att definitionen av påverkansområde är det område där det finns en betydande negativ konsekvens från den geotekniska konstruktionen samt att påverkansområdet kan ha olika stor utbredning beroende på vilken frågeställning som avses.

7.3 GEOTEKNISK KATEGORI

7.3.1 Arbete på Europanivå

På Europanivå har arbeten utförts för att bedöma tillämpligheten av EN 1997 för tunnlar och andra underjordiska konstruktioner. Här ges olika förslag på hur konsekvensklasser för tunnlar skulle kunna se ut, se Figur 7-4 - Figur 7-5. Det finns även förslag på att länka geoteknisk komplexitetsklass till *Tunneling Class* (TC) vilket är ett begrepp vi inte använder i Sverige men förslag på förhållanden som ska föranleda GCC2 är risk för utfall av bergblock (diskontinuerlig bergmassa med tillräcklig bergtäckning) och RMR 75-50, medan GCC1 är stabila markförhållanden (massiv, diskontinuerlig bergmassa med tillräcklig bergtäckning), RMR > 75 och försumbara markdeformationer. Svårare markförhållanden tillhör GCC3, se Figur 7-6.⁶³

Här saknas flera aspekter i tabellen för GCC som ska tas hänsyn till baserat på utvärderingen av allvarlighetsgraden för designsituationen för dessa allmänna egenskaper. Här finns svällande mark med i GCC3 där man kan tänka sig i en svensk kontext att svaghetszoner med en viss bredd på svällande lera och en viss nivå på svälltryck är förutsättningar som vi är vana att hantera och som borde kunna hanteras inom GCC2 och gränsen för att RMR < 50 ska tillhöra GCC3 behöver ses över om den ska passa för svenska förhållanden.

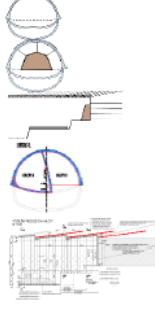
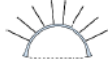
Consequence class (CC)	Impact on public.
CC2	Full impact on public. Urban environment. Structures inside the influence zone.
CC1	Potential impact. Urban environment. Structures outside the influence zone.
CC0	No impact. No structures in vicinity. "Green field" or tunnel within closed boundaries.

Figur 7-4 Förslag 1 för konsekvensklass.

⁶³ JRC Tunnelling. *Assessment of applicability of EN 1997 for tunnels and other underground structures*. Report number TC250/SC7. (2022).

Consequence Class	Description of consequence	Example (informal description)
CC4	Catastrophic	Grand "one-of-a-kind" projects that push boundaries of technical innovation
CC3b	Higher (upper risk group)	When an increased level of reliability is required, when specified by relevant authority, etc. - e.g. critical infrastructure
CC3a	Higher (lower risk group)	Tunnels for or under main railway lines and major roads; tunnels in highly urbanized areas and with many structures within the influence zone
CC2	Normal	Tunnels not in other CCs
CC1	Low	Small length and diameter or low risk utility tunnels
CC0	Negligible	Not applicable for tunnels

Figur 7-5 Förslag 2 för konsekvensklass.

Geotechnical complexity class (GCC)	Tunneling class (TC)	Ground behavior (GB)
GCC3	5, 6, 7, 8 Sequential excavation. Face support. Shotcrete reinforced arch. Tunnel invert closure. 	Soft ground (Edef<50 MPa, tunnel walls deformation). Soil-like behavior (Weak rock, soils, shear failures). Flowing ground (with underground water). Raveling, pouring ground (cohesionless ground). Rupture of low rock cover (weak rock in low overburden). Any failure cases summarized in Fig.? Squeezing ground (weak rock in high overburden). Swelling ground (sensitive to moisture). Rock bursting (hard rock in high overburden)
GCC2	3,4, Shotcrete arch. 	Rock blocks fall-out (Discontinuous rock, sufficient rock cover). RMR 75 – 50.
GCC1	1,2 Irregular bolted shotcrete. 	Stable ground (massive, discontinuous rock, sufficient rock cover). RMR > 75. Negligible ground deformations.

Figur 7-6 Förslag för att länka geoteknisk komplexitetsklass till Tunneling Class (TC).

Geoteknisk kategori – övriga inspel

Ett annat förslag ges av H. Stille och A. Palmström, se Figur 7-7.⁶⁴ Här föreslås även en indelning för den temporära och den permanenta konstruktionen. Den här artikeln togs fram som ett inspel till utformningen av geoteknisk kategori i den 2:a generationen av Eurokod och detaljer kan därför skilja sig från beslutad version. Här föreslås till exempel att enkla vattentunnlar kan ges CC1 och mer

⁶⁴ H. Stille & A. Palmström. Practical use of the concept of geotechnical categories in rock engineering. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 79 (2018): s. 1-11.

komplexierade vattentunnlar ges CC2, men här syftas inte i första hand på vattenkraftens bergkonstruktioner.

AFTER EXCAVATION for permanent works		Geotechnical Category		
Consequences class (CC)	Examples. Typical rock constructions	Ground Quality		
		good	fair	Poor
CC1 Low	- Simple foundations on rock - Simple to moderately high rock cuttings - Mine drifts. Test adits - Simple water tunnels	GC1	GC1 GC2	GC2
CC2 Medium	- Complicated foundations on rock - High to very high rock cuttings - Access tunnels. Complicated water tunnels - Low to medium traffic tunnels - Storage caverns in rock	GC1 GC2	GC2	GC2 GC3
CC3 High	- Caverns with very large span - Unlined pressure tunnels/shafts - Excavations with strict environmental requirements - Heavy traffic tunnels - Underground stations in rock	GC2	GC2 GC3	GC3

Consequences classes (in accordance with EN 1990): CC1: Low consequences for loss of human life, or economic, social or environmental consequences small or negligible CC2: Medium consequences for loss of human life; or economic, social or environmental consequences considerable CC3: High consequences for loss of human life, or economic, social or environmental consequences very high	
Classes of Geological and Ground Uncertainty (before excavation): Low: Clear and simple geology and ground conditions. Ground parameters can be easily found. Experience from construction in similar ground conditions. Medium: Clear geology and ground conditions. Methods exist both to assess ground conditions and for dimensioning. Experience from construction in similar ground conditions can be documented. High: Unclear geology and/or ground conditions with potential for problematic tunnel excavation. There are limited possibilities to assess the ground conditions before excavation starts	
Classes of ground quality (after the ground has been encountered in the tunnel, shaft or cavern): Good: Good or very good ground conditions and stability as documented from tunnel mapping using e.g. classification systems (RMR, Q, RMI, etc.) Fair: Fair ground conditions and stability as found from tunnel mapping and, if found necessary, supported by investigations Poor: Poor or very poor ground conditions and stability as found from tunnel mapping and description supported by investigations and tests	

Figur 7-7: Förslag till indelning av geoteknisk kategori efter bergschakt (för design och installation av permanent bergförstärkning).

7.3.2 IEG Rekommendation tolkning Geoteknisk kategori

I och med den nya Eurokoden förändras egentligen inte vilka underlag och förutsättningar som ska beaktas vid bedömning av en geokonstruktions tillförlitlighet. Genom en ny vokabulär och i ny ordningsföljd tas fortfarande hänsyn till undergrundens beskaffenhet, planerad geokonstruktion och omgivningsförhållanden vid val av geokonstruktionens tillförlitlighet.

I IEG:s arbetsrapport GCC, CC och GC dras slutsatsen att för bergkonstruktioner bedöms val av konsekvensklass (CC) vara tillämplig utan anpassningar. CC3 ska väljas för underjordskonstruktioner där många människor vistas och CC1 ska väljas för underjordskonstruktioner där människor tillfälligt vistas. En vägledning för vad som avses kan tas fram, till exempel tunnelbanestationer och tågstationer under jord, simhallar kan bedömas vara CC3, medan väg- och järnvägstunnlar, underjordsgarage, reningsverk under jord kan bedömas vara CC2.

I IEG:s arbetsrapport B4:4 Kodens struktur – undermarksbyggande konstateras att valet av konsekvensklass (CC) är otydligt. I den workshop som utfördes i det projektet framkom att branschen var oenig om vilka konstruktioner som förekommer inom de olika konsekvensklasserna, CC1-CC4. För att klassificera

tunnlar utanför tätbebyggt område, tunnelbanetunnlar, slutförvar för radioaktivt avfall och använt kärnbränsle, behövs en ny tydligare tabell för CC tas fram.

I IEG:s arbetsrapport GCC, CC och GC dras slutsatsen att för bergkonstruktioner är informativt Annex C i EN1997-1 med en *Guideline on selection of Geotechnical Complexity Class* med allmänna egenskaper för val av GCC inte helt anpassat för bergkonstruktioner, och det leder lätt till att man hamnar i GK3 om det används utan ingenjörsmässighet. Innehållet i den bör ses över och anpassad vägledning liknade det arbete som utfördes för TD Bergtunnel och Bergrum. I kombination med konsekvensklassen bör det leda till att färre områden klassas som GK3 med nya Eurokod. Idag kan det för bergkonstruktioner bli många områden som blir GK3, särskilt i uppdrag där objektspecifika krav för vad som ska klassas som GK3 tagits fram där man ibland tappat kopplingen till om det verkligen finns något i omgivningen som kan ta skada. I IEG:s arbetsrapport B4:4 Kodens struktur – undermarksbyggande konstateras att val av GCC i tabell 4.1 EN 1997-1 är tillämpbart.

7.3.3 Geoteknisk kategori och vattenkraftens berganläggningar

Valet av GC för att uppnå tillfredsställande tillförlitlighet är ett centralt begrepp i Eurokod 7 som påverkar hela projekteringsprocessen för en berganläggning och således kostnaden.

Dammar i Sverige är redan klassificerade enligt *Dammsäkerhetklassificeringen* som är en klassificering enligt miljöbalken. Klassificeringen grundas på underlag avseende de konsekvenser som kan följa av dammhaveri. En damm utan dammsäkerhetsklass som benämns "U" samt kategorin "Ej utredd" enligt Svenska kraftnäts föreskrifter hänförs antingen till dammsäkerhetsklass D eller E enligt RIDAS 2022⁶⁵. Det är inte klarlagt hur kopplingen ser ut mellan konsekvenskasser enligt eurokoderna och dammsäkerhetsklasser enligt Miljöbalken och RIDAS. I ett IEG-projekt om gruvdammar⁶⁶ samt pågående projekt åt Energiföretagen diskuteras förslag som indikerar att dammsäkerhetsklasserna enligt RIDAS kan komma att tolkas som att A troligen innebär CC4 och att dammar i dammsäkerhetsklass D eller E troligen kan ha ett spann mellan CC1 och CC3. Det kan vara så att en damm i dammsäkerhetsklass D (eller E) kan vara vital för anläggningen eller anläggningsägarens goodwill och ur ett dammsäkerhetsperspektiv behöva lyftas med avseende på konsekvensklassen enligt Eurokod (därför ett spann från CC1-CC3 för dammar i dammsäkerhetsklass D eller E).

Haveri hos en enskild konstruktionsdel kan ha lägre konsekvenser än de konsekvenser som gett upphov till dammanläggningens dammsäkerhetsklass. Det betyder att konstruktionsdelen i berg kan ha en lägre konsekvensklass om ett brott i bergkonstruktionen inte påverkar dammanläggningens konsekvensklass. Eftersom valet av konsekvensklass (CC) kan ske per konstruktionsdel om det är uppenbara skillnader för olika konstruktionsdelar kan en vägledning även för

⁶⁵ Energiföretagen. RIDAS 2022. *Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet*. Energiföretagen Sverige. April 2022.

⁶⁶ IEG Arbetsrapport, ej publicerad (2024). *Tillämpning av Eurokod 7, generation 2, på gruvdammar*.

konstruktionsdelar för vattenkraftens berganläggningar tas fram. I litteraturen finns exempel på tidigare uppdelning av anläggningsdelar från 1966 för de konstruktioner som tillhörde Statens Vattenfallsverk (sedan 1992 Vattenfall AB) med beaktande av säkerheten för personal och utrustning^{67,68} där bergutrymmen delas in i tre klasser, A, B och C, med avseende på konstruktion, utförande och underhåll.

Med A-utrymmen avses bergtrum som innehåller, för driftens kontinuerliga upprätthållande, vital utrustning och som är mer eller mindre otillgängliga för underhållsarbeten eftersom avställning härfor skulle bli alltför dyrbar. Utrymmena skall vara så beskaffade, att störningar i driften ej kan inträffa på grund av nedfallande sten eller läckande vatten.

Exempel: Maskinsalar, transformatorsalar, kabelschakt m.fl.

Med B-utrymmen avses bergtrum, som normalt är åtkomliga för ett planmässigt underhåll utan att egentliga avställningskostnader uppstår. De permanenta byggnadstekniska åtgärderna bör vägas mot underhållet, så att lägsta totalkostnad erhålles.

Exempel: Tillfarts- och förbindelsetunnlar, intags- och luckorter, förråds- och verkstadsutrymmen i berg.

Med C-utrymmen avses bergtrum, som endast får beträdas under speciella förhållanden och inte är vitala för driftens kontinuerliga upprätthållande. De byggnadstekniska åtgärderna bör begränsas till vad som erfordras för personsäkerheten under byggnadstiden och av driftbetingade krav. Exempel: Tillopps- och avloppstunnlar, svallgallerier m.fl. vattentunnlar, oljeskepp.

Anläggningar som inspekterats i ett tidigare Energiforskprojekt⁶⁹ har konstaterats följa i stort ovan beskriven förstärkningsfilosofi med högre grad av förstärkningar och åtgärder i områden som maskinsalar och transformatorutrymmen och lägre grad av förstärkningar och åtgärder i utrymmen som är mindre kritiska för driften samt mer tillgängliga. Detta oavsett om anläggningen uppförts på 30-talet eller senare. Här konstateras även att vid ny- eller ombyggnation är det troligt att det går att bygga anläggningar med lägre förstärkningsnivåer avseende ett flertal utrymmen än dagens praxis med fiberförstärkt sprutbetong och systematisk bultning samt att klassificering av utrymmen och förstärkningsnivå kan utföras baserat på indelning av utrymmen i tre olika klasser A-C.

Val av geoteknisk komplexitetsklass (GCC) med nuvarande utformning i Eurokod 7 bör även fungera för vattenkraftens berganläggningar. Om en vägledning för val av konsekvensklass (CC) för vattenkraftens konstruktionsdelar tas fram med ledning av tidigare klassning bör en acceptabel nivå av tillförlitlighet

⁶⁷ J. Martna. *Leriga zoner i Sveriges berggrund*. I Statens geotekniska institut (red.) *Lerzoner i Sveriges Berggrund*. 49 (1972): s. 13–38.

⁶⁸ STATENS VATTENFALLSVERK. *Anvisningar för vissa byggnadstekniska åtgärder avseende bergrums konstruktion, utförande och underhåll med beaktande av säkerheten för personal och utrustning*. PM av den 22.4.1966. DS-57 (1968): p. 1–7.

⁶⁹ Energiforsk. *Kartläggning av bergförstärkningsmetoder i vattenkraftindustrins berganläggningar*. Publikationsnummer 2022:909. (2022).

kunna uppnås vid verifiering och dimensionering i enlighet med Eurokod men det slutliga valet av konsekvensklass är beslut som är upp till respektive dammägare.

7.4 DIMENSIONERANDE LIVSLÄNGD

Vattenkraftens berganläggningar använder inte begreppet dimensionerande livslängd. En historisk överblick över dimensionerande livslängd (anges som teknisk livslängd hos Trafikverket) för Trafikverkets konstruktioner samt koppling till Trafikverkets kravställning genom åren och rekommendationer för vattenkraftens berganläggningar finns i Energiforsk Rapport 2020:668⁷⁰. Här rekommenderas samma tekniska livslängd som Trafikverket använder idag, dvs. 120 år för bärande huvudsystem inklusive i detta ingående inklädnad och undergrund och 80 år för bärande konstruktion som inte ingår i tunnelns bärande huvudsystem. Noteras bör att Trafikverken i TRVINFRA-00233⁷¹ likställer livslängdsklass L 20, L 50 och L 100 i SS-EN 1992-1-1:2005 och SS-EN 1992-2:2005 med avsedd teknisk livslängd lika med 40, 80 respektive 120 år. Samtidigt sägs att krav på teknisk livslängd för tunnel- och bergutrymmen i vattenkraftanläggningar förslagsvis uppdelas med olika livslängdskrav för vattenvägar, driftutrymmen och övriga utrymmen. I Trafikverkets väg- och järnvägstunnlar har till exempel inklädnadssystem som inte ingår i bärande huvudsystem en teknisk livslängd på 40 år och den ska kunna demonteras eller rivas lokalt och återställas så att ursprunglig funktion erhålls vilket säkerställs med ett planerat underhåll. Med inklädnad avser Trafikverket t.ex. vatten- och frostsäkring och tvättbar vägg- och takbeklädnad.

7.5 VERIFIERING AV GRÄNSTILLSTÅND

Det klassiska tillvägagångssättet för att dimensionera bergförstärkning är att basera designen på ingenjörsmässig bedömning, befintliga empiriska designregler (klassificeringsystem) eller beräkning. För många bergtekniska tillämpningar är en observationsmetod att föredra eftersom designen är anpassad till geologin som observeras i tunneln. En kombination av empirisk design och observationsmetod för att verifiera konstruktionen är vanligast inom bergkonstruktion. I mer komplexa designsituationer inkluderar observationsmetoden även mätningar av geotekniskt beteende baserat på ett övervakningsprogram, ofta i kombination med beräkningar.⁷²

Den största anledningen till att verifiering oftast sker med observationsmetoden för undermarkskonstruktioner i berg är att bergmassan både utgör en last och en del av den bärande konstruktionen, vilket komplicerar verifiering av gränstillstånd med partialkoefficientmetoden enligt Eurokod.

⁷⁰ Energiforsk. *Tekniska krav vid dimensionering och utformning av berganläggningar*. Publikationsnummer 2020:668. (2020).

⁷¹ Trafikverket. *Krav TRVINFRA-00233 tunnelbyggnad*. (2021).

⁷² H. Stille & A. Palmström. Practical use of the concept of geotechnical categories in rock engineering. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 79 (2018): s. 1–11.

Observationsmetoden tillämpas genom att verifiera förväntat beteende i undermarkskonstruktionen, inklusive bergmassa och förstärkningselement, vilket sker genom; deformationsmätningar av rörelser i bergmassan, observation av sprickor i sprutbetongen, bomknackning samt genom att verifiera designens förutsättningar med observationer av strukturgeologi och bergkvalitet.

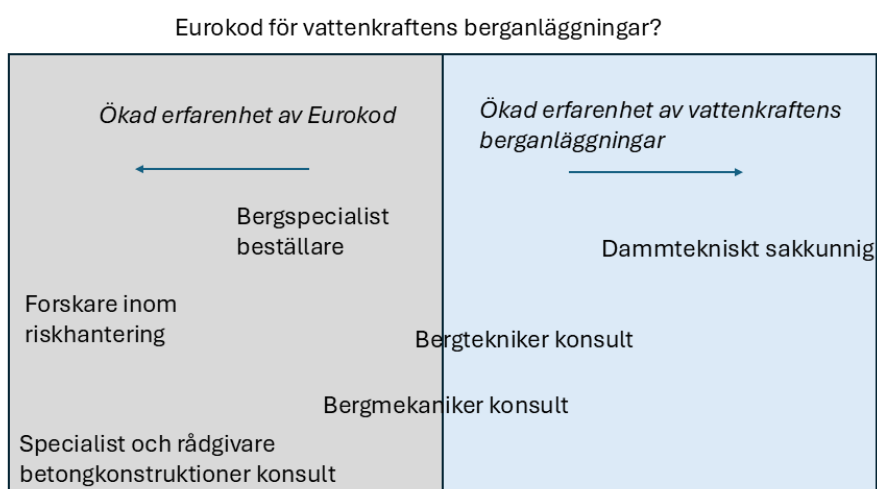
Den gränsdragningsproblematik som uppstår för brott- och bruksgränstillstånd om man använder partialkoefficientsmetoden är svår att hantera för undermarkskonstruktioner. Undermarkskonstruktioner är samverkanskonstruktioner mellan berg, stål och sprutbetong vilket är verifieringsfall som Eurokod i sin nuvarande form inte kan hantera. Övriga metoder i Eurokod är de som tillämpas redan idag inom bergprojektering.

I Trafikverkets handbok *Projektering av bergkonstruktioner*⁷³ som beställare av infrastrukturprojekt ofta hänvisar till anges redan idag hur partialkoefficientmetoden används för de analytiska metoder där det går att skilja på last/lasteffekt och bärförmåga.

⁷³ Trafikverket. *Projektering av bergkonstruktioner. Kapitel 5 DIMENSIONERINGSSTRATEGI*. Publikationsnummer: 2019:062. (2019).

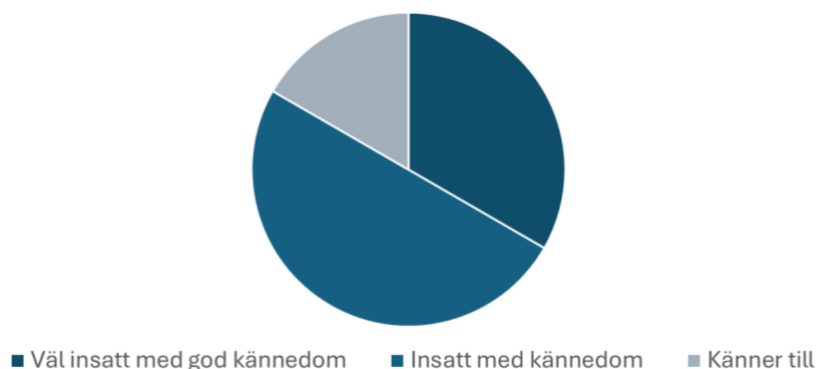
8 Resultat intervjustudie

Som ett komplement till sammanställningen av pågående arbete med 2:a generationens Eurokod utfördes en intervjustudie. Syftet med intervjustudien var att undersöka, identifiera och kartlägga hur deltagarna med erfarenhet från arbete med Eurokod och/eller vattenkraftens berganläggningar hanterar och uppfattar 2:a generationens Eurokod. Studien genomfördes som en kvalitativ intervjustudie med öppen svars möjlighet och frågorna som ställdes finns beskrivna i Bilaga A. Sex personer intervjuades och erfarenhet och roller för de sex respondenterna finns schematiskt presenterat i Figur 8-1.

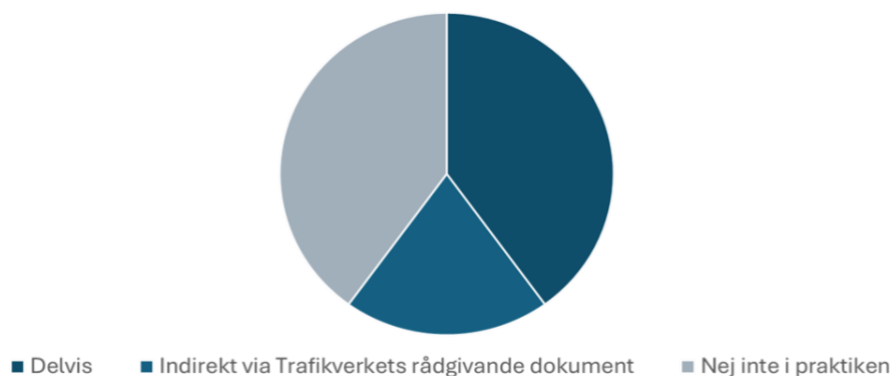


Figur 8-1 Intervjuade personers kompetens och erfarenhet av Eurokod respektive vattenkraftens berganläggningar och däremellan dimensionering av bergkonstruktioner.

Hur väl respondenterna kände till att det skapas en 2:a generationens Eurokod för geokonstruktioner respektive om de har erfarenhet av att tillämpa Eurokod visas i Figur 8-2 och Figur 8-3.



Figur 8-2 Respondenternas svar på frågan hur väl du känner till att det skapas en 2:a generationens Eurokod för geokonstruktioner.



Figur 8-3 Respondenternas svar på frågan har du erfarenhet av att använda Eurokod som ett verktyg i dimensionering.

På frågan beskriv för vilka typer/tillämpningar för geokonstruktioner du använt första generationen av Eurokod 7 svarade respondenterna:

- Partialkoefficienter för släntstabilitetsanalys.
- I ett vattenkraftsprojekt har Eurokod 7 principer tillämpats vid en ny tillfartstunnel och ett nytt galleri. Fokus låg på observationer, typlösningar, kartering och numeriska analyser, även om Eurokod 7 inte uttryckligen nämndes.
- Använder Eurokod 7 nästan uteslutande i infrastrukturprojekt, särskilt inom tunnlar och skärningar.
- Vid block- och kilanalys där det går att särskilja last och bärförmåga i slänter och tunneltak.

Som slutsats kring praxis av tillämpning av Eurokod så använder någon Eurokod direkt i analytiska beräkningar, medan någon följer dess principer utan att explicit referera till standarden. Första generationen av Eurokod 7 verkar därmed direkt eller indirekt tillämpas inom infrastrukturprojekt (tunnlar).

Som en följdfråga baserat på tillämpningen besvarade respondenterna vad de verifierar mot när de projekterar/dimensionerar, Samt hur de visar att de uppfyller kravställningen:

- RIDAS används som regelverk för verifiering, med redovisning av resultat i form av PM.
- Verifiering av last och bärförmåga utfördes enligt EN1990 med partialkoefficienter. Gränsvärden anses vara subjektiva och baseras på modeller snarare än faktiska säkerhetsprinciper.
- Genom att hämta karakteristiska värden från olika källor (labb eller givna värden) och använda partialkoefficienter reduceras hållfastheten till dimensionerade värden. Detta verifieras genom observationsmetoder eller genom att kombinera flera beräkningsmetoder.

Sammanfattningsvis verkar verifieringsprocesserna vara beroende av regelverk som RIDAS eller Eurokod, men det finns en variation i med vilken detaljeringsgrad säkerheten och kravställningen kan kopplas till verifieringsmetoder. Många metoder innebär en kombination av beräkningsmetoder och observationsbaserade tillvägagångssätt.

Baserat på resultaten från intervjuerna finns en enighet om att Eurokod kommer att spela en större roll för berganläggningar i framtiden. Inledningsvis kommer den tillämpas för slänter och i framtiden för undermarkskonstruktioner inom infrastruktur. För slänter anses Eurokod kunna vara utformad som den är idag medan undermarkskonstruktioner kräver ett annat upplägg. Det finns delade uppfattningar om huruvida en europeisk standard för berganläggningar skulle kunna inkludera alla typer av konstruktioner. Sammanfattningsvis tyder svaren på att standardiseringens framgång beror på hur den hanterar befintliga anläggningar och branschspecifika utmaningar. Infrastrukturprojekt och nya tunnlar kan vara mer lämpade för en standard, medan äldre vattenkraftsanläggningar kan ställas inför större hinder vid implementeringen.

Enligt respondenterna finns både tekniska och organisatoriska risker med att införa en standard för berganläggningar. De största riskerna antas vara kopplade till hur standarden implementeras och tillämpas. Om den inte anpassas till lokala förhållanden eller används utan tydlig vägledning kan det leda till överdimensionering och ineffektiva arbetssätt. Dessutom finns en risk att ingenjörskompetensen i branschen urholkas om standarden används på ett sätt som ersätter snarare än kompletterar ingenjörens roll.

Respondenternas svar på frågorna (i) vad skulle det innebära tror du om det kommer finnas ett nationellt tillämpningsdokument för dimensionering av bergkonstruktioner, och (ii) tror du den kommer skilja sig från den europeiska standarden, var:

- Ett nationellt tillämpningsdokument får inte motsäga den europeiska standarden men bör anpassas till svenska bergförhållanden.
- Det vore bra om skillnaderna inte blir för stora, men det är viktigt att standarden fungerar för hela Europa.
- Det lyfts fram att det kan vara mer effektivt att följa välskrivna tillämpningsdokument än att direkt använda Eurokoden.
- Det är onödigt att skapa nationella val och att man i stället bör förhålla sig till Eurokod eftersom den är tillräcklig för de flesta geo- och bergkonstruktioner. Att skapa en egen handbok skulle kunna vara ett misstag.
- Förutser att ett svenskt tillämpningsdokument skulle innebära stora skillnader i hantering av laster och osäkerheter jämfört med den europeiska standarden.

Vissa ser därmed ett behov av specifika svenska riktlinjer för att hantera unika bergförhållanden, medan andra anser att Eurokod i sin nuvarande form redan är tillräcklig.

På frågan: Tror du att vi skulle få en bättre anläggning om vi använde en nationell standard för berganläggningar? Svarade en respondent: *Nej, det är snarare bättre ingenjörer än bättre standarder som gör att man bygger bättre anläggningar. Ett annat svar på frågan var: Finns för- och nackdelar. Funkar generellt bra idag. Svårt att se om det blir mycket bättre anläggningar. Risken med nationella standarder är att allt måste finnas med annars blundar man i vad som bör göras. Kör man allt på Eurokod kommer man överförstärka tunnlar och det kostar mer pengar.*

Respondenterna hade olika uppfattning om vilken byggherre som bör ta ett större ansvar för utvecklingen av en nationell standard. Ansvaret bör ligga på en myndighet (Boverket) snarare än en enskild byggherre. Trafikverket ansågs annars av flera vara den mest lämpliga aktören, eftersom de bygger mest bergkonstruktioner. Men eftersom Trafikverket måste följa sitt regeringsuppdrag och kanske inte kan ta ett nationellt ansvar så nämndes Statens geotekniska institut (SGI) som en möjlig kandidat.

Respondenterna fick innan intervjun information om 2:a generationens Eurokods beskrivning av konsekvensklasser. Vid intervjun ställdes frågan: Om du tänker på vattenkraftens bergkonstruktioner och bedömning av konsekvensklass, i vilken/vilka konsekvensklasser skulle du placera bergkonstruktionerna? Svaren var bland annat enligt:

- Man ska konsekvensklassa frågeställningen som dimensioneringen ska utföras för istället.
- Känns lite tydligare än geotekniska kategorier idag. Det finns ett konsekvensklasssystem av dammanläggning i RIDAS. Det är ett okänt begrepp (geoteknisk kategori) för beställare inom vattenkraft, det kommer hamna på konsulter. Man borde hitta ett annat ord.
- Beror på var i vattenkraftsanläggningen bergkonstruktioner är. Konsekvenser är inte samma, skiljer från ramptunneln till rasande stenar i vattenvägen.

Det finns en enighet om att konsekvensklassificeringen för vattenkraftens bergkonstruktioner behöver vara differentierad och riskbaserad. RIDAS klassificeringssystem används redan och bör anpassas vidare snarare än att en helt ny modell skapas. En stor utmaning ligger i att hitta rätt språk och tillämpning som fungerar för både beställare och konsulter. Klassningen bör anpassas efter specifika förhållanden och inte vara en enhetlig standard för alla anläggningar. Anläggningsägaren, tillsammans med sakkunniga inom geoteknik och bergteknik, bör ha det huvudsakliga ansvaret. Om övergripande riktlinjer saknas från myndigheter, ligger ansvaret på branschen att säkerställa en välgrundad och riskbaserad bedömning. Branschen behöver fundera över val av geotekniska kategorier, samt åtgärds- och kontrollprogram för olika typer av dammar. Det bör finnas tydlig vägledning för att stödja val av geoteknisk kategori och undvika onödiga osäkerheter.

De sista frågorna berörde: När du summerar ihop dina tankar ovan om val av CC och GCC vilken/vilka GC får du för vattenkraftens berganläggningar? Vad är dina tankar om val av GC? De risker och utmaningar som respondenterna lyfte var:

- Överklassificering: Det finns en risk att många projekt placeras i GK3 även när det inte är nödvändigt, vilket kan leda till överdimensionering och ökade kostnader.
- Påverkan av konsultbolag: Större konsultbolag kan potentiellt påverka valet av GC för att sälja mer arbete.
- Generaliserade tabeller: De nuvarande tabellerna är geoteknikbaserade och tar inte tillräcklig hänsyn till bergets specifika egenskaper och bergkonstruktioner.
- Geologiska skillnader: Eftersom geologin varierar stort mellan länder och platser, kan det vara nödvändigt att justera GC-tabellerna för att bättre spegla verkliga förhållanden.

Valet av GC för vattenkraftens berganläggningar bör baseras på en kombination av riskanalys, konsekvensbedömning och anläggningsspecifika faktorer snarare än att strikt följa generella tabeller. Det finns behov av nationella justeringar och vägledning för att säkerställa att klassificeringen blir realistisk och anpassad till svenska bergförhållanden.

Utöver de personer som intervjuats i den kvalitativa intervjustudien så gav två projektörer från Norge inspel baserat på sitt arbete med implementering av Eurokod för berganläggningar. Det enkla svaret är att man inte tittar på att införa Eurokod för vattenkraftens berganläggningar i Norge. *Ja, det er riktig, at det ikke brukes Eurocode i Norge. Norge er dessverre mye mindre analytisk enn andre land når det gjelder design av berganlegg. Det stilles fra myndigheten ikke direkte krav til bruk av Eurocode eller annen type spesifikt regelverk ved dimensjonering, kun at stabiliteten skal bli vurdert og funnet ok. Hvordan dette gjøres er opp til den enkelte konsulenten å gjøre, og myndighetene vurderer kun om fremgangsmåten er ok.*

9 Rekommendationer för vattenkraftens berganläggningar

Baserat på intervjustudie och en beskrivning av dagens praxis inom dimensionering av berganläggningar så används det rådgivande dokumentet *Projektering av bergkonstruktioner* av de flesta byggherrar för tillämpning på undermarkskonstruktioner i berg. Trafikverket tillåter dock vid projektering av väg- och järnvägstunnlar att nuvarande eurokoder används i den mån de är tillämpliga för bergkonstruktioner. En grundläggande fråga är om riskbedömningsperspektivet som används i Eurokod går att tillämpa för Vattenkraftens berganläggningar. Eftersom vattenkraftens acceptansnivå för brottsannolikhet och vad som anges i Eurokod baseras på samma koncept så är svaret att Eurokod går att tillämpas ur ett riskbedömningsperspektiv.

Baserat på resultaten från intervjuerna finns en enighet om att Eurokod kommer att spela en större roll för berganläggningar i framtiden. För slänter anses framtidens Eurokod kunna vara utformad som den 2:a generationens Eurokod som skapas idag medan för undermarkskonstruktioner anses det krävas ett annat upplägg.

Den första generation av Eurokod har, enligt användarna, partialkoefficient-metoden som första val av metod. Vid tillämpning av partialkoefficientmetoden ska det gå att särskilja last och bärförmåga, vilket är svårt för tunnlar och undermarkskonstruktioner. Den 2:a generationens Eurokod öppnar upp för andra metoder (ex. sannolikhetsbaserad dimensionering, hävdvunna metoder, observationsmetod) som vi använder inom berg och det finns därmed ingen begränsning för att enskilt premiera eller välja partialkoefficientmetoden.

Som en del i en framtida riktad dimensioneringsguide för projektering av vattenkraftens berganläggningar kan EN 1997-1 och EN 1997-2 av 2:a generationens Eurokod användas eftersom innehållet är väldigt generellt och kan användas för alla typer av jord och berganläggningar. EN 1997-1 och EN 1997-2 går att använda som guidelines, underlag och checklistor för att vara säkra på att man tagit hänsyn till relevant innehåll vid dimensionering.

Vissa benämningar, metoder och klassificeringar är nya i den 2:a generationens Eurokod jämfört med den 1:a. Exempelvis är benämningen påverkansområde ett nytt begrepp i den 2:a generationen, men eftersom detta koncept i sig inte är något nytt vid dimensionering av berganläggningar så går det enkelt att tillämpa och förstå för vattenkraftens berganläggningar. Andra begrepp är geomodell och geoteknisk verifieringsmodell vilket för berganläggningar i princip inte skiljer sig från hur vi arbetar idag. Geomodellen kan anses representera vår nuvarande ingenjörsgelogiska prognos inom berg tillsammans med markteknisk undersökningsrapport, och geoteknisk verifieringsmodell är våra nuvarande projekterings PM eller dimensioneringsrapporter för jord och berg. Författarna ser positivt på att använda sig av konceptet geomodell eftersom den genererar ett underlag som visar att man tagit hänsyn till alla delar samt hur stora osäkerheter (ex få mätningar) som finns i underlaget.

Baserat på intervjustudien fanns en enighet om att konsekvensklassificeringen för vattenkraftens bergkonstruktioner behöver vara differentierad och riskbaserad. Klassningen bör anpassas efter specifika förhållanden och inte vara en enhetlig standard för alla anläggningar. En stor utmaning tycks ligga i att hitta rätt språk och tillämpning som fungerar för både beställare och konsulter. De risker och utmaningar som respondenterna lyfte berörde (i) klassificerar för konservativt, (ii) påverkan av konsultbolag, (iii) generaliserade tabeller och (iv) geologiska skillnader. Generellt så fungerar konceptet med GC för vattenkraftens berganläggningar men valet av GC bör baseras på en kombination av riskanalys, konsekvensbedömning och anläggningsspecifika faktorer snarare än att strikt följa generella tabeller. Det finns behov av nationella justeringar och vägledning för att säkerställa att klassificeringen blir realistisk och anpassad till svenska bergförhållanden

Om Eurokod ska tillämpas för vattenkraftens berganläggningar behöver dimensionerande livslängd ses över av respektive ägare för olika konstruktionsdelar och utrymmen. Analogin mellan konsekvensklasser (CC) är eventuellt inte direkt. Konstruktioner som är svåråtkomliga skulle kunna ges en lång dimensionerande livslängd med högre krav på beständighet (t.ex. vattentunnlar med behov av förstärkning för att förhindra utfall som kan ge problem eller krävs som del av det bärande huvudsystemet). För närvarande rekommenderas samma dimensionerande livslängd användas som Trafikverket föreslår, eftersom det inte finns någon bättre definierad och förklarad livslängd.

Det finns ingen specifik utvecklad text inom koden som kan användas för berganläggningar under mark. Om Eurokod till fullo ska följas av vattenkraftens berganläggningar i närtid så rekommenderar författarna att på kort tid följa Trafikverkets rekommendationer innan fortsatt utveckling skett på Europa- och Sverigenivå. Det är viktigt att representanter inom vattenkraftens berganläggningar följer det arbete som pågår inom IEG och på Europainivå för att strategiskt och på sikt avgöra om och när eventuella dimensioneringsguider för vattenkraftens berganläggningar i huvudsak ska följa Eurokod.

När de tillämpningsdokument som skrivs för närvarande inom IEG 2.0 finns framtagna (år 2025-2026) kan de nyttjas för att ta fram en egen guideline (rådgivande dimensioneringsdokument) för vattenkraftens berganläggningar. Ett eget rådgivande dimensioneringsdokument bör framställas och ligga i linje med de råd som finns i RIDAS, *Projektering av bergkonstruktioner* och Eurokod.

10 Referenslista

- Alejano, L. R. Beni, A. Bond, A. Ferrero, M. *Rock Engineering design and the evolution of Eurokod 7*. (2013). ISRM International Symposium - EUROCK 2013, International Society for Rock Mechanics, s. 777-782.
- Athanasopoulou, A. Bezuijen, W. Bogusz, D. Bournas, M. Brandtner, A. Breunese, U. Burbaum, S. Dimova, R. Frank, H. Ganz, U. Grunicke, H. Jung, A. Lewandowska, G. Nuijten, A. Pecker, S. Psomas, K. Roessler, A. Sciotti, M.L. Sousa, H. Stille & D. Subrin. *Standardisation needs for the design of underground structures*. (2019). EUR 29633 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-79-99075-5, doi:10.2760/615209, JRC115352.
- Athanasopoulou, A. Bogusz, W., Boldini, D., Brandtner, M., Brierley, R., Dimova, S., Franzen, G., Ganz, H., Grunicke, U., Malakatas, N., Pecker, A., Roessler, K., Scotti, A., Van Seters, A., Sousa, M.L. *Prospects for designing tunnels and other underground structures in the context of Eurocodes*. (2022). A. Athanasopoulou, S. Dimova, G. Franzen, A. Van Seters, A.editor(s), EUR 31265 EN, Publications Office of the Europe Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-58448-3, doi:10.2760/307164, JRC130784.
- Boverket. *EKS Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)*. (2015). In Swedish.
- Edelbro, C., Hellberg, J. & Spross, J. Mining applications for probabilistic design. *GEO-RISK 2023: Developments In Reliability, Risk, And Resilience* / [ed] Najjar, S Medina-Cetina, Z Ching, J, American Society of Civil Engineers (ASCE). 346 (2003): s. 93-101.
- EN 1990. *Eurocode - Basis of structural design*. Ref. No. EN 1990:2002+A1:2005.
- EN 1990. *Eurocode - Basis of structural and geotechnical design*. (2023). Ref. No. EN 1990-1:2023.
- EN 1991. *Eurocode 1: Actions on structures*. (2002). Ref. No. EN 1991-1-1: 2002 (E).
- EN 1992. *Design of concrete structures*. (2004). Ref. No. EN 1992-1-1: 2004 (E).
- EN 1993. *Design of steel structures*. (2005). Ref. No. EN 1993-1-1:2005 (E).
- EN 1994. *Design of composite steel and concrete structures*. Ref. No. EN 1994-1-1:2004 (E).
- EN 1995. *Design of timber structures*. Ref. No. EN 1995-1-1: 2004+A1:2008 (E).
- EN 1996. *Design of masonry structures*. Ref. No. EN 1996-1-1:2005 (E).
- EN 1997 *Eurocode 7: Geotechnical design* Ref. No. EN1997-1:2004, EN 1997-2:2007 (E).
- EN 1998. *Design of structures for earthquake resistance*. Ref. EN 1998:1:2004 (E).
- EN 1999. *Design of aluminium structures*. Ref. EN 1999-1-1:2007+A1:2009 (E).

- Energiforsk. *Kartläggning av bergförstärkningsmetoder i vattenkraftindustrins berganläggningar*. Publikationsnummer 2022:909. (2022).
- Energiforsk. *Tekniska krav vid dimensionering och utformning av berganläggningar*. Publikationsnummer 2020:668. (2020).
- Energiföretagen. RIDAS 2022. Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet. Energiföretagen Sverige. April 2022.
- Estaire, J. Muralha, J. Segalini, A. Johansson, E. Nuijten, G. Heintz, R. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode 7 – Ground properties (EN 1997-2:2024)*. (2023). Geomechanics and Tunnelling: Volume 16, Issue 5. P 510-523.
- European Commission. The Eurocodes at a glance.
<https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/en-eurocodes/about-en-eurocodes>
(Hämtad 2025-03-04).
- FprEN 1997-1. *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules*. (2024). Ref. No. FprEN 1997-1:2024 E.
- FprEN 1997-2. *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground properties*. (2024). Ref. No. FprEN 1997-2:2024 E.
- FprEN 1997-3. *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 3: Geotechnical structures*. (2024). Ref. No. FprEN 1997-3:2024 E.
- Garin, H. Baldwin, M. Reiffsteck, P. van der Made, K-J. Wudke, R. 'Eurocode 7 – Second Generation - Ground Model', *Geotechnical Engineering Challenges to Meet Current and Emerging Needs of Society*, pp. 1636-1639, CRC Press, London, (2024).
- Harrison, J.P. Burbaum, U. Lamas, L. Spross, J. Stille, H. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Perspectives on the evolution to the 2035 third generation of Eurocode*. (2023). Geomechanics and Tunnelling: Volume 16, Issue 5. P 560-572.
- Harrison, J.P. Leandro, A. Bedi, A. Ferrero, M. *Rock Engineering Design and the Evolution of Eurocode 7: The Critical Six Years to 2020*. (2015). Conference: 13th ISRM International Congress of Rock Mechanics, Montréal, Canada.
- IEG Arbetsrapport 2021:7. *Ground model, en förstudie*. (2021).
- IEG Arbetsrapport 2022:1. *GCC, CC, GC Initiell analys*. (2022).
- IEG Arbetsrapport 2023:1. *Omfattning Eurokod*. (2023).
- IEG Arbetsrapport 2023:2. *Observationsmetoden Projekt A2:6*. (2023).
- IEG Arbetsrapport 2023:3. *Hävdvunna regler, Projekt A2.5*. (2023).
- IEG Arbetsrapport 2025:01. *Tillämpning av partialkoefficientmetoden*. (2025).
- IEG Arbetsrapport, ej publicerad (2024). *Tillämpning av Eurokod 7, generation 2, på gruvdammar*.

- IEG Arbetsrapport, ej publicerad (2024). *Kodens struktur – Undermarksbyggande i berg, Projekt B4:1.*
- IEG. *Tillämpningsdokument Allmänt*. Remiss, Förhandskopia 2025-02-11.
- Johansson, F., Breland, W. & Spross, J. *Application of Reliability-based Design Methods to Underground Excavation in Rock*. BeFo Rapport 155. (2016).
- JRC Technical Report. Garin, H. Baldwin, M. Reiffsteck, P, van Der Made, K-J. Wudtke, R. Lamas, L. Virely, C. Polo Lopez, C.S. *Assembling the ground model and the derived values. "Guidelines for the application of the 2nd Generation of Eurokod 7 – Geotechnical design"* Joint Research Centre, (2024) ISSN 1831-9424.
- JRC Technical Report. Prepared by SC7 TG B2. *Design examples using 2nd Generation Eurokod 7*, draft version, SC7 Seminar Paris October 2024.
- JRC Technical Report. *Determination of representative values from derived values for verification of limit states with EN 1997, Guidelines for the application of the 2nd Generation of Eurokod 7 – Geotechnical design*, draft October 2024.
- JRC Technical Report. Prepared by SC TG B1. *Evaluation of Eurokod EN 1997, Testing by next-generation engineers using case studies*, draft version, SC7 Seminar Paris October 2024.
- JRC Technical Report. Bogusz, W. Caplane, C. Hard, D. Idda, K. Ingram, P. Kanty, P. Kushwaha, A. Nayrand, N. Sand, O. Sciarretta, F. Tsitsas, G. Vogt, H. *Implementation of Design during Execution & Service Life, Guidelines for the application of the 2nd Generation of Eurokod 7 – Geotechnical design*, Joint Research Centre, (2024), ISSN 1831-9424
- JRC Technical Report. van Den Eijnden, B. Knuuti, M. Lesny, K. Löfman, M. Mavritsakis, A. Roubos, A. Schweckendiek, T. Sciarretta, F. Ebener, A. Escher, K. Spross, J. Commend, S. Hehenkamp, M. Arnold, P. Wilhelm, S. Ene, A. Rimoldi, P. Pereira, R. *Reliability-based verification of limit states for geotechnical structures, Guidelines for the application of the 2nd Generation of Eurokod 7 – Geotechnical design*, Joint Research Centre, (2024), ISSN 1831-9424.
- JRC Tunnelling. *Assessment of applicability of EN 1997 for tunnels and other underground structures*. Report number TC250/SC7. (2022).
- Lamas, L. Boley, C. Nuijten, G. Burbaum, U. *Revision of the Eurocodes -aspects of geotechnical and rock engineering design*. (2020). Conference: Eurock 2020 – Hard Rock Engineering, Trondheim, Norway.
- Lamas, L. Burbaum, U. Estaire, J. Harrison, J. Nuijten, G. Pereira, R. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode and the basis of structural and geotechnical design (the second generation of EN 1990 and EN 1997)*. (2023). Geomechanics and Tunnelling: Volume 16, Issue 5. P 469-490.

- Lundin, S. Jansson, R. Winberg, D. Bergqvist, E. Jönsson, R. *Brandmotstånd för berggrum och tunnlar – utredning av regelverk och sprutbetongförstärkning*. BeFo Rapport 148. (2016).
- Maca, N. Dietz, K. Stille, H. Virely, D. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode 7 – Geotechnical structures: Anchors, rock bolts soil nails, and groundwater control (EN 1997-3:2024)*. (2023). *Geomechanics and Tunnelling*: Volume 16, Issue 5. P 536-558.
- Martna, J. *Leriga zoner i Sveriges berggrund*. I Statens geotekniska institut (red.) *Lerzoner i Sveriges Berggrund*. Diskussionsmöte anordnat av IVA den 7 oktober 1970. 49 (1972): s. 13–38.
- NEN. *NEN Webinars about the new Eurocodes*. <https://www.nen.nl/replay-our-webinars> (Hämtad 2025-03-04).
- NEN (2024). 9thERTC10 Webinar on the Second Generation of Eurocode 7 Rock Engineering, 24 April 2024, José Estaire, *presentation Rock Engineering in EN 1997.2: Ground properties*.
- STATENS VATTENFALLSVERK. *Anvisningar för vissa byggnadstekniska åtgärder avseende berggrums konstruktion, utförande och underhåll med beaktande av säkerheten för personal och utrustning*. PM av den 22.4.1966. DS-57 (1968): p. 1-7.
- Stille, H. Ashcroft, B. Boley, C. Labiouse, V. Pinto, P. *Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode 7 – Geotechnical structures: slopes, spread foundations and retaining structures (EN 1997-3:2024)*. (2023). *Geomechanics and Tunnelling*: Volume 16, Issue 5. P 524-535.
- Stille, H., & Palmström, A. Practical use of the concept of geotechnical categories in rock engineering. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 79 (2018): s. 1–11.
- Trafikverket. *Typsektion för banan*. Publikationsnummer: 2015:0198. (2015).
- Trafikverket. *Projektering av bergkonstruktioner*. Publikationsnummer: 2019:062. (2019).
- Trafikverket. *Projektering av bergkonstruktioner*. Kapitel 5 DIMENSIONERINGSSTRATEGI. Publikationsnummer: 2019:062. (2019).
- Trafikverket. *Projektering av bergkonstruktioner*. Bilaga 9 Analys med empiriska metoder. Publikationsnummer: 2019:062. (2019).
- Trafikverket. *KRAV med RÅDSTEXT, Tunnel, Tunnelbyggande*. TRVINFRA-00233. Version 1.0 (2021).
- Trafikverket. *KRAV och Krav med RÅDSTEXT, Geokonstruktion, dimensionering och utformning, TRVINFRA-00230, 9.2.1.2.3. Hävdvunnen metod, Version 1.0/2.0, (2022/2023)*.
- Transportstyrelsen. *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder*. TSFS 2018:57: 1 kap. Allmänt, 3§. (2018).

Transportstyrelsen. *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder*. TSFS 2018:57: 38 kap. 6 Allmänna råd och tabell 38.13. (2018).

Umeå Universitet. Oxford - skriva referenslista. (2024).
<https://www.umu.se/bibliotek/soka-skriva-studera/skriva-referenser/oxford-skriva-referenslista/> (Hämtad 2025-03-04).

Walter, H. Labiouse, V. Lamas, L. Nuijten, G. Spross, J. Stille, H. Rock engineering design in tomorrow's geotechnical toolbox: Eurocode 7 – General Rules (EN 1997-1:2024). (2023). *Geomechanics and Tunnelling: Volume 16, Issue 5*. P 491-509.

Westberg Wilde, M. Johansson, J. Sannolikhetsbaserad bedömning av betongdammars stabilitet. Rapport 2016:291. Energiforsk. (2019). ISBN 978-91-7673-291-5.

Workshop. Applicability and application of EUROCODE-7 to rock engineering design. (2014). EUROCK 2014. Vigo, Spain.

Bilaga A: Intervjufrågor

Introduktion

1. Namn, titulering och organisationstillhörighet.
2. Vad är din roll kopplat till standarder och vägledningar för dimensionering av berganläggningar?
3. Hur väl känner du till att det skapas en 2:a generation av Eurokod 7 för geokonstruktioner på Europanivå?
4. Har du erfarenhet av att arbeta med Eurokod som ett verktyg i dimensioneringen för geokonstruktioner?

a. Om Ja på fråga 4

1. Beskriv för vilka typer/tillämpningar för geokonstruktioner du använt Eurokod 7.
2. Hur många årserfarenheter har du av användandet av Eurokod? Ge gärna exempel och reflektera över användandet.
3. Har din organisation använt Eurokod baserat på kontraktskrav i projekt eller någon annan anledning?
4. Har du använt Eurokod för bergkonstruktioner? I så fall vilken typ av tillämpning på berg?
5. Vad verifierar ni mot när ni projekterar/dimensionerar? Hur visar ni att ni uppfyller kravställningen?

b. Om Nej på Fråga 4

1. Vilka nationella standarder eller rådgivande dokument använder du vid dimensionering av bergkonstruktioner?

2. 2:A GENERATIONEN AV EUROKOD

2. Hur avser din organisation att arbeta med den 2:a generationens Eurokod?
3. Tror du eller din organisation att Eurokod framöver kommer finnas för berganläggningar? Utveckla gärna ditt svar.
4. Vad skulle det innebära tror du om det kommer finnas en Europeisk standard för dimensionering av bergkonstruktioner?

- a. Inkluderar det alla typer av berganläggningar och konstruktioner?
 - b. Ser du några risker med att använda en kod/standard för berganläggningar?
5. Vad skulle det innebära tror du om det kommer finnas ett nationellt tillämpningsdokument för dimensionering av bergkonstruktioner? Tror du den kommer skilja sig från den europeiska standarden.
 6. Tror du att vi skulle få en bättre anläggning om vi använde en nationell standard för berganläggningar? Utveckla gärna hur och på vilket sätt.
 7. Bör någon byggherre i Sverige ta ett större ansvar för utvecklingen av en nationell standard/tillämpningsdokument?
 8. Har du kännedom om det arbete som utförs på Europainivå och som är kopplat till bergkonstruktioner och undermarksanläggningar såsom tunnlar?

3. 2:A GENERATIONEN AV EUROKOD OCH GEOTEKNIK KATEGORI

För geotekniska konstruktioner införs Geotekniska Komplexitetsklasser (GCC - Geotechnical Complexity Classes) som används tillsammans med Konsekvensklassen (CC - Consequence Class) för att ge den Geotekniska kategorin (GC). Se figurer längre ner. Tanken är att projekteringen och dess åtgärder ska reflektera risknivån för den aktuella konstruktionen. I den sista figuren finns en lista på åtgärder som är avgörande för att säkerställa en lämplig nivå av tillförlitlighet.

1. Om du tänker på vattenkraftens bergkonstruktioner och bedömning av konsekvensklass. I vilken/vilka konsekvensklasser skulle du placera bergkonstruktionerna?
2. Vem bör ange vilken konsekvensklass som ska gälla anser du eller kan de vara olika i olika situationer?
3. Om du tänker på vattenkraftens bergkonstruktioner och bedömning av geoteknisk komplexitetsklass. Ser du några problem med att välja geotekniska komplexitetsklass?
4. Tabellen för den geotekniska kategorin är en NDP vilket innebär att man i ett nationellt annex kan göra vissa justeringar. När du summerar ihop dina tankar ovan om val av CC och GCC vilken/vilka GC får du för vattenkraftens berganläggningar? Vad är dina tankar om val av GC?

TILLÄMPNING AV ANDRA GENERATIONENS EUROKOD 7 PÅ VATTENKRAFTENS BERGANLÄGGNINGAR

Vilken betydelse skulle ett eventuellt införande av Eurokod innebära för vattenkraftens berganläggningar?

För att svara på frågan har status på den implementering av dimensioneringsstandarder (Eurokod) som genomförs kartlagts och med specifik vinkling mot berganläggningar. Baserat på resultaten från genomförda intervjuer finns en enighet om att Eurokod kommer att spela en större roll för berganläggningar i framtiden. EN 1997-1 och EN 1997-2 av 2:a generationens Eurokod går att tillämpa på Vattenkraftens berganläggningar (med viss modifiering) eftersom innehållet är väldigt generellt och kan användas för alla typer av jord och berganläggningar. Fortfarande kan en stor utmaning vara att hitta rätt språk och tillämpning som fungerar för både beställare och konsulter. Undermarkskonstruktioner i berg ingår inte i 2:a generationens Eurokod 7. När de nationella tillämpningsdokumenten finns framtagna (år 2026) kan de nyttjas tillsammans med RIDAS, Trafikverkets Projektering av bergkonstruktioner och Eurokod för att ta fram ett eget rådgivande dimensioneringsdokument för Vattenkraftens berganläggningar.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.