

Prosjektering etter N500, konsulentens tanker – og felles diskusjon

Øyvind Dammyr



Først tenkte jeg å sy sammen noen (løse) tråder.....

Eurokode 0 NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (EC0)

Tabell NA.A1(901) – Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse ²⁾ (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Dammer			x	(x)
Marine konstruksjoner for petroleumsindustrien			x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller ¹⁾		(x)	x	(x)
Veg- og jernbanebruer			x	
Byggverk med store ansamlinger av mennesker (tribuner, kinosaler, sportshaller, kjøpesentre, forsamlingslokaler, osv.)		(x)	x	
Kai- og havneanlegg		x	(x)	
Tårn, master, skorsteiner, siloer		x	(x)	
Industrianlegg		x	(x)	
Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.		x	(x)	
Oppdrettsanlegg		x	(x)	
Landbruksbygg	(x)	x		
Feste av kledninger, takteking og lignende komponenter	x	(x)		
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold ¹⁾	x	(x)		
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus osv.	x			
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x			
¹⁾ Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk. ²⁾ Kryss uten parentes angir normalt valg av pålitelighetsklasse.				

Eurokode 7 NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (EC7)

2 Grunnlag for geoteknisk prosjektering

2.1 Krav til prosjekteringen

(1)P For hver geoteknisk dimensjonerende situasjon skal det kontrolleres at ingen aktuelle grensetilstander, som beskrevet i NS-EN 1990:2002, overskrides.

(2) Ved definisjon av dimensjonerende situasjoner og grensetilstander bør det tas hensyn til følgende forhold:

- forholdene på byggeplassen med hensyn til områdestabilitet og bevegelser i grunnen;
- konstruksjonens og konstruksjonsdelenes art og størrelse, medregnet spesielle krav, f.eks. dimensjonerende brukstid;
- forhold som angår omgivelsene (f.eks. tilstøtende konstruksjoner, trafikk, anlegg, vegetasjon, farlige stoffer osv.);
- grunnforhold;
- grunnvannsforhold;
- regional seismisitet;
- påvirkning fra miljøet (hydrologi, overflatevann, innsynkning, temperatur og fuktighet som varierer med årstiden, osv.)

(3) Grensetilstander kan forekomme i grunnen eller i konstruksjonen eller ved kombinert brudd i konstruksjonen og i grunnen.

(4) Grensetilstandene bør kontrolleres ved hjelp av én eller en kombinasjon av følgende metoder:

- bruk av beregninger etter 2.4;
- anvendelse av konstruktive tiltak etter 2.5;
- modellprøvinger og prøvebelastninger etter 2.6;
- observasjonsmetoden etter 2.7.

Eurokode 7 fortsetter..

(7) Der det er mulig, bør resultatene av prosjekteringen kontrolleres mot sammenlignbar erfaring.

(8)P For å fastsette minstekrav til omfanget og innholdet av geotekniske undersøkelser, beregninger og konstruksjonskontroll skal kompleksiteten av hver geoteknisk prosjektering identifiseres sammen med relevant risiko. Det skal særlig skilles mellom:

- lette og enkle konstruksjoner og mindre jordarbeider hvor det er mulig å sikre at minstekravene vil bli oppfylt på grunnlag av erfaring og kvalitative geotekniske undersøkelser med minimal risiko;
- andre geotekniske konstruksjoner.

MERKNAD Måten disse minstekravene er oppfylt på, kan angis i det nasjonale tillegget.

(9) For konstruksjoner og jordarbeider med lav geoteknisk kompleksitet og risiko, som definert ovenfor, kan det brukes forenklede prosjekteringsprosedyrer.

(10) Til fastsettelse av kravene til geoteknisk prosjektering kan det innføres tre geotekniske kategorier, 1, 2 og 3.

(14) Geoteknisk kategori 1 bør bare inkludere små og relativt enkle konstruksjoner

(17) Geoteknisk kategori 2 bør omfatte konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold.

(20) Geoteknisk kategori 3 bør omfatte konstruksjoner eller deler av konstruksjoner som faller utenfor grensene for geoteknisk kategori 1 og 2.

2.2 Dimensjonerende situasjoner

(1)P Både kortsiktige og langsiktige dimensjonerende situasjoner skal vurderes.

Geoteknisk Kategori i henhold til NBGs veileder til Eurokode 7

Tabell 1 Definisjon av Geoteknisk Kategori

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC 1	1	1	2
CC/RC 2	1	2	2/3
CC/RC 3	2	2/3	3
CC/RC 4*	*	*	*

* *Vurderes særskilt*

Vanskelighetsgrad

Vanskelighetsgraden vurderes på grunnlag av grunnforhold og type prosjekt, og kan klassifiseres som følger:

- Lav:** Oversiktlig og enkle grunnforhold eller et prosjekt som er lite påvirket av grunnforholdene. Ingen eller bare enkle grunnundersøkelser kreves for å fastlegge eventuelle nødvendige geotekniske parametere. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
- Middels:** Noe uoversiktlig eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Grunnforholdene kan fastlegges med rimelig grad av nøyaktighet. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
- Høy:** Uoversiktlig eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Grunnforholdene kan bare delvis fastlegges og undersøkelser under bygging kan være nødvendig.



Kontroll...

Uavhengig

kontroll etter byggesaksforskriften

c) Geoteknikk, hvor kontrollkravet for prosjektering begrenses til kontroll av at det er gjort kvalifisert undersøkelse for å bestemme geoteknisk kategori og fastsettelse av pålitelighetsklasse, og kontrollkravet for utførelse begrenses til at geotekniske oppgaver er gjennomført og dokumentert som prosjektert, herunder at de er fulgt opp og rapportert slik som anvist av prosjekterende

Utvidet

kontroll i henhold til Eurokode 0

Tabell NA.A1(902) – Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (DSL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (DSL 3) ¹⁾
1	PKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves
¹⁾ Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.				
²⁾ Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.				

Utvidet kontroll fortsetter..

Utvidet kontroll i prosjekteringskontrollklasse PKK3 bør i tillegg til en kontroll som bekrefter at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket, minst omfatte kontroll av de samme punktene som angitt for egenkontroll i NA.A1(903.2) og være i et omfang som gir tillit til at prosjekteringen er tilfredsstillende. Kontrollen kan begrenses til konstruksjonens hovedbæresystem eller stabilitet ved geoteknisk prosjektering.

MERKNAD Denne standarden forutsetter at det utføres uavhengig kontroll i henhold til byggesaksforskriften SAK10 § 14-2 siste ledd. Den uavhengige kontrollen vil da være begrenset til en bekreftelse av at kontroll etter standarden er gjennomført og dokumentert.

Den utvidede kontrollen skal utføres i byggherrens regi enten av byggherrens egen organisasjon eller et annet foretak som er uavhengig av foretaket som utførte arbeidene. Den som utfører uavhengig kontroll etter byggesaksforskriften, kan også utføre utvidet kontroll der dette er hensiktsmessig.

Den prosjekterende bør forvisse seg om at den utvidede kontrollen er gjennomført, at tilbakemelding er mottatt og at eventuelle bemerkninger blir avklart.

Tema til diskusjon

- Geologisk rapport
- Geoteknisk kategori
- Bergsikring, Tunnelprofil (inspeksjon vann/frostsikring)
- Overgangsregler
- Annet....

Geologisk rapport

Rapport til tidligfase:

Kartet skal vise data fra feltkartlegging med geologiske observasjoner, presentert med sprekkemålinger langs trasé, bergmasseklassifisering med sikringsestimat langs trasé, utførte grunnboringer, eventuelt utførte seismiske undersøkelser, kjerneboringer, øvrige undersøkelser

Rapport til konkurransegrunnlag:

Del 1: Faktadelen skal inneholde:

- Geologisk kart og profil av traseen (målestokk 1:1000 i A3). Alle registreringer skal presenteres på kart og profil sammen med tunneltraseen. Kart skal vise geologiske observasjoner: bart berg/løsmasser, bergarter/bergartsgrenser, svakhetssoner, sprekker/foliasjon, alle typer boringer, eventuelle seismiske undersøkelser og eventuelle øvrige undersøkelser
- Geologisk kart og profiler av påhuggsområdene (målestokk 1:500 - 1:1000)
- Geologiske profiler skal presenteres med høyde/lengde 1:1

Geoteknisk kategori

2.3 Kontroll og kvalitetssikring etter Eurokode 7

Med utgangspunkt i Eurokode 7, NS-EN 1997 Geoteknisk prosjektering [13], sammen med registrert bergkvalitet fra geologiske undersøkelser, skal det som en del av kvalitetsplanen utarbeides et kontrollomfang for tunnelprosjekter i alle faser.

Kontroll etter Eurokode 7 deles inn i tre geotekniske kategorier med tilhørende kontrollnivå. Alle vegtunnelprosjekter skal i utgangspunktet ligge i geoteknisk kategori 3.

I klassifiseringen ligger det muligheter til å variere geoteknisk kategori innenfor forskjellige deler av prosjektet og i ulike faser av prosjektet (se også tabell 2.1). For tunneler der forundersøkelsene viser godt og forutsigbart berg kan det være aktuelt å benytte geoteknisk kategori 2. Ingen deler av tunnelprosjekter skal ligge i geoteknisk kategori 1.

Tabell 2.1 gir en oversikt over tunneler og tunnelstrekninger som skal klassifiseres som geoteknisk kategori 3.

Kontrollform og kontrollklasser ved prosjektering og ved utførelse er gitt i håndbok N200 Vegbygging [7] og Eurokode 0, NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [14]. Kontrollklasser som gjelder for vegtunneler:

Geoteknisk kategori 3 gir pålitelighetsklasse 3 og kontrollklasse U: uavhengig kontroll.

Geoteknisk kategori 2 gir pålitelighetsklasse 2 og kontrollklasse N: normal kontroll.

Geoteknisk kategori fortsetter

Tabell 2.1 Tunnelstrekninger der geoteknisk kategori 3 (GK3) beholdes gjennom prosjektering og bygging:

Geoteknisk kategori 3	Merknad
Undersjøiske tunneler	
Tunnelpåhugg	
Tunneler/tunnelstrekninger i tettbygd strøk/byområder	Tunneltraseen ligger ikke nødvendigvis i de optimale grunnforholdene
Liten bergoverdekning, dvs. strekninger der bergoverdekning $\leq$ tunneltverrsnittet (teoretisk sprengningsprofil)	
Tunnel/tunnelstrekninger der det forventes ugunstige grunn- og stabilitetsforhold, eller en kombinasjon av flere uheldige forhold	Eksempler: Nærhet til andre bygg, konstruksjoner og tunnelrom, strenge tetthetskrav, bergspenninger, etc. Også kombinasjoner som spesielle bergarter og/eller sprekkemønstre og stor spennvidde

Kontroll skal omfatte planleggings- og prosjekteringsforutsetninger, omfang av geologiske forundersøkelser, sikkerhetsnivå, beregninger, beskrivelse, tegninger, kontrollplaner etc.

Kontroll skal initieres i forbindelse med de første geologiske forundersøkelsene og planleggingsarbeidene, og følger deretter prosjektet gjennom prosjektering, utbygging og inn i driftsfasen.

Bergsikring, Tunnelprofil (inspeksjon vann/frostsikring)

N500:

Planlegging og prosjektering skal gjøres på bakgrunn av dimensjonerende brukstid, oppetidsberegninger, sårbarhets- og sikkerhetsvurderinger, samt forhold knyttet til drift- og vedlikehold.

Dimensjonerende brukstid skal være:

- 100 år for tunnelkonstruksjonen, inklusive drens- og overvannssystem, og føringsveier for kabler i grunnen
- 50 år for vann- og frostsikringskonstruksjon, teknisk infrastruktur som kabler inklusive føringsveier i tunnelrommet
- 25 år for tekniske installasjoner.

JBV teknisk regelverk:

Teknisk levetid er tiden det tar før komponentene eller utstyret ikke lenger oppfyller sin tiltenkte funksjon. Krav til teknisk levetid (TL) uttrykkes som antall år som forventes oppnådd med minst 90 % sannsynlighet. Middelverdien av teknisk levetid antas å være minst 25 % større enn levetidskravet.

Krav til teknisk levetid gjelder i utgangspunktet hele konstruksjonen. Det forutsettes at visse komponenter kan vedlikeholdes eller byttes i løpet av den angitte tekniske levetiden. Bærende elementer tillates ikke byttet.

a) For dimensjonering av vann- og frostsikringsløsning skal konstruksjonen ha en teknisk levetid på 80 år.

b) Livsløpskostnaden skal beregnes over en tidsperiode tilsvarende teknisk levetid.

Det kan legges til grunn en redusert teknisk levetid dersom denne begrunnes med en livsløpskostnad. Livsløpskostnaden skal beregnes over en tidsperiode tilsvarende teknisk levetid for de aktuelle vann- og frostsikringskonstruksjonene. Det skal også inngå trafikkostnader tilknyttet avstengning for vedlikehold og utskifting av komponenter.

N500:

Tabell 7.1 Vann- og frostsikringsmetoder og bruksområder

Vann- og frostsikring	Frostmengder ⁽¹⁾ (kap.7.2)	Tunnelklasser						Føringskant	Membran Type I, II, III	PE-skum	Frost-isolasjon XPS
		A	B	C ⁽⁴⁾	D	E	F				
Hvelv av sprøytebetong ⁽²⁾	F ₁₀ < 8 000 h°C	X	X	X				X	III	(X)	-
	F ₁₀ ≥ 8 000 h°C	X	X	X				X	-	X	-
Hvelv av betongelementer ⁽³⁾	F ₁₀ < 8 000 h°C			(X)	X	X	X	-	I, III	-	-
	F ₁₀ ≥ 8 000 h°C			(X)	X	X	X	-	I, III	-	X
Kontaktstøpt vann-/frostsikrings-hvelv med membran	Alle F ₁₀			(X)	(X)	(X)	(X)	-	II	-	-
Tunnelportal		X	X	X	X	X	X	-	I		-

X Skal benyttes som hovedløsning. Se kap. 7.4.1-7.4.7 for detaljer.

(X) Alternativ, prosjektspesifikk løsning.

(1) Ved frostmengde F₁₀ ≥ 8 000 h°C skal hvelvet frostisoleres.

Ved F₁₀ < 8 000 h°C kan hvelvet utføres uisolert.

(2) Sprøytebetong i heng og vegger, med føringskant av betong. Sprøytebetong i heng, kombinert med veggelementer av betong kan benyttes i tunnelklasse D, E og F. Sprøytebetong i heng kombinert med veggelementer av betong i profilutvidelser; f.eks. havarinisjer.

(3) Betongelementer: helhvelv, eller veggelementer kombinert med sprøytebetong i heng.

(4) For tunneler i tunnelklasse C skal det i innkjøringssonene benyttes løsninger som inkluderer veggelementer av betong. Veggelementene skal minst benyttes til og med halve lengden av overgangssone for belysning. I øvrige del av tunnelen skal det benyttes føringskant av betong. Over føringskant og veggelementer benyttes hvelv av sprøytebetong.

Geologisk sluttrapportering:

- Angi inspeksjonrutiner både når det gjelder behov, hyppighet og spesielt beskrive områder som krever spesiell oppfølging.

Tabell 3.4 Tunnelverrsnittdata for de ulike tunnelprofilene

Tunnelprofil	Teoretisk sprengningsprofil		Normalprofil	
	Areal A_s m^2	Buelengde, B_s m	Areal A_N m^2	Buelengde, B_N m
T4	20,32	12,31	13,57	9,85
T5,5	39,10	17,12	29,72	14,55
T8,5	61,92	20,56	49,66	17,99
T11,5	85,92	23,75	70,89	21,18
T7,5	51,56	18,88	40,46	16,30
T9,5	66,62	21,04	53,61	18,46
T10,5	74,59	22,13	60,64	19,55
T12,5	91,32	24,32	75,49	21,73
T13	95,69	24,86	79,39	22,28
T13,5	100,52	25,46	83,73	22,88
T14	104,58	25,96	87,35	23,88

Data avhenger av valgt vegoverbygning og plass avsatt for sikring. I tabellen er følgende lagt til grunn:

A_s = Areal regnet etter teoretisk sprengningsprofil. I verdiene i tabellen er det forutsatt 0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring

A_N = Areal regnet etter normalprofilen over kjørebane og sideareal, forutsatt 5 % fall på skulder

B_s = Buelengde regnet etter teoretisk sprengningsprofil ned til nivå for planum forutsatt 0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring

B_N = Buelengde regnet etter normalprofil ned til nivå for kjørebane.

JBV teknisk regelverk:

3.2 Konstruksjonstyper

En av følgende konstruksjonstyper for vannsikring skal benyttes:

a) Betongsegmenter for TBM

b) Kontaktstøpt betonghvelv med membran

1) Utførelse: Kontaktstøpt betonghvelv med membran bør inngå som en del av permanentsikringen.

c) Sprøytebetongkledning vanntett med sprøybar membran

1) Utførelse: Dekksjiktet for sprøytebetongkledning vanntett med sprøybar membran skal dimensjoneres iht. temperaturlastning.

Sprøybar membran kan bli svekket av langvarig syklisk fryse- og tinebelastninger. Derfor kan denne kledningskonstruksjonen ikke uten videre benyttes ved temperaturer lavere enn en viss minimumstemperatur ved membranens posisjon, heretter definert som materialets ytelsestemperatur. Forventet minimumstemperatur i lufta i tunnelen er bestemmende for temperaturforløpet fra tunneloverflaten innover i tunnelkledningen. Dekksjiktets tykkelse, evt. ved bruk av termisk isolerende sprøytebetong, dimensjoneres slik at minimumstemperaturen ved membranens posisjon ikke blir lavere enn membranens ytelsestemperatur.

Det kan benyttes ulike konstruksjonstyper for ulike deler av tunnelen.

3.3 Inspeksjon

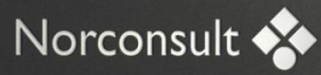
Det er i utgangspunktet ønskelig å unngå behov for visuell inspeksjon bak konstruksjoner. Visuell inspeksjon defineres som mulig dersom man kan inspisere bergoverflaten, råsprengt eller sikret, slik at konturen av bergoverflaten fortsatt er synlig.

a) Der konstruksjonen hindrer visuell inspeksjon fra tunnelen, skal konstruksjonen dimensjoneres for [ekstrem blokklast](#)

b) Basert på lokale forhold, skal det for hvert prosjekt vurderes å tilrettelegge for fjerninspeksjon.

Overgangsregler...

Annet...



Thank you