



Allmän teknisk beskrivning för vägtunnlar

Tunnel 99

Upphovsman (författare)
Avdelningen för bro och tunnel
Kontaktperson: Bernt Freiholtz

Dokumentets titel
Allmän teknisk beskrivning för vägtunnlar
Tunnel 99

Huvudinnehåll
Tunnel 99 innehåller de krav som gäller för byggnadsverket vägtunnel.

Utgivare
Enheten för statlig väghållning
Kontaktperson: Matti Huuskonen

ISSN 1401-9612
Vägverkets tryckeri i Borlänge 1999. Första tryckningen.

Nyckelord
Tunnel, belysning, brandskydd, buller, inklädnad, installation, luftkvalitet, riskanalys, säkerhetsutrustning

Distributör (namn, postadress, telefon, telefax)
Vägverket, Avd för intern service, 781 87 Borlänge, tfn 0243-755 00, fax 0243-755 50
Svensk Byggtjänst, 113 87 Stockholm, tfn 08-457 11 00.

Huvudkontoret

Postadress
781 87 BORLÄNGE

Telefon
0243 - 750 00

Telefax
0243 - 758 25

FÖRORD

Tunnel 99 är en allmän teknisk beskrivning (ATB) som beskriver de krav som gäller för byggnadsverket vägtunnel.

För att de i Tunnel 99 angivna kraven skall bli gällande vid upphandling måste denna ATB åberopas i förfrågningsunderlaget för det aktuella objektet.

Tunnel 99 kan användas vid såväl generalentreprenader som totalentreprenader.

Tunnel 99 kommer fortlöpande att revideras så att kraven i lagen om offentlig upphandling (SFS 1992:1258) på hänvisning till europeiska tekniska specifikationer uppfylls. Dessa revideringar kommer att ske genom revidering av hela publikationen när så erfordras. Mindre ändringar och tillägg kommer att publiceras fortlöpande i "Tunnel 99-Supplement".

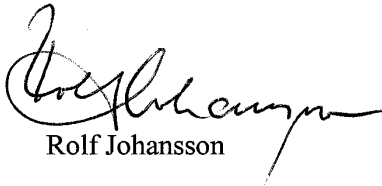
Rapporteringen från bränderna i tunnlarna vid Mt Blanc och Tauern har följts. Vissa slutsatser, utifrån det ännu så länge preliminära materialet, har förts vidare till Tunnel 99.

Denna publikation ersätter Vägverkets publikation 1995:32, Tunnel 95.

Inom Vägverkets verksamhetsområde skall föreliggande publikation användas från och med den 1 december 1999. Kraven gäller vid nybyggnad och förbättring av vägtunnlar och skall beaktas vid planering och projektering samt byggande. Andra tekniska krav eller lösningar än de som anges i Tunnel 99 kan få tillämpas efter godkännande av chefen för enheten för statlig väghållning.

Borlänge i oktober 1999


Jan Brandborn


Rolf Johansson

1	Allmänt	5
1.1	Innehåll	5
1.2	Medgällande dokument	6
1.3	Förkortningar och definitioner.....	6
1.3.1	Förkortningar.....	7
1.3.2	Definitioner.....	7
1.4	Redovisning av konstruktionshandlingar.....	12
1.4.1	PM avseende trafikteknisk standard	13
1.4.2	Rapport över förundersökning för tunnel i berg	13
1.4.3	Sammanställningsritning	13
1.4.4	Översiktsritning och systembeskrivning.....	13
1.4.5	Detaljritning och övriga handlingar	14
1.4.6	Beräkning och utredning.....	15
1.4.7	Arbetsbeskrivning.....	16
1.4.8	Kontrollplan för tilläggskontroll.....	17
1.5	Godtagande av konstruktionshandlingar	17
1.6	Bekräftelse av överensstämmelse med krav på produkter	17
1.6.1	Certifiering av produkter	18
1.6.2	Verifiering av produkter	18
1.6.3	Provning och besiktning	19
1.7	Dokumentation	19
1.7.1	Instruktion för drift och underhåll	19
1.7.2	Riskhantering.....	20
1.7.3	Instruktion för transporter med farligt gods.....	20
1.7.4	Brandskyddshandlingar	20
1.7.5	Relationshandling	20
2	Förutsättningar	23
2.1	Allmänt.....	23
2.2	Definitioner.....	24
2.3	Trafikteknisk standard.....	25
2.3.1	Trafikanalys.....	25
2.3.2	Säkerhetskoncept och riskanalys	27
2.3.3	Referenshastighet.....	28
2.3.4	Typsektion	28
2.3.5	Linjeföring	28
2.3.6	Tillgänglighet för personer med funktionshinder	28
2.3.7	Belysning och visuell ledning.....	29
2.3.8	Tunnelklass.....	29
2.4	Sidoutrymmen	29
2.4.1	Installationer för tunnelns funktion.....	29
2.4.2	Externa ledningsägares installationer	29
2.5	Konstruktiv standard.....	30
2.5.1	Teknisk livslängd.....	30
2.5.2	Miljö- och korrosivitetsklasser	31
2.5.3	Laster	35
2.5.4	System för ventilation.....	35
2.6	Drift och underhåll.....	36
2.6.1	Allmänt.....	36
2.6.2	Utrymmen för drift och underhåll.....	36
2.6.3	Trafik vid tunnelavstängningar	36
2.6.4	Inspektionsmöjlighet	37
3	Bärförmåga, stadga och beständighet	39
3.1	Allmänt.....	39
3.2	Krav	39
3.2.1	Bärförmåga och stadga	39
3.2.2	Beständighet	40

3.2.3	Vattentätighet.....	41
3.2.4	Säkerhet mot frysning.....	42
3.3	Laster.....	42
3.3.1	Allmänt.....	42
3.3.2	Permanent laster.....	42
3.3.3	Variabla laster.....	44
3.3.4	Olyckslaster.....	50
3.3.5	Lastkombinering.....	54
3.4	Bergtunnel.....	58
3.4.1	Krav.....	58
3.4.2	Förutsättningar.....	58
3.4.3	Verifiering.....	60
3.4.4	Material.....	63
3.4.5	Utförande.....	70
3.4.6	Kontroll.....	77
3.5	Tunnel i betong eller stål.....	81
3.5.1	Allmänt.....	81
3.5.2	Krav.....	81
3.5.3	Förutsättningar.....	82
3.5.4	Verifiering av bärförmåga.....	84
3.5.5	Material.....	86
3.5.6	Utförande.....	86
3.5.7	Kontroll.....	87
3.6	Inredning och vägkonstruktion.....	88
3.6.1	Allmänt.....	88
3.6.2	Inredning.....	88
3.6.3	Vägkonstruktion.....	91
4	Brandskydd.....	97
4.1	Allmänt.....	97
4.1.1	Brandskyddsdocumentation.....	97
4.2	Brandmotstånd.....	97
4.2.1	Förutsättningar.....	97
4.2.2	Verifiering av brandmotstånd.....	98
4.2.3	Material.....	98
4.2.4	Kontroll.....	99
4.3	Brandgaskontroll.....	99
4.3.1	Längsventilation.....	99
4.3.2	Tvärventilation.....	100
4.3.3	Skydd mot brandgas- och brandspridning.....	100
4.4	Utrymning.....	101
4.4.1	Allmänt.....	101
4.4.2	Dimensionerande förutsättningar.....	101
4.5	Utrustning för branddetektion och brandbekämpning.....	104
4.5.1	Allmänt.....	104
4.5.2	Hjälptelefon.....	104
4.5.3	Branddetektion.....	104
4.5.4	Brandposter och handbrandsläckare.....	105
4.5.5	Sprinkleranläggning.....	105
4.6	Räddningstjänst.....	105
4.6.1	Dimensionerande förutsättningar.....	105
4.6.2	Angreppsvägar.....	105
4.6.3	Räddningsvägar.....	106
5	Hälsa och miljö.....	107
5.1	Krav.....	107
5.1.1	Allmänt.....	107
5.1.2	Injekteringsmedel för tätning.....	107
5.1.3	Sprängmedel.....	108

5.2	Luft	108
5.2.1	Krav	108
5.2.2	Emissioner	109
5.2.3	Dimensionering	110
5.2.4	Kontroll.....	110
5.3	Vatten	110
6	Säkerhet vid användning.....	111
6.1	Allmänt	111
6.2	Säkerhetsutrustning	111
6.2.1	Val av tunnelklass.....	112
6.2.2	Tunnelklass TC.....	113
6.2.3	Tunnelklass TB.....	113
6.2.4	Tunnelklass TA.....	113
6.3	Vägutformning och vägutrustning.....	114
6.3.1	Sikt.....	115
7	Skydd mot buller och vibrationer	117
7.1	Allmänt	117
7.2	Buller.....	117
7.3	Vibrationer.....	118
8	Installationer, VA-anläggningar och övrig utrustning.....	119
8.1	Allmänt	119
8.2	Definitioner.....	119
8.3	Styrning, övervakning och kommunikation.....	120
8.3.1	Krav	120
8.3.2	Material.....	123
8.3.3	Kontroll.....	123
8.4	Belysning.....	124
8.4.1	Krav	124
8.4.2	Dimensionering av allmänbelysning	125
8.4.3	Material.....	126
8.4.4	Utförande.....	126
8.4.5	Kontroll.....	126
8.5	Kraftförsörjning	126
8.5.1	Krav	126
8.5.2	Dimensionering	128
8.5.3	Material.....	128
8.5.4	Utförande.....	128
8.5.5	Kontroll.....	128
8.6	Ventilation av trafiktunnlar.....	129
8.6.1	Krav	129
8.6.2	Dimensionering	131
8.6.3	Material.....	132
8.6.4	Utförande.....	133
8.6.5	Kontroll och inspektion	133
8.7	Vatten och avlopp.....	133
8.7.1	Krav	133
8.7.2	Dimensionering	139
8.7.3	Material.....	139
8.7.4	Utförande och provning.....	139
8.8	Övrig vägutrustning.....	139
8.8.1	Visuell ledning.....	139
8.8.2	Trafiksignaler.....	140
8.8.3	Avstängningsanordningar	140
8.8.4	Räcke/barriär	140
8.8.5	Handbrandsläckare	141

9	Förteckning och bilagor	143
9.1	Vägverkspublikationer.....	143
9.2	Externa publikationer	146
9.3	Standarder och metodbeskrivningar	150
9.3.1	Svenska standarder och metodbeskrivningar	150
9.3.2	Utländska standarder och metodbeskrivningar	152
9.4	Bilagor	153
	Bilaga 1 Vägverkets administrativa rutiner	155
	Bilaga 2 Rapport över förundersökning för tunnel i berg	163
	Bilaga 3 Ingenjörsgelogisk prognos för tunnel i berg.....	165
	Bilaga 4 Sammanställningsritning till tunnel.....	167
	Bilaga 5 Översiktsritning.....	169
	Bilaga 6 Detaljritning	171
	Bilaga 7 Relationshandlingar.....	175
	Bilaga 8 Metoder för riskanalys.....	179
	Bilaga 9 Maximiköldmängd	189

1 Allmänt

1.1 Innehåll

Tunnel 99 innehåller de krav som används för vägtunnlar av betong eller stål vars längd överstiger 100 m och för vägtunnlar i berg oberoende av längd.

För vägportar av betong eller stål kortare än 100 m är kraven redovisade i BRO 94.

I de tekniska beskrivningarna bör för varje tunnelprojekt gränserna vara angivna mellan de anläggningsdelar som tillhör tunneln och som utformas enligt Tunnel 99 och de anläggningsdelar som tillhör öppna vägpartier och som utformas enligt andra allmänna tekniska beskrivningar.

Tunnel 99 kan tillämpas även vid förbättringsarbeten på befintliga tunnlar. Kraven bör tillämpas med viss urskiljning med hänsyn till de normalt begränsade möjligheterna till ingrepp i befintliga tunnlar. Möjligheterna att uppfylla t ex krav i kapitel 4 Brandskydd, kapitel 5 Hälsa och miljö och kapitel 6 Säkerhet vid användning, bör alltid undersökas.

Beträffande definition av tunnel se avsnitt 1.3.

Vid entreprenader tillämpas även andra regelverk, t ex med avseende på kvalitetssäkring, miljökrav och trafiksäkerhetskrav, publikationerna 1998:104, :105 och :106 (Vägverket).

Kraven finns samlade i Tunnel 99 som omfattar följande kapitel:

1. Allmänt
2. Förutsättningar
3. Bärförmåga, stadga och beständighet
4. Brandskydd
5. Hälsa och miljö
6. Säkerhet vid användning
7. Skydd mot buller och vibrationer
8. Installationer, VA-anläggningar och övrig utrustning
9. Förteckning och bilagor

Vägverkets krav beträffande administrativa rutiner framgår av bilaga 1.

Tunnel 99 är indelad i kapitel och avsnitt. Bilagor återfinns i kapitel 9 och benämns bilaga x. Hänvisningar inom Tunnel 99 sker efter denna princip.

Krav på en och samma funktion, utrustning etc kan vara redovisade i flera kapitel. För t ex säkerhetsanordningar återfinns övergripande krav i kapitel 2, 4 och 6.

Formuleringen ”krav skall vara angivna i den tekniska beskrivningen” innebär att avsnittet informerar detaljprojektör/entreprenör om var kravet finns angivet.

Tunnel 99 är uppdelad i krav samt råd och kommentarer till kraven. Råd och kommentarer är skrivna med indragen och kursiv text.

1.2 Medgällande dokument

Tunnel 99 gäller före de i kapitel 9 angivna medgällande dokumenten om kraven strider mot varandra.

I särskilda fall finns som upplysning hänvisningar i Tunnel 99 till dokument i en myndighets författningssamling.

I hänvisningar till dokument anges dokumentets namn och utgivare, t ex Tjälisolering, Metod för bestämning av värme-konduktivitet hos cellplast (Vägverket). Utgivaren anges dock inte vid hänvisningar till Vägverkets publikationer BRO 94, VÄG 94 och VU 94, till Boverkets föreskrifter och handböcker BBR, BKR, BBK och BSK eller till standarder.

Åberopade dokument anges i text med titel eller förkortning samt i förekommande fall även med hänvisning till kapitel, avsnitt, punkt etc.

Exempel på angivelse är VU 94, del 8, kapitel 8.4 och BRO 94, 42.321.

Om inte annat är angivet i den tekniska beskrivningen skall vid tillämpningen av BKR, kapitel 4, 5 och 9, BBK samt BSK gälla att all text i dessa publikationer är kravtext.

1.3 Förkortningar och definitioner

Termer som inte särskilt förklaras i Tunnel 99 eller i medgällande dokument har den betydelse, som anges i Tekniska nomenklaturcentralens (TNC) publikationer, se avsnitt 9.2. Termer som är gemensamma för hela Tunnel 99 eller som används i kapitel 1 förklaras här. Termer som enbart förekommer i något av övriga kapitel förklaras i respektive kapitel, samt, beträffande administrativa rutiner för tunnlrar, i bilaga 1.

1.3.1 Förkortningar

BBK	BBK, Boverkets handbok om betongkonstruktioner
BBR	Boverkets byggregler
BKR	Boverkets konstruktionsregler
BRO 94	Allmän teknisk beskrivning för broar, BRO 94
BSK	BSK, Boverkets handbok om stålkonstruktioner
GK	Geoteknisk klass
VU 94	Vägutformning 94
VÄG 94	Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktioner, VÄG 94
HHQ	Högsta högvattenföring
HHW	Högsta högvattennivå
LLQ	Lägsta lågvattenföring
LLW	Lägsta lågvattennivå
MHQ	Medelhögvattenföring
MHW	Medelhögvattennivå
MLQ	Medellågvattenföring
MLW	Medellågvattennivå
MQ	Medelvattenföring
MW	Medelvattennivå

1.3.2 Definitioner

1.3.2.1 Övergripande

Bergtunnel	En tunnel där det bärande huvudsystemet säkerställs enbart av bergmassan eller genom samverkan mellan bergmassan och förstärkningskonstruktionen.
Betongtunnel	En tunnel där det bärande huvudsystemet i huvudsak består av betong.
Ståltunnel	En tunnel där det bärande huvudsystemet i huvudsak består av stål.
Tunnel	En för trafik anordnad passage som omges av berg, jord eller vatten och som mynnar i dagen eller som förbinder utrymmen under mark med varandra eller med dagen.

De vanligast förekommande utförandena är sprängd eller borrarad tunnel i berg, eventuellt inklädd med betong, samt tunnel av betong eller stål som grävts ner i jord eller som går under vatten.

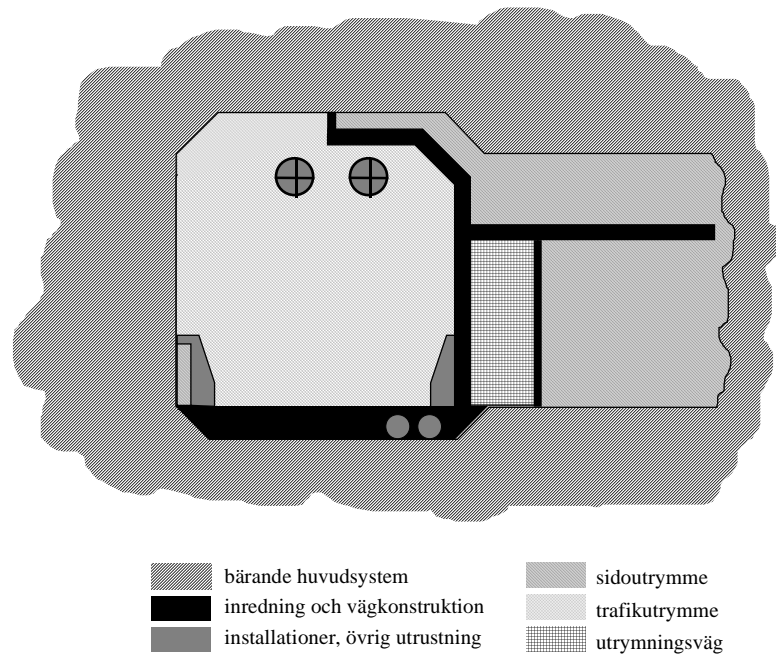
I Tunnel 99 avses med tunnel såväl trafikutrymmen samt övriga utrymmen och anordningar som erfordras för trafiktunnelns bestånd, brukande och underhåll.

1.3.2.2 Delar

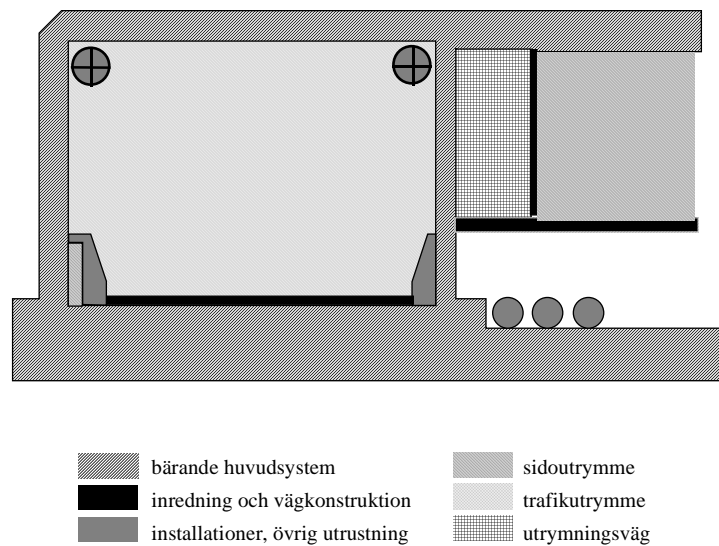
Anläggningsdel	En funktionstekniskt avgränsad enhet som ingår i en tunnel. Exempel på anläggningsdelar framgår av Kap 7. Skydd mot buller och vibrationer och Figur 1.3-2.
Bärande huvudsystem	Anläggningsdelar inklusive berg och jord som nyttjas för att säkerställa tunnels bärförmåga, stadga och beständighet. Till bärande huvudsystem räknas även fribärande trafikbelastade anläggningsdelar.
Inklädnad	Delar av inredning för beklädnad av väggar och tak, främst för skydd mot frysning och inläckande vatten. För en tunnel i berg kan inklädnaden även ingå i förstärkningen.
Inredning	Anläggningsdelar som inte ingår i vägtunnelns bärande huvudsystem, till exempel inklädnad, innertak och innerväggar. En bergtunnelinklädnad som även utnyttjas för förstärkning skall dock betraktas som en del i det bärande huvudsystemet.
Installation/Installationssystem	Utrustningar som fordras för att en tunnel skall kunna användas för avsett ändamål. <i>Exempel på installationer/installationssystem är ventilationsanläggningar, belysningsanläggningar, utrustning för övervakning och styrning samt utrustning för el, VVS, tele- och radiokommunikation.</i>
Undergrund	Delar av mark till vilken last överförs från grundkonstruktionen för en byggnad, en bro, en vägkropp eller dylikt.

VA-anläggning

Vattenförsörjnings- och avloppsanläggningar
samt anläggningar för vägdränering.



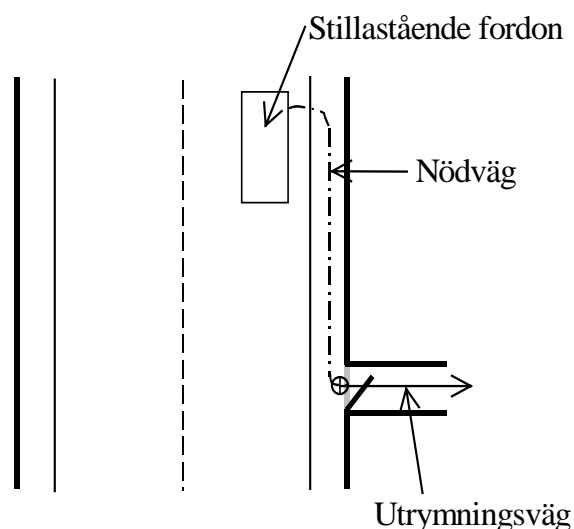
Figur 1.3-1 Exempel på delar och utrymmen i en bergtunnel



Figur 1.3-2 Exempel på delar och utrymmen i en betongtunnel

1.3.2.3 Utrymmen

Angreppsväg	En väg från den punkt där räddningsarbetet inleds till den plats där räddningsarbetet genomförs. Trafikutrymme, utrymningsväg eller sidoutrymme kan användas som angreppsväg.
Nödväg	En del av trafikeringsområde, särskilt utformat för att användas för att nå utrymningsvägar, se Figur 1.3-3.
Räddningsrum	Ett rum utformat som eget brandavskiljt utrymme, avsett för personer att vistas i vid utrymning om de är förhindrade att nyttja utrymningsväg. Räddningsrum ingår i utrymningsväg men kan ha ytterligare krav utöver krav på utrymningsväg. <i>Räddningsrum benämns även räddningskammare.</i>
Räddningsväg	Särskilt anordnad väg så utformad att räddningstjänstens fordon kan komma fram till angreppsvägen.
Sidoutrymme	Övrigt utrymme i en tunnel (utrymme som inte är trafikutrymme eller utrymningsväg).
Trafikutrymme	Det utrymme som upplåts för allmän trafik. Utrymmet begränsas av dess fysiska avgränsningar, t ex av bergväggar, inklädnader, dörrar i utrymningsväg eller likvärdigt.
Utrymme för drift och underhåll	Utrymmen för elcentraler, undercentraler för styr- och övervakningssystem, personalutrymmen samt erforderliga utrymmen för inspektion. Utrymme för drift och underhåll är sidoutrymme.
Utrymningsväg	En väg från ett trafikutrymme till det fria eller annan säker plats, se Figur 1.3-3.



Figur 1.3-3 Nödväg och utrymningsväg.

1.3.2.4 Handlingar

Arbetsbeskrivning	En beskrivning som anger ett utförande av en konstruktion eller konstruktionsdel. Arbetsbeskrivningen kan antingen vara placerad på en arbetsritning, vara en separat handling som komplement till en arbetsritning (separat arbetsbeskrivning) eller utgöra en självständig handling.
Arbetsritning	Ett gemensamt begrepp för sammanställningsritning, översiktsritning samt detaljritning.
Detaljritning	En arbetsritning, som visar en konstruktion eller konstruktionsdel med erforderliga detaljer. <i>Exempel på detaljritningar är mått- och armeringsritningar för betong- och stålkonstruktioner, maskinritningar, ritningar för berg, ritningar över delar ingående i installationsutrustning, ritningar över inredning, ritningar över infästningsdetaljer samt ritningar som visar vägkonstruktions uppbyggnad och material.</i>
Karteringsritning för tunnel i berg	En relationsritning som redovisar resultatet av bergkartering efter sprängning samt slutligt utförda förstärknings- och tätningsåtgärder.
Konstruktionshandling	Ett samlingsbegrepp för de handlingar som redovisar hur en anläggningsdel, konstruktion eller installation skall utföras.

Kontrollplan för tilläggskontroll	En kontrollplan som anger omfattning av och vilken tilläggskontroll som skall utföras.
Rapport över förundersökning för tunnel i berg	En redovisning av insamlad faktisk information om jord, berg och vatten.
Sammanställningsritning	En arbetsritning, som visar en tunnel i dess helhet.
Säkerhetskoncept	En sammanställning av tekniska och administrativa åtgärder för att reducera sannolikheten för olyckor och/eller minska deras konsekvenser till en för objektet godtagbar nivå.
Teknisk beskrivning	En objektspecifik teknisk beskrivning som tillsammans med den allmänna tekniska beskrivningen formulerar beställarens krav på det färdiga byggnadsverket eller dess delar. <i>I Tunnel 99 används begreppet den tekniska beskrivningen som ett samlingsnamn för alla aktuella objektspecifika tekniska beskrivningar.</i>
Översiktsritning	En ritning som visar systemens principiella uppbyggnad och funktion samt lägesorientering.

1.4 Redovisning av konstruktionshandlingar

Redovisningen skall omfatta följande handlingar

- PM avseende trafikteknisk standard
- rapport över förundersökningar avseende geologiska och hydrologiska förhållanden
- sammanställningsritning
- översiktsritningar, systembeskrivningar och förteckningar (upprättas där så erfordras)
- detaljritningar och övriga handlingar
- beräkningar och utredningar
- arbetsbeskrivningar (upprättas där så erfordras)
- kontrollplaner för tilläggskontroll.

1.4.1 PM avseende trafikteknisk standard

PM avseende trafikteknisk standard skall innehålla resultat av analys enligt avsnitt 2.3.1.

1.4.2 Rapport över förundersökning för tunnel i berg

Dokumentationen av förundersökningen skall innehålla uppgifter enligt bilaga 2.

1.4.3 Sammanställningsritning

En sammanställningsritning skall upprättas.

På sammanställningsritningen skall uppgifter enligt bilaga 4 vara angivna.

1.4.4 Översiktsritning och systembeskrivning

På översiktsritningar som visar använda konstruktionsprinciper och installationssystem skall systemens placering samt principiella uppbyggnad och funktion samt gränssytor mot anslutande system framgå. Hänvisning skall göras till detaljritningar. På översiktsritningar skall uppgifter enligt bilaga 5 vara angivna.

Exempel på konstruktionsprinciper som bör redovisas är förstärkningskonstruktioner och tätningsåtgärder i en bergtunnel.

Följande system bör även redovisas:

- VA-system*
- VVS-system*
- ventilationssystem*
- elkraftförsörjning t ex principiell uppbyggnad, kanalisationsprincip*
- belysningssystem*
- styr- och övervakningssystem*
- kommunikationssystem*
- vägutrustningar.*

Uppställnings-, förtecknings- och samordningsritningar är exempel på översiktsritningar, se BYGGHANDLING 90 (SIS-Standardiseringskommisionen i Sverige).

1.4.5 Detaljritning och övriga handlingar

1.4.5.1 Allmänt

Detaljritningar och övriga handlingar skall upprättas för bärande huvudsystem, inredning, el- och ventilationsinstallationer samt för VA- och VVS-installationer.

För produkter i standardutförande skall leverantörens ritningar med fullständig specifikation redovisas. För produkter som inte är i standardutförande skall fullständiga konstruktionshandlingar upprättas. Ritningarna skall kompletteras med detaljritningar över infästningsanordningar m m.

Med standardutförande avses en installation som ingår i leverantörs lagersortiment med specificerade data och prestanda.

1.4.5.2 Bärande huvudsystem av betong eller stål

På detaljritningar för betong- respektive stålkonstruktion skall, förutom erforderliga uppgifter enligt BBK respektive BSK, uppgifter enligt bilaga 6 anges.

1.4.5.3 Bärande huvudsystem av berg

Ritningar som redovisar förstärknings- och tätningsåtgärder skall upprättas. Ritningar skall redovisa tolkad information avseende berg- och grundvattenförhållanden samt förstärknings- och tätningsåtgärder etc.

Ritningarna är före tunneldrivningens påbörjande grundade på ingenjörgeologiska prognoser enligt bilaga 3.

På ritningarna indelas tunneln i avsnitt med likartade förstärknings- och tätningsförhållanden med väl definierade förstärknings- och tätningsåtgärder.

På detaljritningar för berg skall uppgifter enligt bilaga 6, avsnitt 2 anges.

Betongkonstruktion redovisas på detaljritningar enligt de krav som gäller enligt bilaga 6, avsnitt 1.

Om resultatet av bergkarteringen efter utsprängning visar att på detaljritningen angivna förhållanden och uppgifter väsentligt ändrats, skall denna revideras.

1.4.5.4 Inredning och vägkonstruktion

På detaljritningar för inredning skall uppgifter i tillämpliga delar enligt bilaga 6, avsnitt 1 införas.

På detaljritning för vägkonstruktion skall väggkroppens uppbyggnad redovisas med uppgifter om material, dimensioner och nivåer, jämnhetsklass och tvärfallsklass.

Uppbyggnaden visas lämpligast med ett antal typsektioner, eventuellt kompletterade med tabeller.

1.4.5.5 Installationer

Installationsritningar (plan- och sektioner) med apparatplaceringar över driftutrymmen, tunnel och yttre anläggningar skall redovisas.

1.4.5.5.1 Einstallation

Ritningar och övriga handlingar skall redovisas enligt följande

- installationsritningar (planritningar) med separat redovisning för t ex yttre anläggningar, kanalisation, kraftförsörjning, belysning, elvärme, motordrift, teleutrustning, styr- och trafikutrustningar
- förbindningsdokument som erfordras för utförande av förbindningarna i en utrustning eller utrustningsdel.

Förbindningsdokument är förbindningstabeller, kabeltabeller och plintkort.

Ritningar kan upprättas med ledning av BRO 94, 80.43.

1.4.5.6 VA- och VVS-anläggning

Installationsritningar (plan- och sektioner) med apparatplaceringar över driftutrymmen, tunnel och yttre anläggningar skall redovisas.

VA- och VVS-anläggningar skall redovisas på separata ritningar och/eller på ledningsritningar så att samordning framgår med andra markförlagda ledningar och tekniska anläggningar.

Ledningar, brunnar m m redovisas på planritningar med angivande av rörtyper, material och dimension samt vattengångsnivåer för brunnar och punkter där ledningar vinkeländras.

1.4.6 Beräkning och utredning

Beräkningen skall förses med innehållsförteckning och skall inledas med en systemskiss av konstruktionen samt en sammanfattning av gjorda antaganden och hur beräkningen eller utredningen i princip genomförts.

En beräkning/utredning skall vara tydligt upprättad och försedd med figurer och förklarande text, hänvisningar och uppgifter om förutsättningar och lastantaganden etc i sådan omfattning att den lätt kan följas och kontrolleras.

Om beräkningsätt, formler, antaganden eller tabellvärden används, som inte kan anses allmänt kända, bör förklaring och härledning eller litteraturhänvisning lämnas.

1.4.6.1 Bärförmåga

Beräkningar och utredningar avseende dimensionering av bärande huvudsystem, inredning och installationer skall upprättas.

När sättet för konstruktionens utförande (tillverkning, montering, gjutordning, ställningsoperationer m m) inverkar på bärförmågan skall redogörelse för detta lämnas i beräkningens inledning.

1.4.6.2 Elinstallation

Beräkningar avseende bl a spänningsfall, kortslutningseffekter, belysning och kommunikationsbehov skall redovisas.

1.4.6.3 Luftkvalitetsberäkning

Beräkningar av luftkvalitet skall omfatta:

- redovisning av trafiksituationer för emissionsberäkningar
- emissionsberäkningar
- ventilationstekniska beräkningar
- spridningsberäkningar
- beräkning av tornhöjd för utsläpp från ventilationstorn.

1.4.6.4 Beräkning av brandgaskontroll

Redovisningen skall omfatta beräkningar av erforderlig flätkapacitet för brandventilation.

1.4.6.5 VA-anläggning

Redovisningen skall omfatta beräkningar av dimensionerande flöden för dag-, spol- och dränvatten samt dimensionering av eventuella pumpverk och reningsanläggningar.

1.4.6.6 Utrymning

Redovisningen skall visa att säker utrymning vid händelse av brand kan genomföras, se avsnitt 4.4.

1.4.7 Arbetsbeskrivning

En separat arbetsbeskrivning skall vara åberopad på en arbetsritning.

Exempel på en separat arbetsbeskrivning är svetsplan samt arbetsbeskrivning för schaktarbeten, sprutbetongarbeten och bultmontage samt för uppspanning av spännarmering.

1.4.8 Kontrollplan för tilläggskontroll

En kontrollplan skall innehålla en allmän del och en teknisk del.

Kontrollplaner bör upprättas av konstruktörer/bergprojektörer i samråd med entreprenör.

Den allmänna delen skall innehålla uppgifter om

- omfattning av tilläggskontroll
- krav på speciell dokumentation
- krav på rapportering av eventuella avvikelser från kontrollplanen
- speciella förutsättningar för kontrollplanen.

Den tekniska delen skall innehålla detaljerade krav för hur tilläggskontrollen skall utföras för känsliga och utsatta delar i en konstruktion. Omfattningen av sådana kontrollåtgärder som föranleds av speciella arbetsprocedurer skall vara angiven.

Obligatoriska punkter i kontrollplanen framgår, för grundläggning av BRO 94, avsnitt 35.2, för betongkonstruktioner av BBK, avsnitt 9.6.4, för stålkonstruktioner av BRO 94, avsnitt 56.32 och BSK, avsnitt 9:7 samt, för tunnel i berg, av avsnitt 3.4.6.

1.5 Godtagande av konstruktionshandlingar

Tunnlar skall utföras enligt konstruktionshandlingar, enligt avsnitten 1.4.3 t o m 1.4.8, som godtagits av beställaren.

En konstruktionsdel får inte utföras förrän godtagna konstruktionshandlingar föreligger på tillverkningsplatsen.

Formbyggnadsritningar, undertecknade av ansvarig konstruktör, bör finnas tillgängliga på arbetsplatsen. Av ritningarna bör bl a framgå förväntade deformationer.

Tillfälliga konstruktioner, som påverkar bärförmågan eller beständigheten hos ett annat byggnadsverk eller säkerheten för allmänheten eller som berör allmän trafik, skall utföras enligt handlingar som godtagits av beställaren.

1.6 Bekräftelse av överensstämmelse med krav på produkter

Detta avsnitt följer indelningen i Byggproduktdirektivet, bilaga 3.

Vid respektive produkt anges vilket alternativ som minst krävs avseende bestyrkandet av överensstämmelse med ställda krav.

Där det för respektive produkt anges att verifiering

- minst skall göras enligt avsnitt 1.6.2.2 godtas även certifiering enligt avsnitt 1.6.1
- minst skall göras enligt avsnitt 1.6.2.3 godtas även certifiering enligt avsnitt 1.6.1
- minst skall göras enligt avsnitt 1.6.2.4 godtas även verifiering enligt avsnitt 1.6.2.2 och 1.6.2.3 samt certifiering enligt avsnitt 1.6.1.

Om inget annat sägs förutsätts verifiering enligt avsnitt 1.6.2.4 gälla.

1.6.1 Certifiering av produkter

Certifiering skall utföras av organ som ackrediterats av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll, SWEDAC, eller av annat ackrediteringsorgan som kan visa att de uppfyller och tillämpar kraven i SS-EN 45 010. Certifieringen skall utföras på basis av provning/besiktning enligt krav som anges för respektive produkt. Provnings/besiktningen skall utföras enligt avsnitt 1.6.3.

I förekommande fall anges för respektive produkt ytterligare krav på certifieringsorganet.

Avsnitt 1.6.1 avser bestyrkande av överensstämmelse enligt Byggproduktdirektivet, bilaga 3, första punkten.

1.6.2 Verifiering av produkter

1.6.2.1 Allmänt

Verifiering, dvs tillverkardeklaration, skall ske på basis av krav som anges för respektive produkt.

Tillverkardeklarationen bör i princip utformas enligt SS-EN 45 014.

1.6.2.2 Verifiering, alternativ 1

Tillverkaren skall ha ett kvalitetssystem för sin egenkontroll som är certifierat av ett organ som är ackrediterat av SWEDAC eller av annat ackrediteringsorgan som kan visa att de uppfyller och tillämpar kraven i SS-EN 45 010. Certifieringen skall ske på basis av krav som anges för respektive produkt.

I förekommande fall anges för respektive produkt ytterligare krav på certifieringsorganet.

Avsnitt 1.6.2.2 avser bestyrkande av överensstämmelse enligt Byggproduktdirektivet, bilaga 3, andra punkten, första alternativet.

1.6.2.3 Verifiering, alternativ 2

Provnings-/besiktningen skall utföras enligt avsnitt 1.6.3.

Avsnitt 1.6.2.3 avser bestyrkande av överensstämmelse enligt Byggproduktdirektivet, bilaga 3, andra punkten, andra alternativet.

1.6.2.4 Verifiering, alternativ 3

1.6.2.4 avser bestyrkande av överensstämmelse enligt Byggproduktdirektivet, bilaga 3, andra punkten, tredje alternativet.

Denna typ av tillverkardeklaration innebär att tillverkaren ensam svarar för hela provningen och kontrollen.

1.6.3 Provning och besiktning

Provnings-/besiktningen skall utföras av organ som ackrediterats av SWEDAC eller av annat ackrediteringsorgan som kan visa att de uppfyller och tillämpar kraven i SS-EN 45 010.

I förekommande fall anges för respektive produkt ytterligare krav på provnings-/besiktningensorganet.

Vid avrundning av resultat från provning skall avrundningsregel B enligt SS 01 41 41 användas.

1.7 Dokumentation

Omfattningen av relationshandlingar, driftinstruktioner och skötsel- och underhållsorganisationens behov under installationernas livslängd.

Omfattningen skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

Vid avrundning av resultat från provning skall avrundningsregel B enligt SS 01 41 41 användas.

1.7.1 Instruktion för drift och underhåll

Instruktioner för drift och underhåll skall upprättas.

Drift- och underhållsinstruktioner är handlingar som beskriver hur anläggningen med installationer skall drivas, skötas och underhållas med hänsyn till kraven på beständighet, driftsäkerhet, energihushållning, påverkan på hälsa och miljö, trafiksäkerhet etc.

Särskild driftinstruktion för säkerhetsanordningar bör upprättas för polismyndighet och räddningstjänst samt berörd driftpersonal, så att tunnelns säkerhetsutrustning kan manövreras på ett säkert och effektivt sätt i varje tänkbar nödsituation.

Beredskapsplaner bör upprättas och berörd personal tränas regelbundet i brand- och utrymningsövningar.

I den tekniska beskrivningen skall vara angivet vilka handlingar som skall upprättas och vid vilken tidpunkt de skall föreligga.

En trafikanordningsplan för olika trafik- och driftincidenter skall upprättas.

1.7.2 Riskhantering

Ett säkerhetskoncept med riskanalys enligt avsnitt 2.3.2 skall upprättas.

1.7.3 Instruktion för transporter med farligt gods

En instruktion för transporter med farligt gods skall upprättas om det finns restriktioner för sådana transporter.

1.7.4 Brandskyddshandlingar

En beredskapsplan och en brandskyddsdocumentation enligt avsnitt 4.1.1 skall upprättas. Planen skall även innefatta explosionsscenarier.

Brandskyddsdocumentationen kan utformas enligt Brandskyddsdocumentation (Svenska Brandförsvarsföreningen).

1.7.5 Relationshandling

1.7.5.1 Allmänt

Relationshandlingar, enligt omfattning redovisad i bilaga 7, avsnitt 1, skall upprättas för samtliga bygg- och reparationsobjekt och undertecknas av ansvarig person hos entreprenören.

I relationshandlingen skall i förekommande fall anges om ett tillfälligt byggnadsverk ligger kvar eller har rivits ut alternativt avstängts.

Exempel på sådant byggnadsverk är arbetstunnel under byggskede och tillfällig bro.

1.7.5.2 Karteringsritning för tunnel i berg

Karteringsritningar skall upprättas fortlöpande och redovisa uppgifter enligt bilaga 7, avsnitt 2.

Vid redovisningen skall tunneln delas in i lämpliga avsnitt.

Uppgifterna skall omfatta den ingenjörgeologiska basinformationen med indelning i avsnitt med likartade bergtekniska egenskaper. Karteringen av dessa uppgifter skall utföras direkt efter utsprängning.

Berg som förstärks under byggnadstiden med t ex sprutbetong skall karteras innan berget döljs.

Karteringsritning skall också innehålla detaljerade uppgifter om slutligt utförda förstärknings- och tätningsåtgärder.

Karteringen ingår som en viktig del i verifieringen av berg-tunnels motståndsförmåga, se kapitel 3, och utgör dessutom underlag för framtida inspektioner och underhåll.

Vägledning för upprättande av karteringsritning kan hämtas ur Bergteknik, Anvisning för redovisning (Vägverket). Kartering av berget och åtgärder bör om möjligt redovisas på samma ritning.

1.7.5.3 Mätprotokoll

Ett mätprotokoll avseende inmätning av tunnel skall utöver mätresultaten innehålla datum för mätningen samt uppgift om lufttemperatur och i förekommande fall vattentemperatur vid mätningen.

Inmätningen avser t ex fogöppningar samt tunnelns geometri, se även avsnitt 3.5.3.4 angående mätningsanordningar.

1.7.5.4 Relationsritning

På originalritningen införs begreppet "RELATIONSRLITNING" med 5 mm textstorlek i utrymmet med bredden 110 mm och höjden 150 mm som blir synligt även efter ritningens vikning.

Revideringsmarkeringar i form av "moln" eller dylikt bör inte tas bort då ritningarna görs om till relationsritningar.

2 Förutsättningar

2.1 Allmänt

I detta kapitel anges grundläggande förutsättningar som skall beaktas vid planering, projektering och byggande av vägtunnlar.

De i detta kapitel angivna förutsättningarna har väsentlig inverkan på tunnelns utformning och de totala kostnaderna för tunneln. Förutsättningarna bör därför vara specificerade i ett tidigt projektskede.

Särskilda krav återfinns även i:

- kapitel 3, Bärförmåga, stadga och beständighet
- kapitel 4, Brandskydd
- kapitel 5, Hälsa och miljö
- kapitel 6, Säkerhet vid användning
- kapitel 7, Skydd mot buller och vibrationer
- kapitel 8, Installationer, VA-anläggningar och övrig utrustning.

En tunnel skall vara så utformad, utförd och utrustad att risken för skador på människor, miljö och egendom (inklusive trafikavbrott) begränsas, såväl under byggtiden som under drifttiden.

Krav avseende miljöpåverkan är redovisade i kapitel 5.

Kraven utgår från Miljökvalitetsnormer, MKN. Enligt Miljöbalken gäller att tillstånd inte får beviljas för en verksamhet som medverkar till att en MKN överskrids.

En tunnels tvärsektion skall vara bestämd så att tillräckligt utrymme erhålls för trafikutrymme, förstärkningskonstruktion ingående i bärande huvudsystem, inredning, vägkonstruktion samt installationer.

Den trafiktekniska standarden skall väljas enligt VU 94, del 4 med här angivna ändringar, tillägg och förtydliganden.

Redovisningen av för tunneln använda förutsättningar skall omfatta:

- problemanalys
- trafikanalys och teknisk livslängd
- omgivningsanalys
- riskanalys.

Omfattningen av redovisning av vald konstruktiv standard framgår av avsnitt 1.4.

2.2 Definitioner

Aggressivt vatten	Vatten som vid analys enligt VVMB 905 Bestämning av vattens korrosiva egenskaper (Vägverket) uppvisar någon av följande egenskaper: pH < 6,5 vattenhårddheten < 20 mg Ca/l (totalhårddhet) alkaliniteten < 1 mekv/l ledningsförmågan > 100 mS/m.
Längsventilation	Ventilation av trafikutrymmet sker enbart längs tunneln.
Risk	Ett uttryck av fara som oönskade händelser kan ha för människor, egendom och miljö. Risk definieras som sammanvägning av sannolikhet och konsekvens av oönskad händelse.
Risikanalys	Ett systematiskt förfarande för att beskriva och/eller beräkna risker. Riskanalys omfattar identifiering av oönskade händelser samt orsaker och konsekvenser av dessa händelser.
Teknisk livslängd	Den förväntade tid under vilken en konstruktion med normalt underhåll uppvisar erforderlig funktionsduglighet. <i>Krav på teknisk livslängd uttrycks som TLK X där TLK avser Teknisk livslängdsklass och X anger krav på teknisk livslängd uttryckt i år som förväntas uppnås med minst 90 % sannolikhet. Medelvärde av teknisk livslängd antas vara minst 25 % större än X. Förväntad medellivslängd är således 150 år för TLK 120, 100 år för TLK 80, 50 år för TLK 40 och 25 år för TLK 20.</i>
Tunnelklass	Tunnelklassen definierar standarden på säkerhetsutrustningen i tunnarna så att en likartad säkerhetsnivå kan erhållas oberoende av trafik och andra förhållanden.
Tvärventilation	Ventilationen av trafikutrymmet sker genom luftombyte via längs tunneln fördelade till- och frånluftöppningar. Vid halv tvärventilation är trafikutrymmet delvis längsventilerat och till- eller frånluftning sker även via längs tunneln fördelade öppningar.

Underhåll	De åtgärder som utförs för att återföra egenskaper hos konstruktioner, anläggningar och anordningar mot den nivå som avsetts vid byggande eller förbättring.
Vägmiljö	Till vägmiljö hänförs i trafikutrymme belägen anläggningsdel som är starkt påverkad av t ex klorider och nedsmutsning, se avsnitt 2.5.2.1.

2.3 Trafikteknisk standard

I en utredning avseende val av trafikteknisk standard skall framgå:

- referenshastighet
- separeringsform
- sektions-, linjeförings- och korsningsstandard
- krav på belysning och visuell ledning
- åtgärder för personer med funktionshinder
- tunnelklass med behov av trafikövervaknings-, trafikinformations- och trafikstyrningssystem samt nivå på brandbekämpning och utrymning
- behov av anordningar och utrymmen för drift och underhåll, se avsnitt 2.6
- typ av ventilation, se avsnitt 2.5.4
- säkerhetskoncept.

En trafikanalys skall utföras enligt VU 94, del 4.

2.3.1 Trafikanalys

För tunnlar skall särskilt klarläggas:

- för vilka farligt godstransporter som dimensionering skall ske
- om långsamgående trafik, fotgängare och cyklister skall tillåtas
- för vilken trafiksituation emissionsberäkningar skall ske.

2.3.1.1 Transporter av farligt gods

Farligt gods klassificeras beroende på explosivitet, brandfarlighet, giftighet etc enligt förordningen om transport av farligt gods, SFS 1982:923.

Trafikanalysen skall fastlägga för vilka klasser av farligt godstransporter som tunneln skall upplåtas för.

Grundkraven i Tunnel 99 förutsätter att transporter av farligt gods tillhörande godsklasserna 1, explosiva ämnen, utöver frimängd, och 2, kondenserade, kyllda eller under tryck lösta gaser, inte tillåts i tunneln.

Om transporter av klass 1 och 2 enligt förordningen om transport av farligt gods, SFS 1982:923, skall tillåtas i tunneln skall särskilda åtgärder bestämmas efter särskild utredning.

Övriga klasser av farligt gods kan utan restriktioner transporteras i tunnlar utförda enligt Tunnel 99, med undantag för konstruktioner där konsekvenserna av olyckslastfallen brand och explosion är särskilt stora, till exempel tunnlar under vatten eller direkt under byggnader. För sådana konstruktioner skall restriktioner och skyddsåtgärder bestämmas efter särskild utredning.

I kapitel 3,4, 6 och 8 är den dimensionerande olyckslasten samt kraven på säkerhetsåtgärder differentierade med hänsyn till typen av farligt gods som tunneln avses upplåtas för.

2.3.1.2 Långsamtgående trafik

För tunnlar där långsamtgående trafik, fotgängare och cyklister tillåts skall eventuella särskilda krav på separering, belysning och ventilation vara angivna i PM avseende trafikteknisk standard och i den tekniska beskrivningen.

2.3.1.3 Trafiksituation för emissionsberäkningar

En emissionsberäkning skall utföras för den normala trafiksituation som bedöms ge högst emissionsnivåer under tunnelns ekonomiska livslängd.

Onormala trafiksituationer är incidenter, olyckor och dylikt.

När en särskild trafikprognos saknas skall

- dimensionerande timme för trafiksituation för emissionsberäkning sättas till 12 % av ÅDT under öppningsåret för landsbygdsvägar och genomfarter i tätorter och till 9-10 % för övriga vägtyper i tätortsmiljö
- lastbilsandelen väljs enligt VU 94, Tabell 4.2.2.1-2
- fördelning på fordonskategorier väljs enligt Emissionsberäkning för vägtunnlar (Vägverket).

Om trafikprognosen visar att anläggningen kan få en högre belastningsgrad än 0,8 skall emissionsberäkning enligt Emissionsberäkning för vägtunnlar (Vägverket) även göras för en kösituation.

2.3.2 Säkerhetskoncept och riskanalys

Tunnlar skall utformas så att riskerna förknippade med nyttjande av vägalternativ som innehåller passage av tunnlar inte är större än för vägalternativ där inga tunnlar ingår.

Ett säkerhetskoncept skall upprättas.

Riskanalyser skall genomföras för att bestämma:

- behov av trafikövervaknings-, trafikinformations- och trafikstyrningssystem enligt avsnitt 6.2
- dessas påverkan på val av typsektion enligt avsnitt 2.3.4
- säkerhetsutrustning enligt avsnitt 6.2.2 till 6.2.4
- förläggning av externa ledningsägares installationer enligt avsnitt 2.4.2
- olyckslast enligt avsnitt 3.3
- dimensionerande brandeffekt enligt avsnitt 4.3
- om fasta släcksystem enligt avsnitt 4.5.4 skall installeras
- val av ventilationssystem enligt avsnitt 2.5.4
- om skiljevägg enligt avsnitt 2.5.4 måste utföras.

Syftet med riskanalysen är att identifiera och kvantifiera risker för att kunna eliminera eller reducera dem samt att jämföra olika utförandealternativ vid beslut angående åtgärder i investerings- respektive driftskedet.

Riskanalysen skall dels visa risk vid tunnelns utförande, dels risk år 20 efter anläggningens färdigställande. Till skadekonsekvenser av sak- och miljöskada skall även föras följdkostnader för samhället, exempelvis kostnader för trafikavbrott och återanskaffning, samt konsekvenser för tredje man, exempelvis kostnader för skada på annan anläggning och för produktionsbortfall.

Riskanalysen skall ange sannolikheter för tänkbara olyckor samt deras konsekvenser och skall även omfatta eventuella olyckor i samband med tunnelns utförande. En riskanalys avseende brand och farligt gods skall utföras efter samråd med den lokala räddningstjänsten.

Riskanalysen skall utgöra verifiering av säkerhetskonceptet.

Använda ingångsdata, jämförelseobjekt och beräkningsmodeller skall dokumenteras, se avsnitt 1.4.

Riskanalysen skall göra det möjligt att:

- skatta olyckskonsekvenser med beaktande av valt säkerhetskoncept
- identifiera de största bidragen till den totala risken
- skatta den totala risken
- jämföra nyttan med kostnaden för alternativa riskreducerande lösningar.

Exempel och metoder för genomförande av riskanalys framgår av bilaga 8.

2.3.3 Referenshastighet

Referenshastigheten skall väljas enligt VU 94 med följande kommentar.

Anläggningskostnader för tunnlar är så höga att sänkt referenshastighet normalt bör övervägas.

2.3.4 Typsektion

Typsektioner skall väljas enligt VU 94 med följande tillägg.

Typsektion skall väljas samordnat med val av trafikövervaknings-, informations- och trafikstyrningssystem.

Trafikövervakning med heltäckande detektering av stillastående fordon, automatlarm och körfältssignaler bör kunna motivera minskat behov av vägren, haverifickor o dyl för uppställning. Behovet bör klarläggas i riskanalysen.

2.3.5 Linjeföring

Linjeföring skall väljas enligt VU 94 med följande kommentar.

Långa lutningar innebär både i nerförs- och uppförsbacke låga hastigheter för tunga fordon och kraftiga dynamiska, kortvariga kapacitetsnedsättningar.

2.3.6 Tillgänglighet för personer med funktionshinder

En utformning som ger personer med funktionshinder samma tillgänglighet som andra till det aktuella vägavsnittet skall eftersträvas.

Särskilda krav för att öka tillgängligheten för personer med funktionshinder skall vara angivna i PM avseende trafikteknisk standard.

2.3.7 Belysning och visuell ledning

Krav utöver VU 94 vad gäller belysning och visuell ledning skall vara angivna i PM avseende trafikteknisk standard.

2.3.8 Tunnelklass

Tunnlar skall konstrueras i någon av tunnelklasserna TA, TB eller TC, Tunnelklass TC innebär basstandard som skall uppfyllas av alla tunnlar. Tunnlar som uppfyller krav för tunnelklass TC kan upplåtas för transporter av farligt gods enligt avsnitt 2.3.1.1.

Tunnelklass TA och TB innebär höjd/ökad standard beträffande styrnings- och övervakningssystem och är främst avsedda för högratifierade tunnlar samt tunnlar med komplicerade trafiklösningar eller stor längd.

Metoder för val av tunnelklass framgår av avsnitt 6.2.1.

Tunnelklass och behov av trafikövervakning, information och styrning skall utvärderas i samband med riskanalysen.

Vald tunnelklass skall vara angiven i PM avseende trafikteknisk standard.

2.4 Sidoutrymmen

2.4.1 Installationer för tunnelns funktion

Behov av och krav på utrymmen för installationer skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Utrymme bör reserveras för framtida utbyggnad av installationssystem.

2.4.2 Externa ledningsägares installationer

Ledningar för transport av fjärrvärme, gas och andra ämnen, som vid rörbrott eller läckage kan innebära allvarliga konsekvenser för trafikanter eller för tunnelns bärförmåga, stadga och beständighet får inte förläggas i vägtunnlar utan särskilt tillstånd från väghållaren.

Ansökan från externa ledningsägare om förläggning av ledningar i eller i anslutning till en vägtunnel skall åtföljas av utredning innehållande dels riskanalys enligt avsnitt 2.3.2, dels dokumentation rörande åtgärder för att begränsa skadeverkningar vid t ex rörbrott.

2.5 Konstruktiv standard

2.5.1 Teknisk livslängd

Den tekniska livslängden skall väljas enligt VU 94 avsnitt 4.2.1 med följande ändringar, tillägg och förtydliganden:

- kraven på teknisk livslängd för olika anläggningsdelar och installationer i tunnlar specificeras i Tabell 2.5-1. För andra anläggningsdelar än bärande huvudsystem kan annan teknisk livslängd tillämpas om denna motiveras med livskostnadsberäkning och anges i den tekniska beskrivningen. I livskostnadsberäkningen skall även trafikantkostnader förknippade med avstängning för reparation eller utbyte ingå.

Livskostnadsberäkning kan vara lämpligt för utrustning inom områden med snabb teknikutveckling.

- kraven på teknisk livslängd för vägkonstruktioner samt verifikationsmetoderna för dessa framgår av VÄG 94, kapitel 1 Gemensamma förutsättningar.

Tabell 2.5-1 Teknisk livslängd

Anläggningsdel/Installation	TLK
Bärande huvudsystem, undergrund ¹⁾	120
Inredning exklusive inklädnad	80
Inklädnad Ledningar, brunnar etc	40
Säkerhetsutrustning Ventilationsanläggning inklusive huvudfläktar Mekanisk utrustning för vatten och avlopp såsom pumpar m m	20

- 1) För tunnlar av betong eller stål med jordövertäckning mindre än 10 m kan bärande huvudsystem utföras i TLK 80 förutsatt att tunnelarna inte ligger under vatten eller att marken över tunnelarna inte avses att bebyggas.

För betongkonstruktioner gäller att

- TLK 40 motsvarar livslängdsklass L0
- TLK 80 motsvarar livslängdsklass L1
- TLK 120 motsvarar livslängdsklass L2.

Krav på teknisk livslängd avser helt system av anläggningsdelar eller installationer.

Det får förutsättas att vissa komponenter, exempelvis slitdelar, kan behöva renoveras eller bytas under den angivna tekniska livslängden.

Underhållsplaner som innehåller underhålls- eller bytesfrekvens skall upprättas och ingå i instruktionen för drift och underhåll enligt 1.7.1.

2.5.2 Miljö- och korrosivitetsklasser

Med hänsyn till aggressiviteten mot konstruktionsmaterialen stål och betong indelas miljön i och kring tunnlar i olika klasser beroende på användningssätt och läge i förhållande till omgivning och trafik.

2.5.2.1 Indelning

Till marin miljö hänförs anläggningsdel i jord eller berg belägen:

- under fri vattenyta med salt eller bräckt vatten
- under fri vattenyta med sött vatten och jord eller då bergtäckningen är mindre än 5 m
- under fri vattenyta med sött vatten och berget innehåller starkt vattenförande zoner
- i område med aggressivt grund- eller ytvatten.

Med fri vattenyta avses vattenyta för hav, sjö eller annat vattendrag.

Till vägmiljö hänförs i trafikutrymme belägen anläggningsdel som ligger inom 300 m avstånd från tunnelinfart eller inom 100 m avstånd från tunnelutfart, se Figur 2.5-1. Vid tunnlar, som är längre än 400 m respektive 600 m (enkel- respektive dubbelriktad trafik), begränsas vägmiljöns utsträckning för de inre delarna till att enbart gälla konstruktioner som är belägna lägre än 1,0 m över vägbanans nivå. Till vägmiljö räknas även fyllning under vägbanan i tunnel.

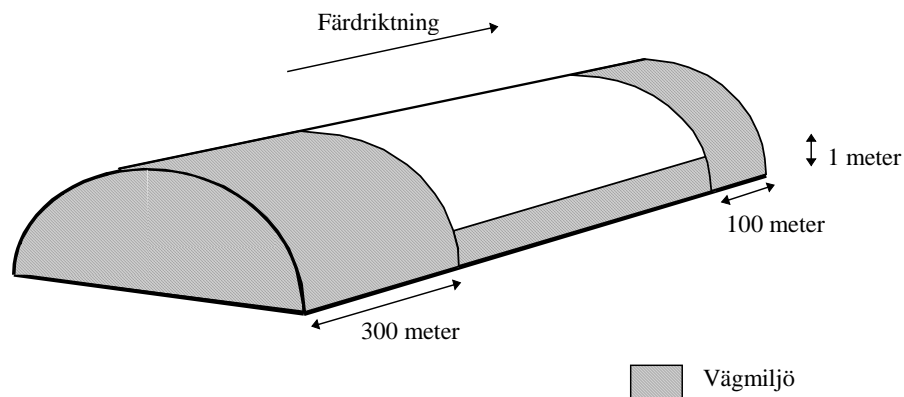
För sådan anläggningsdel som är skyddad av tät inklädnad godtas att vägmiljö inte tillämpas.

I den tekniska beskrivningen skall vara angivet om vägmiljö skall tillämpas för anläggningsdel som är skyddad av tät inklädnad.

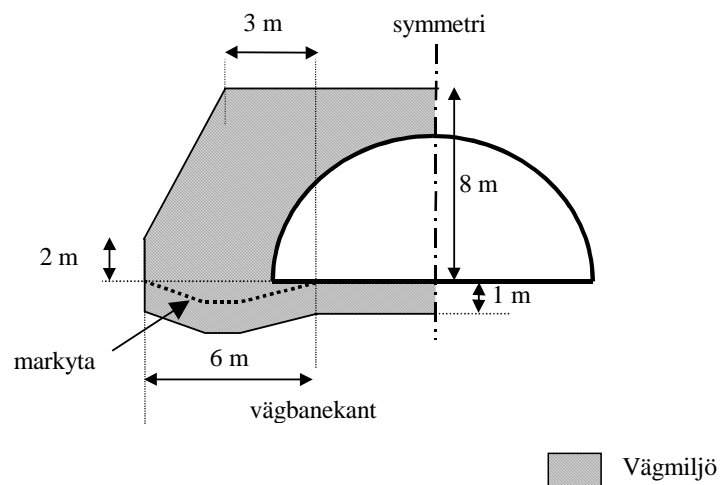
Inklädnad betraktas som tät om den förhindrar att bakomliggande konstruktioner exponeras för luftföroreningar, salt och upprepade frostcykler. Vattenisolering under vägkonstruktion och som är utförd enligt BRO 94, kap 62 jämföras med tät inklädnad.

Till vägmiljö hänförs anläggningsdelar eller del av anläggningsdelar, exempelvis portaler, bergslänter och stödmurar, som är belägna i

trafikutrymme utanför tunnelmynning inom det område som visas i Figur 2.5-2.



Figur 2.5-1 Vägmiljö i trafikutrymme.



Figur 2.5-2 Vägmiljö utanför tunnelmynning

Till vägmiljö hänförs i sidoutrymme belägen anläggningsdel som kan komma att bli exponerad för dag- och spolvatten, exempelvis bassänger och pumputrymmen.

Gränsen mellan de olika miljö- och korrosivitetsklasserna skall väljas enligt följande:

- vid utförande med betong mot berg skall hela betong-/sprutbetongdelen, i det fall särskilt tätningsskikt mot jord, berg eller vatten saknas, anses tillhöra den miljöklass som har den största aggressiviteten av miljöerna på betong-/sprutbetongdelens insida respektive utsida.
- vid utförande med tätskikt skall detta förutsättas vara avgränsningen mellan utrymmen i tunneln och omgivande jord, berg eller vatten
- vid berg som inte är täckt av någon förstärkning skall avgränsningen mellan utrymmet i tunneln och omgivande berg anses ligga 50 mm in i berget.

2.5.2.2 **Betong- och stålkonstruktioner**

För betong- och stålkonstruktioner skall lägst de i Tabell 2.5-2 och Figur 2.5-3 angivna klasserna användas. Tabellen baseras på miljöklasser enligt BBK och korrosivitetsklasser enligt BSK.

För konstruktionsdel av stål som täcks med betong eller sprutbetong kan miljöklasser avseende armering tillämpas.

För konstruktionsdelar av stål i berg skall korrosivitetsklasserna R1 till R3 användas.

I tabellen angivna sifferbeteckningar hänförs till Figur 2.5-3.

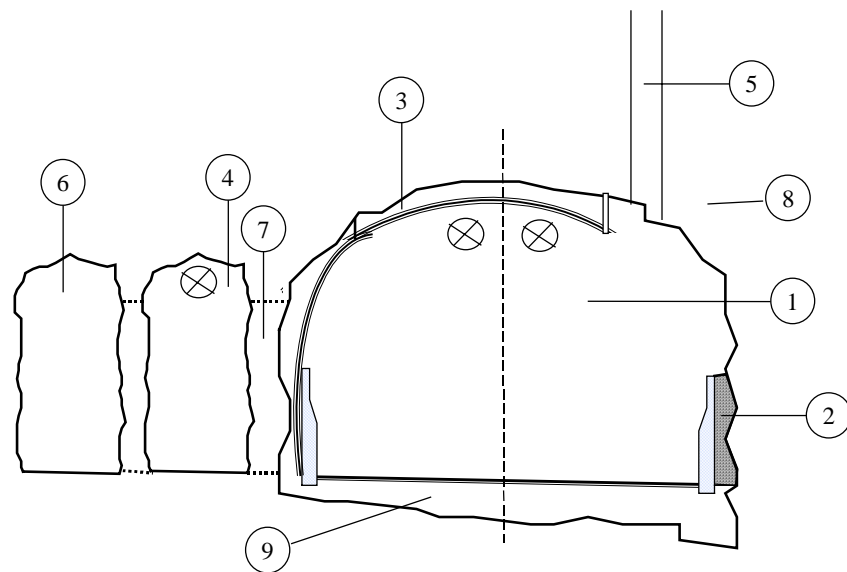
Tabell 2.5-2 Miljö- och korrosivitetsklasser för konstruktionsdelar av betong- och stål

	Enligt figur 2.5-3	Betong	Armering	Konstruktionsstål
Trafikutrymme				
Vägmiljö	1	B4	A4 ¹⁾	C5-I
Övrigt trafikutrymme	1	B3	A3	C5-I
Sidoutrymme				
Bakom ej tätt slutande inklädnad, exempelvis barriärelement	2	B3	A3	C5-I
Bakom tätt slutande inklädnad, exempelvis innertak och innervägg	3	B3	A2	C4
Uppvärt och ventilerat sidoutrymme	4	B2	A2	C3
Ventilationsutrymme för avgasluft	5	B3	A3	C5-I
Övrigt sidoutrymme	6	B3	A2	C4
Utrymningsväg				
Utrymningsväg	7	B3	A2	C4
Omgivande jord och berg				
Marin miljö	8	B4	A4	R3, Im3
Övrig omgivande miljö i berg	8	B3	A2	R2 ²⁾ , Im3
Omgivande vatten				
Sött vatten	8	B3	A2	Im1
Havsvatten eller bräckt vatten	8	B4	A4	Im2
Fyllning under vägyta				
Vägmiljö	9	B4	A4 ³⁾	Im3

¹⁾ Baksidor på väggar och tak samt ving- och stödmurars jordmotfyllda baksidor i vägmiljö godtas utförda i A3 om inte högre krav gäller för omgivande jord, berg eller vatten.

²⁾ För konstruktionsdel av stål i berg, som inte innehåller aggressivt vatten, kan miljöklass R1 tillämpas om systematisk förinjektering är genomförd inom aktuellt bergparti eller vid tillräckligt tätt berg där särskilda tätningsåtgärder ej erfordras.

³⁾ En isolerad och trafikerad bottenplatta i vägmiljö godtas utförd i A3.



Figur 2.5-3 Precisering av miljö- och korrosivitetsklasser (se även Tabell 2.5-1).

2.5.3 Laster

Laster och lastkombinationer för dimensionering med hänsyn till bärförmåga och stadga framgår av avsnitt 3.3.

2.5.4 System för ventilation

En tunnel kan ventileras med tre metoder:

- självventilation
- längsventilation med fläktar
- tvärventilation med fläktar.

Valt ventilationssystem skall vara angivet i PM avseende trafikteknisk standard.

Ventilationssystem skall väljas efter följande kriterier:

- tunnlar kortare än 400 m accepteras för dubbelriktad trafik och utan ventilationstekniska installationer
- tunnlar längre än 400 m i tunnelklass TA skall ur säkerhets- och ventilationssynpunkt förses med skiljevägg mellan trafikriktningarna
- tunnlar i tunnelklass TB får utföras utan skiljevägg mellan trafikriktningarna om riskanalys visar detta
- längsventilation skall normalt användas som system för brandgaskontroll.

2.6 Drift och underhåll

2.6.1 Allmänt

En tunnel skall utformas och utföras så att drift och underhåll av alla ingående delar underlättas och så att dessa kan inspekteras.

En tunnel, inklusive dess installationer, skall vara utformad och utförd på ett sådant sätt att tunnelns totala energiförbrukning för användandet blir liten.

2.6.2 Utrymmen för drift och underhåll

Erforderliga anordningar och utrymmen för att möjliggöra drift och underhåll i form av avstängningsanordningar, parkeringsfickor, vändplatser etc skall vara angivna i PM avseende trafikteknisk standard.

Vid installationsutrymmen som endast kan nå från tunnelröret bör särskild angöringsficka, dimensionerad med hänsyn till verksamheten, anordnas. Dessutom kan uppställningsplats för fordon erfordras i anslutning till tunnels lågpunkter samt i närheten av VA-anläggning för exempelvis slamsugning av sedimenteringsbassäng.

2.6.3 Trafik vid tunnelavstängningar

Möjlighet till avstängning för drift och underhåll samt vid incidenter eller olyckor skall studeras och planeras för. Principerna för detta skall vara angivna i PM avseende trafikteknisk standard.

Det bör eftersträvas att utföra drift och underhållsarbeten med avstängd trafik i det aktuella trafikutrymmet.

2.6.4 Inspektionsmöjlighet

Bärande huvudsystem och inredning skall normalt kunna inspekteras på handnära avstånd.

För att möjliggöra inspektion bör minst 0,5 m fritt utrymme finnas.

Om det bärande huvudsystemet utgörs av berg och 0,5 m fritt utrymme inte uppnås eller handnära inspektion av annat skäl inte är möjlig, till exempel ovanför innertak, skall konstruktionen utformas så att fjärrinspektion kan utföras och inklädnaden utformas lätt demonterbar. De vid detta utförande ökade drifts- och underhållskostnaderna skall utredas och värderas.

Inspektion av mot bergyta motguten inklädnad eller tätt anslutande insprutad drän anses ge tillräcklig information om tillstånd hos bakomliggande bärande huvudsystem.

Principer för hur inspektion skall utföras skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Infästningsanordningars funktion skall kunna kontrolleras.

3 Bärförmåga, stadga och beständighet

3.1 Allmänt

För bärande huvudsystem för bergtunnel skall utöver krav i avsnitt 3.1 t o m 3.3 kompletterande krav enligt avsnitt 3.4 gälla.

För bärande huvudsystem för tunnel i betong eller stål skall utöver krav i avsnitt 3.1 t o m 3.3 kompletterande krav enligt avsnitt 3.5 gälla.

För inredning och vägkonstruktion skall utöver krav i avsnitt 3.1 t o m 3.3 kompletterande krav enligt avsnitt 3.6 gälla.

För installation skall utöver krav i avsnitt 3.1 t o m 3.3 kompletterande krav enligt kapitel 8 gälla.

Vid dimensionering för brand skall avsnitt 4.2 tillämpas.

3.2 Krav

3.2.1 Bärförmåga och stadga

Bärförmågan skall verifieras enligt Boverkets konstruktionsregler, BKR med undantag av punkt 2:321 samt kapitel 3. Lastförutsättningar enligt avsnitt 3.3 skall tillämpas.

Vägledande vid dimensionering som genomförs på annat sätt än med beräkning är att konstruktionsdelens årliga brottsannolikhet bör visas vara mindre än

- 10^{-4} för säkerhetsklass 1

- 10^{-5} för säkerhetsklass 2

- 10^{-6} för säkerhetsklass 3.

Dimensioneringsprinciper, beräkningsmodeller och antagna förutsättningar skall redovisas och motiveras.

Dimensioneringen skall utgå från att såväl statiska system som laster varierar under byggskede, driftskede samt vid olyckslastfall.

3.2.1.1 Bärande huvudsystem

Vid dimensionering skall hänsyn tas till förväntade deformationer, så att erforderlig grad av samverkan med omgivande jord och berg säkerställs.

Bärande huvudsystem för trafikutrymme skall utföras i säkerhetsklass 3 respektive geoteknisk klass GK2 eller GK3 enligt BKR, avsnitt 2:11 respektive 4:21.

Vägledande för val av GK3 kan vara när bergtäckningen är mindre än halva tunnelns spännvidd eller vid sektioner med dålig bergkvalitet, exempelvis $Q < 1$ vid zonbredd större än 2 meter eller när omgivningsförhållandena är sådana att de väsentligt förstör konsekvenserna av brott eller deformationer i det bärande huvudsystemet.

Bärande huvudsystem för sidoutrymme skall utföras i säkerhetsklass enligt BKR.

3.2.1.2 Inredning och vägkonstruktion

För inredning, som inte utgörs av inklädnad, skall förutom laster enligt avsnitt 3.3, nyttiga laster enligt BKR, avsnitt 3:4 tillämpas.

Lastkombinering till ogynnsammaste inverkan skall för sådan inredning ske enligt BKR, avsnitten 2:21 och 2:321.

Bärförmåga för vägkonstruktion skall redovisas enligt avsnitt 3.6.3.

Säkerhetsklass för inredning skall väljas enligt BKR, avsnitt 2:115 med följande tillägg.

- Inredning som ingår i utrymningsväg, insatsväg eller räddningsrum skall utföras i säkerhetsklass 3.
- Inredning som gränsar mot trafikutrymme skall utföras i lägst säkerhetsklass 2.

3.2.1.3 Installationer

Bärförmåga skall verifieras av leverantör varvid antagna lastförutsättningar skall redovisas. I tillämpliga delar skall laster enligt avsnitt 3.3 ingå.

Krav på verifiering av bärförmåga för räcke anges i avsnitt 8.8.4.1.

3.2.2 Beständighet

Tunnel skall dimensioneras och utföras så att skadlig nedbrytning förhindras under den tekniska livslängd som anges i avsnitt 2.5.1.

Med skadlig nedbrytning avses även bakterieangrepp.

För anläggningsdel, som utförs i betong eller stål, skall miljö- och korrosivitetsklasser enligt avsnitt 2.5.2 tillämpas.

Miljö- och korrosivitetsklasser skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

För anläggningsdel/installation, som består av annat material än betong eller stål, skall förväntade förändringar av egenskaperna med tiden beaktas vid dimensioneringen. Alternativt skall anläggningsdelen installationen utformas så att de påverkade delarna blir åtkomliga för återkommande underhåll och utförandet motiveras med livscykelkostnadsanalys.

Detta gäller även för tunna konstruktioner i stålplåt, vilka inte ytbehandlats enligt BSK.

Stålkonstruktioner där något specifikt rostskyddssystem inte anges skall förses med metalliskt korrosionsskydd som skall utföras genom varmförzinkning enligt SS-EN ISO 1461. Zinksiktets tjocklek skall vid provning enligt SS-EN ISO 1460 för korrosivitetsklasserna C3 och R2 uppfylla kraven enligt tabell 2, SS-EN ISO 1461 och för korrosivitetsklasser C4 och C5-I skall krav enligt Fe/Zn 115, tabell NA.2, SS-EN ISO 1461 uppfyllas.

Utvändiga gängor och muttrar skall uppfylla krav enligt Fe/Zn 45 SS 3192.

Rostskyddssystem för stålkonstruktion kan vid ytbehandling med hänsyn till atmosfärens korrosivitet utformas enligt BSK, tabeller 8:72a-e, system "S", hållbarhet "Hög". Vid användande av dessa rostskyddssystem för ytbehandling skall krav enligt BSK, tabell 8:72i uppfyllas för varje delyta vid provning enligt BSK, avsnitt 8:72.

Vid utförande i rostfritt stål kan EN 1.4462 (SS 14 23 77) enligt SS-EN 10 088 eller motsvarande stål användas i korrosivitetsklass C5-I. I korrosivitetsklasserna C3 och C4 kan även stål EN 1.4436 (SS 14 23 43) enligt SS-EN 10 088 eller motsvarande stål användas.

Rostskyddssystem för korrosivitetsklasser Im1t o m Im3 skall utföras enligt BRO 94, 51.22.

Minsta basmått för det täckande betongskiktet skall väljas enligt BRO 94, tabell 41-5. Värden på spricksäkerhet och sprickbredd skall väljas enligt BRO 94, tabell 41-6.

Vid bättring av skada på epoxiskikt med bättringsfärg som består av härdplastkomponent, se AFS 1994:2 Farliga ämnen och AFS 1996:4 Härdplaster (Arbetarskyddsstyrelsen).

3.2.3 Vattentäthet

Tunnel skall vara tillräckligt tät mot vatteninläckning. Kravet på täthet utgår från eftersträvad tunnelmiljö och risk för omgivningspåverkan.

Geohydrologisk utredning skall utföras.

Risk för omgivningspåverkan bestäms utifrån geohydrologisk utredning, eventuell stabilitetsutredning och eventuell vattendom.

Krav på mängd inläckande vatten utifrån dessa utredningar skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Påverkan på omgivningen, såsom grundvattensänkning i anslutning till tunneln kan vara så omfattande att mark-sättningar och andra skador kan uppstå.

Vägbanor, golvytor och eventuella gång- och cykelbanor skall inte utsättas för dropp och rinnande vatten.

3.2.4 Säkerhet mot frysning

Tunnel skall utformas så att skador av frysning inte uppstår.

Tunnel utformas normalt så att isbildning inte uppstår vid tätskiktet för dimensionerande köldmängd enligt avsnitt 3.3.3.3.

För isolering under vägbana gäller krav enligt avsnitt 3.6.3.3.1.

Konstruktion som säkerställer vattentäthet skall även dimensioneras för islast enligt avsnitt 3.3.3.3.8 i de fall som frostisolering inte dimensionerats för maximiköldmängd.

3.3 Laster

3.3.1 Allmänt

Antaganden och förutsättningar som anges i detta avsnitt gäller vid dimensionering av en tunnel.

Uppdelningen i permanenta laster, variabla laster och olyckslaster bygger på dimensionering enligt den säkerhetsfilosofi som är definierad i BKR, avsnitt 2. De nominella laster som anges i avsnitt 3.3 är generellt att betrakta som så kallade karakteristiska laster. Valda beteckningar överensstämmer i princip med de som definierats i BKR.

För laster som inte anges i avsnitt 3.3 skall lastvärden bestämmas i varje enskilt fall enligt de principer som anges i BKR och BRO 94, del 2.

Använda lastvärden skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Schakt som kan föranleda ensidigt jordtryck, är exempel på last som särskilt skall specificeras.

3.3.2 Permanenta laster

Vid dimensionering för last enligt avsnitten 3.3.2.1 och 3.3.2.2 skall avvikelser i tyngd beaktas.

Vägledning kan fås i Byggvägledning 2, Bärande konstruktioner och laster (Svensk Byggtjänst).

3.3.2.1 Last från omgivande jord och berg

Vertikal last på tunnel utförd i betong eller stål skall bestämmas som tyngd från överlagrande jord samt i förekommande fall tyngd av byggnadsverk. Tyngd för jord bestäms med tungheter enligt BRO 94, 21.132.

För jord som inte används till motfyllning kan tungheten bestämmas enligt Jords hållfasthets- och deformationsegenskaper (Vägverket).

Horisontell last på tunnel utförd i betong eller stål skall bestämmas enligt BRO 94, 21.13.

Vid tunnel med avsevärd skillnad i marknivå på ömse sidor får jordtrycksfördelningen bestämmas med hjälp av elasticitetsteoretisk analys och jordparametrarna i den tekniska beskrivningen.

Bergtunnel samt portalkonstruktion skall dimensioneras för belastningar från bergmassa, med beaktande av dess blockstruktur, samt för övriga laster från omgivande jord och berg.

Tunghet för berg (granit, kalksten) bör sättas till 27 kN/m³. Tunghet för övriga vanligen förekommande bergarter varierar mellan 26 och 31 kN/m³.

För bergtunnel skall såväl de primära som de sekundära spänningsfälten i berggrunden utredas och beaktas vid dimensioneringen.

Det är vanligen tillräckligt att uppskatta det primära spänningsfältet inom två gränsvärden.

Last, som orsakas av svällande material, skall utredas och beaktas.

Samtliga laster skall bestämmas utgående från medelvattenstånd eller medelgrundvattenyta.

3.3.2.2 Egentyngd av tunnel

Egentyngd av bärande huvudsystem, inredning samt fast monterad installation skall medräknas. Aktuell installations egentyngd skall vara bestämd på ett entydigt och säkert sätt. Vid beräkning av egentyngd skall följande tungheter förutsättas:

betong, oarmerad	22 kN/m ³
betong, armerad	24 kN/m ³
stål	77 kN/m ³
aluminium	27 kN/m ³
trä (furu, gran)	6 kN/m ³ .

3.3.2.3 Vägbeläggning

Vägbeläggning av asfaltbetong förutsätts ha en medeltunghet av 22 kN/m³. Vägbeläggning av betong förutsätts ha tungheten 24 kN/m³.

3.3.2.4 Vattentryck

Vattentryck vid medelvattenstånd respektive medelgrundvattenyta skall betraktas som permanent last. Vattnets tunghet skall bestämmas med beaktande av aktuell salthalt.

Vid bergtunnel kan vattentryck försummas om dränering förhindrar att vattentryck mot det bärande huvudsystemet uppstår.

Vid dränerad tunnelkonstruktion som är motfylld med material enligt VÅG 94, 2.10 och 4.9 kan det förutsättas att inget vattentryck föreligger. I detta fall skall utvändigt vattentryck förutsättas som olyckslast enligt avsnitt 3.3.4.6.

3.3.2.5 Deformation i omgivande jord

En tunnel som är grundlagd på annat material än berg skall dimensioneras för stödförskjutningar enligt BRO 94, 21.15.

3.3.2.6 Betongens krympning

Krympningens inverkan på betongen skall beaktas. Vid beräkning av slutkrympningen skall 75 % RH normalt förutsättas.

Om konstruktion är belägen i en annan miljö än 75 % RH skall uppgift om vilket RH-värde som skall förutsättas vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Värden på slutkrympningen kan hämtas ur BBK, avsnitt 2.4.6.

Hänsyn skall tas till olikheter i krympning mellan en konstruktions olika delar, exempelvis då dessa är gjutna vid olika tidpunkter.

3.3.2.7 Spännkraft

För spänneheter i betongkonstruktion och spända förankringar skall BRO 94, 21.17 tillämpas.

3.3.3 Variabla laster

Med variabla laster avses nedan uppräknade dellaster, varvid var och en av dessa skall betraktas som en last.

Yttre överlaster:

- överlast
- last på vägområde
- last av vattenståndsvariation.

Beträffande ökat jordtryck orsakat av en konstruktionsdels rörelse mot jord, se BRO 94, 21.23.

Trafiklaster:

- den ogynnsammaste av trafiklasterna enligt BRO 94, 21.2221-21.2226
- ytlast enligt BRO 94, 21.222 B, C eller D
- renhållningsfordon enligt BRO 94, 21.2227
- uttryckningsfordon enligt BRO 94, 21.2228
- bromskraft enligt BRO 94, 21.2231
- sidokraft enligt BRO 94, 21.2232 och 21.2233.

Övriga laster:

- last från installation
- vind-/lufttryck
- temperaturändring
- last i sidoutrymme och utrymningsväg
- last på skyddsanordning
- last av arbetsfordon
- last från övergångskonstruktion
- last av snö, is eller strömmande vatten
- last av lossnande bergblock.

Beträffande lagerfriktion, se BRO 94, 21.24

3.3.3.1 Laster med karaktären yttre överlast

3.3.3.1.1 Överlast

Överlast och jordtryck som orsakas av variabel last angripande på markytan eller på annat sätt inom tunnelns influensområde betraktas som en last.

Överlast på markyta intill tunnel skall förutsättas vara minst 4 kN/m².

3.3.3.1.2 Last på vägområde

Last på vägområde intill tunnel skall bestämmas som last på vägbank i tillämpliga delar enligt BRO 94, 21.224.

3.3.3.1.3 Vattenståndsvariation

Skillnad mellan vattentryck vid förekommande vattenstånd och medelvattenstånd betraktas som variabel last. Till denna last adderas den lastskillnad från jord och berg vilken orsakas av vattenståndsvariationer.

Karakteristiska värden för lasten bestäms så att de svarar mot det högsta högvattenståndet eller mot det lägsta lågvattenståndet. Värdena skall motsvara nivåer med upprepningstiden 50 år. I förekommande fall gäller samma för grundvattenytor.

Beträffande dränerade förhållanden, se kommentar till avsnitt 3.3.2.4.

3.3.3.2 Trafiklaster

Vertikal last av trafik i tunnel bestäms enligt BRO 94, 21.222.

I varje enskilt fall klarläggs vilka ytor utanför vägbanan som skall förutsättas belastade med renhållnings- respektive utryckningsfordon.

Horisontell last av trafik i tunnel bestäms enligt BRO 94, 21.223.

3.3.3.3 Övriga laster

3.3.3.3.1 Last från installation

Egentyngd från fast monterad och säkert lastbestämd installation skall betraktas som permanent last enligt avsnitt 3.3.2.2.

Egentyngd från annan installation samt övriga laster från installationer skall betraktas som variabel last.

Eventuell dynamisk inverkan skall beaktas enligt lastuppgifter från leverantörer.

Lastuppgift bör redovisa lastnivåer, spänningscykeltal och kollektivparameter.

3.3.3.3.2 Vind/luftryck

Inverkan av vind utanför tunnel bestäms enligt BKR, avsnitt 3:6.

Luftrycksvariation orsakad av passerande fordon förutsätts uppgå till 0,8 kPa i sug och 0,5 kPa i tryck. Lasten skall förutsättas kunna angripa på tunnellängden 50 m och såväl på hela tunneltvärsnittet som på ena halvan av tvärsnittet.

Vid dimensionering mot utmattning skall kollektivparametern κ väljas som 1/3 och spänningscykeltalet bestämmas efter aktuell årsdygnstrafik enligt tabell 3.3-1.

Tabell 3.3-1 Spänningscykeltal

Årsdygnstrafik (ÅDT) per tunnelrör	Spänningscykeltal (N)
under 2 500	$2 \cdot 10^6$
2 500 t o m 10 000	10^7
över 10 000	$5 \cdot 10^7$

Konstruktion, som är utsatt för lufttrycksvariation på båda sidor skall dimensioneras för 0,8 kPa i såväl sug som tryck. Konstruktion som kragar ut från tak eller vägg, skall dimensioneras för 1,0 kPa (sug och tryck).

Vid större avstånd än 3 m mellan passerande fordon och studerad konstruktion kan lägre lastvärde tillämpas.

Lastvärden skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Exempel på utkragande konstruktion är skyltar.

3.3.3.3 Temperaturändring

Dimensionerande temperaturändring i bärande huvudsystem samt inredning skall bestämmas.

Lägsta temperaturen vid konstruktionens sida mot trafikutrymmet skall bestämmas med följande förutsättningar.

- Tunnel med längd mindre än eller lika med 500 m skall dimensioneras för maximiköldmängd.
- Vid tunnel med större längd än 500 m skall de tunneldelar som är belägna på större avstånd än 300 m från tunnelöppning dimensioneras för medelköldmängd. Övriga tunneldelar skall dimensioneras för maximiköldmängd.

Klimatzoner samt medelköldmängd anges i VÄG 94, 1.4.1.

Maximiköldmängd anges i bilaga 9.

- Temperaturdata framgår av tabell 3.3-2.

Vägledande uppgifter kan hämtas ur Metodbeskrivning 96 (Vägverket) samt ur Termiska egenskaper hos jord och berg (SGI).

Högsta temperaturen vid konstruktionens sida mot trafikutrymmet skall förutsättas vara +20°C oberoende av tunnelns geografiska läge.

Tabell 3.3-2 Temperaturdata

Klimatzon	1	2	3	4	5	6
Nedkylnings- resp uppvärmningstid (dagar)	10	15	20	30	25	30
Köldperiodens totala längd (dagar)	40	60	80	90	100	90
Lägsta temperaturen vid maximiköldmängd (°C)	-15	-15	-15	-16	-18	-22
Lägsta temperaturen vid medelköldmängd (°C)	-6	-8	-9	-10	-12	-15

Ovanstående förutsättningar skall tillämpas såvida inte riktigare värden kan påvisas i utredning. I utredningen skall beaktas att lufttemperaturen inuti tunneln påverkas av tunnelns läge, längd, längslutning, trafikmängd och ventilationsförhållanden samt av de geografiska och meteorologiska förhållandena.

Maximiköldmängd enligt bilaga 9 kan användas i stället för temperaturer enligt tabell 3.3-2.

Vid bestämning av bärförmåga skall såväl jämn som ojämn temperaturändring beaktas.

Om bärande huvudsystem utformas så att temperaturändringar kan ge upphov till friktionskrafter eller andra tvångskrafter skall dessa utredas och beaktas vid dimensioneringen.

Last orsakad av temperaturändring behöver i bergtunnel normalt enbart beaktas vid mycket dålig bergkvalitet, enligt avsnitt 3.4.

Portalkonstruktion vid tunnelände skall dimensioneras för temperaturlaster enligt BRO 94, 21.26.

3.3.3.3.4 Last i sidoutrymme och utrymningsväg

Golv i sidoutrymme skall beräknas för en ytlast 1,5 kN/m² och en samtidigt verkande enstaka punktlast 3 kN. Punktlastens lastyta är cirkulär med 0,1 m diameter.

Skyddsräcke till gångbrygga skall beräknas för en last vid räcketts överkant på 0,4 kN/m vinkelrätt mot räcketts längdriktning och i övrigt i för räcket ogynnsammaste riktning.

Utrymnings- och angreppsväg skall beräknas för en ytlast 4 kN/m² samt för punktlast på 3 kN enligt ovan. Skyddsräcke beräknas för 0,8 kN/m angripande på sätt som anges i föregående stycke. Vägg beräknas för 0,8 kN/m med angreppsnivå 1,0 m över golvyta.

3.3.3.3.5 Last på skyddsanordning

Vid dimensionering av styv skyddsanordning samt infästning av körbaneräcke eller gångbaneräcke skall laster bestämmas enligt BRO 94, 21.295.

3.3.3.3.6 Last av arbetsfordon

Last av arbetsfordon, arbetsredskap etc under tunnelns byggnadstid skall beaktas. Lasten bestäms i varje enskilt fall av arbetsredskaps, arbetsfordons etc utseende och storlek.

3.3.3.3.7 Last från övergångskonstruktion

Last från övergångskonstruktion skall beaktas med lastkoefficienter enligt BRO 94, tabell 22-1.

3.3.3.3.8 Last av snö, is eller strömmande vatten

Konstruktion som kan bli belastad med snölast dimensioneras för lastvärdet enligt BKR, avsnitt 3:5.

I de fall säkerheten mot frysning enligt avsnitt 3.2.4 inte är tillräcklig för maximiköldmängd skall bärande huvudsystem och inklädnad dimensioneras för islast. Lastens storlek är 3 kN/m² och den förutsätts vara fri och verka vinkelrätt mot konstruktionen.

Andra förutsättningar rörande islastens storlek och angreppssätt skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Tunnel som är belägen i fritt vatten beräknas i förekommande fall för is- och strömtryck.

Lastvärden skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Vägledning vid val av istryck ges i publikation, Istryck mot bropelare (Vägverket).

3.3.3.3.9 Last av lossnande bergblock

I bergtunnel förutsätts ytförstärkning kunna bli belastad av enstaka lossnande bergblock om förstärkningen inte är dimensionerad för en större permanent last enligt 3.3.2.1.

Lasten förutsätts vara 6 kN, riktad vinkelrätt mot förstärkningsskiktet och angripande på en kvadratisk yta med kantmåttet 0,5 m. I de fall som förstärkningen inte är belägen intill bergytan skall motsvarande kantmått förutsättas vara 0,2 m.

3.3.4 Olyckslaster

Med olyckslast avses nedan uppräknade laster varvid var och en av dessa betraktas som en last:

- påkörning av fordon
- oavsiktlig stöt
- explosion
- brand
- bortfall av förankring
- yttre olycksbelastning
- extrem blocklast.

Med ledning av riskanalys enligt avsnitt 2.3.2 kan ändring av lastförutsättningar göras enligt nedan:

- andra olyckslaster tillämpas
- andra karakteristiska lastvärden tillämpas
- angivna laster istället betraktas som variabla.

Andra lastförutsättningar än de som anges i avsnitten 3.3.4.1 till 3.3.4.7 skall vara redovisade i den tekniska beskrivningen.

Om spår- eller sjötrafik berörs skall olyckslasterna fastställas efter samråd med Banverket respektive Sjöfartsverket.

3.3.4.1 Påkörningskraft av fordon

Fristående konstruktion utgörande del i bärande huvudsystem skall beräknas för en statiskt verkande horisontalkraft 1000 kN i vägbanans riktning och 500 kN vinkelrätt denna. Krafterna förutsätts angripa på ogynnsammaste nivå mellan 0,5 m och 1,0 m över väg bana och förutsätts inte verka samtidigt.

Med fristående konstruktion avses pelare eller skiva med mindre utsträckning än 4 m i vägbanans riktning.

Vägg, utgörande del i bärande huvudsystem, skall beräknas för en kraft av 500 kN vinkelrätt mot ytan. Kraften angriper på ogynnsammaste nivå mellan 0,5 m och 1,0 m över vägkana och kan förutsättas jämnt fördelad på en yta med längden 2,0 m och höjden 0,1 m.

Påkörningskraft mot bärande huvudsystem skall förutsättas även om räcke eller barriär är installerad såvida utredning inte visar att aktuell skyddsanordning har tillräcklig last- och deformationsupptagningsförmåga för att förhindra att påkörningskraften förs vidare till det bärande huvudsystemet.

Höjdbegränsningsportal skall beräknas för en statiskt verkande horisontalkraft av 200 kN jämnt fördelad på en yta med längden 2,0 m och höjden 0,1 m.

Vid järnvägstrafik i eller intill tunneln skall dimensionering ske för påkörningskraft av tåg.

3.3.4.2 Oavsiktlig stöt

Anläggningsdel och installation skall förutsättas kunna bli utsatta för en enstaka statiskt verkande punktlast av 20 kN. Punktlastens lastyta är cirkulär med 0,1 m diameter.

För vägg eller pelare som utgör gräns mot trafikutrymme skall inom aktuell fri höjd kraften i föregående stycke vara 50 kN.

Räcke eller annan skyddsanordning som dimensioneras för last enligt avsnitt 3.3.3.3.5 skall inte dimensioneras för oavsiktlig stöt.

Anläggningsdel eller installation som är skyddad av annan konstruktion behöver inte dimensioneras för oavsiktlig stöt.

3.3.4.3 Explosion

Avskiljande anläggningsdelar mellan trafikutrymmen eller mellan trafikutrymme och utrymnings-/angreppsväg skall beräknas för dynamiska laster enligt tabell 3.3-3. Trycktidsförloppen skall förutsättas vara triangelformade med momentan tryckstegring till angivna värden och linjärt avtagande för såväl jämnt fördelat som lokalt tryck.

En tryckstegringstid av upp till 10 % av den totala lastvaraktigheten får förutsättas som alternativ till momentan tryckstegring.

Lokalt tryck behöver inte förutsättas samtidigt med jämnt fördelat tryck.

Tabell 3.3-3 Dynamisk explosionslast

	Tryck (MPa)	Varaktighet (ms)
Jämnt fördelat tryck i trafikutrymme	0,1	50
Lokalt tryck på en yta med storleken 4*4 m i trafikutrymme	5	2
Jämnt fördelat tryck i utrymnings- och angreppsväg	0,05	50

Jämnt fördelat tryck skall inte förutsättas vid tunnelmyning mot det fria inom en längd från mynningen motsvarande radien till en kring tunnelöppningen omskriven cirkel.

I riskanalysen för tunneln skall i följande fall explosionsriskerna särskilt studeras och lastförutsättningarna eventuellt justeras:

- om farligt gods i klasserna 1 eller 2 skall transporteras i tunneln
- om personriskerna är speciellt stora, t ex vid tunnel som ansluter till annat byggnadsverk där människor stadigvarande vistas
- om konsekvenserna av en lokal skada är speciellt stora, t ex tunnel under vatten eller där tunneln utgör den enda vägförbindelsen.

Klassindelning enligt förordningen SFS 1982:923 om transport av farligt gods tillämpas.

3.3.4.4 Brand

Nedanstående lastvärden skall tillämpas för trafikerade utrymmen i tunnlar.

Gasttemperaturen vid brand skall förutsättas följa kurva I i figur 3.3-1 med följande tider:

- 180 minuter i tunnlar där alla godstransporter utom farligt gods i klass 2 är tillåtna
- 120 minuter i tunnlar där alla godstransporter utom farligt gods i klass 1, 2 och 3 är tillåtna.

Avsvalning behöver inte beaktas.

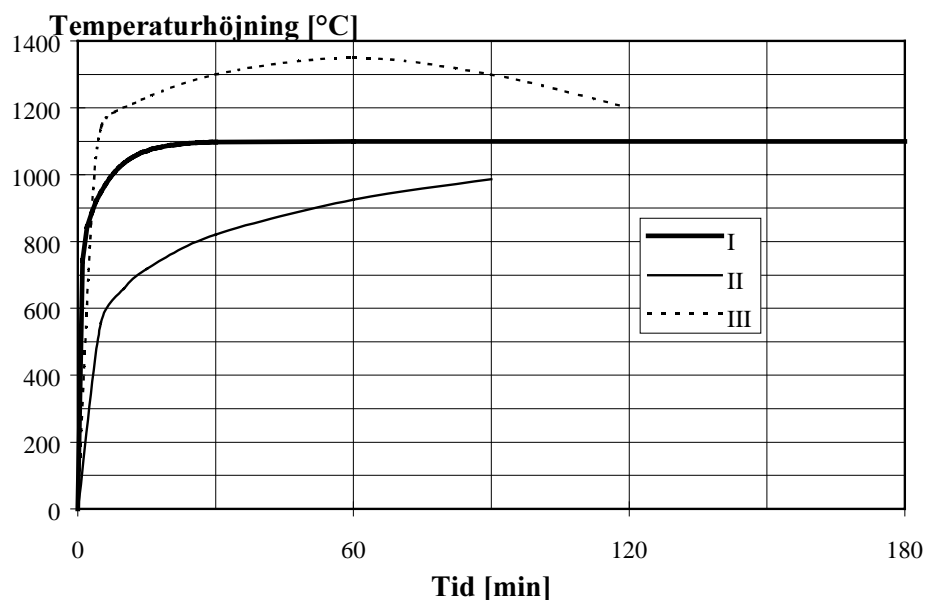
Vid transporter av brandfarlig gas i klass 2 skall brandlasterna fastställas efter särskild utredning.

Klassindelning enligt förordningen SFS 1982:923 om transport av farligt gods tillämpas.

Dörrar som ingår i utrymnings- och angreppsvägar och som gränsar till ett trafikerat utrymme skall dimensioneras för gastemperatur enligt kurva II i figur 3.3-1 med 90 minuters brandvaraktighet.

Lastvärden för sidoutrymmen eller utrymnings- och angreppsvägar där brandbelastningen överstiger 200 MJ/m² skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Om en tunnel under vatten eller en tunnel direkt under en byggnad skall dimensioneras för kurva III i figur 3.3-1 skall detta vara angivet i den tekniska beskrivningen.



Figur 3.3-1 Gastemperatur vid brand

Brandgastemperaturen enligt kurva I överensstämmer med hydrocarbonkurvan enligt SS-EN 1363-2.

Kurva II är enligt SIS 02 48 20.

Kurva III är den s k RWS-kurvan.

3.3.4.5 Bortfall av förankring

Konstruktion, som är utformad med förankringselement och där eventuellt brott kan medföra direkt personskada eller annan stor olycksrisk för trafikant, skall dimensioneras under antagande av att ett godtyckligt placerat förankringselement är ur funktion.

Exempel på sådan konstruktion är dragstagsförankring samt infästningsanordning för inredning eller installation.

Dimensionering skall ske för avslagen påle enligt BRO 94, 21.35.

3.3.4.6 Yttre olycksbelastning

Dimensionering utförs för eventuell yttre olycksbelastning.

Lastvärden skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Detta kan exempelvis vara oförutsedd belastning (trafiklast, utfyllnad) på markyta ovanför eller intill tunnel.

Last från avlägsnad fyllning kan uppstå genom oförutsedd bortschaktning eller bortspolning av överfyllnad utanför tunnel eller oförutsedd borttagning av motviktsutfyllnad inuti tunnel.

Yttre belastning kan uppstå av draggande/fallande ankare, sjunkande fartyg, extrema vattennivåer, inte fungerande dränering, översvämning på grund av ledningsbrott m m.

3.3.4.7 Extrem blocklast

Där inklädnaden i en bergtunnel omöjliggör inspektion av det bärande huvudsystemet skall inklädnaden dimensioneras för extrem blocklast.

Extrem blocklast skall för en tunnel med två körfält förutsättas vara en vertikal last av storleken 60 kN verkande inom en yta med basmättet 1 gånger 1 m belägen inom inklädnadens vertikala avgränsningar. Efter särskild utredning kan andra lastvärden väljas samt hänsynstagande till andra tunneldimensioner göras.

3.3.5 Lastkombinering

3.3.5.1 Allmänt

De i avsnitten 3.3.2 t o m 3.3.4 angivna lasterna och andra eventuellt förekommande laster skall kombineras så att ogynnsammaste inverkan för olika konstruktionsdelar erhålls.

Belastningar skall kombineras så att respektive lastfall kan anses motsvara verkliga förhållanden. Beräkning skall ske med de i tabell 3.3-4 angivna lastkombinationerna och lastkoefficienterna $\psi\gamma$ om inte annat påvisas vara riktigare.

För vissa mindre ofta förekommande konstruktioner kan beräkning av andra kombinationer krävas. Krav för dessa konstruktioner skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Tabellen överensstämmer i princip med BRO 94, kapitel 22 men lastkombinationerna III, V:C, VII och IX har utgått.

Grundläggande principer för val av lastkoefficienter framgår av BRO 94, bilaga 2-1.

Vid beräkningen godtas att bromskraft och lagerfriktion inte kombineras.

Hänsyn skall tas till jordens och betongens krypning.

Beräkning av överhöjning skall utföras enligt lastkombination III i BRO 94, tabell 22-1.

3.3.5.2 Lastkombinationer

3.3.5.2.1 Lastkombination I

Denna lastkombination utgör bruksgränskontroll i byggskedet.

3.3.5.2.2 Lastkombination II

Denna lastkombination utgör brottgränskontroll i byggskedet.

I denna lastkombination godtas att maximalt de fyra variabla laster medräknas som tillsammans ger ogynnsammaste inverkan. Ogynnsammaste variabla last skall ges det högre värdet på lastkoefficienten $\psi\gamma$. Övriga variabla laster skall ges det lägre värdet.

3.3.5.2.3 Lastkombination IV:A

Denna lastkombination IV är huvudbelastningsfall i brottgränstillstånd.

I denna lastkombination godtas att maximalt de fyra variabla laster medräknas som tillsammans ger ogynnsammaste inverkan. Vid tunnel som trafikeras i mer än ett plan och trafiklast ingår i vald lastkombination skall antalet variabla laster ökas till minst fem.

Ogynnsammaste variabla last skall ges det högre värdet på lastkoefficienten $\psi\gamma$. Övriga laster som medräknas ges det lägre värdet. Trafiklast i ett ytterligare plan skall i sådana fall ha det lägre värdet på lastkoefficienten lika med 1,0.

3.3.5.2.4 Lastkombination IV:B

Denna lastkombination avser beräkning av inverkan av dominerande permanenta laster i brottgränstillstånd.

3.3.5.2.5 Lastkombination V:A

Denna lastkombination är huvudbelastningsfall i bruksgränstillståndet.

3.3.5.2.6 Lastkombination V:B

Denna lastkombination utgör grund för beräkning av sprickbredd i bruksgränstillståndet. Lastkombinationen utgör även den i BBK omtalade långtidslasten.

3.3.5.2.7 Lastkombination VI

Denna lastkombination avser beräkning för utmattning.

3.3.5.2.8 Lastkombination VIII

Denna lastkombination avser beräkning för olyckslast. En beräkning skall göras för varje olyckslast.

Tabell 3.3-4 Lastkoefficienten $\psi\gamma$ för respektive lastkombination

Lastkombination	I	II	IV:A	IV:B	V:A	V:B	VI	VIII
Permanenta laster								
Laster av omgivande jord och berg								
vertikal max last, min	1	1,15 0,9	1,15 0,85	1,25	1,15 0,85	1	1	1
jordlast								
horisontell last, max jordtryck min	a) a)	a) a)	a) a)	1,2	a) a)	1	1	1
Egentyngd av tunnel	1	1,05 0,95	1,05 0,95 ^b	1,15	1,05 0,95	1	1	1
Vägbeläggning			1	1	1	1	1	1
Vattentryck	1	1	1	1	1	1	1	1
Deformation i omgivande jord			1 0	1 0	1 0	1 0		
Krympning			1 0	1 0	1 0	1 0		
Spännkraft	1	1						
t = 0			1	1	1	1	1	1
t = t1			1	1	1	1	1	1
t = t2			1	1	1	1	1	1
Variabla laster								
Överlast	0,7	1/1,3	0,7/1,3		1			
Last på vägområde			0,7/1,5		1			
Vattenståndsvariation		0,6/1	0,8/1,3		0,8			
Ekvivalentlast 1	0,6	0,6/1	0,7/1,5		1			0,3
Ekvivalentlast 2			0,7/1,5		1			
Ekvivalentlast 3			0,7/1,5		1			
Ekvivalentlast 4			0,7/1,5		1			
Ekvivalentlast 5			0,7/1,5		1			0,3
Utmattningslast från trafik							1	
Ytlast			0,7/1,5		1			0,3
Renhållningsfordon			0,7/1,5		1			
Utryckningsfordon			0,7/1,5		1			
Bromskraft			0,7/1,5		0,7			
Sidokraft			0,7/1,5		0,7			
Last från installationer			0,7/1,3		1	1	1	
Vind-/lufttryck		0,4/1	0,6/1,3		0,6		1	
Lufttryck från fordon	0,4	0,4/1	0,6/1,3		0,6		1	
Temperaturändring					0,6	0,6		
Last i sidoutr. och utrymn.väg			0,7/1,5		0,7			
Last på skyddsanordning			0,7/1,5		0,7			
Arbetsfordon	1	1/1,3						
Last av is m m		0,4/1	0,6/1,3		0,6	0,2		
Last av lossnande bergblock			0,7/1,3					
Olyckslast								
Var och en av olycks- lasterna enligt 3.3.4.1- 3.3.4.7.								1

a) Aktivt jordtryck $(\psi\gamma)_{\min} = 0,9(\psi\gamma)_{\max} = 1,1$ Vilojordtryck $(\psi\gamma)_{\min} = 0,9$ $(\psi\gamma)_{\max} = 1,1$

Passivt jordtryck $(\psi\gamma)_{\min} = 0,9(\psi\gamma)_{\max} = 1$ Vilojordtryck (cellplast) $(\psi\gamma)_{\min} = 0$ $(\psi\gamma)_{\max} = 1$

b) Vid beräkning av hydrauliskt upplyft skall detta värde sättas till 0,90.

3.4 Bergtunnel

I detta avsnitt anges kompletterande krav för bärande huvudsystem i tunnel eller del av tunnel, som är omgiven av berg.

3.4.1 Krav

3.4.1.1 Förstärkning under pågående bergarbeten

Driftförstärkningar skall så långt det är möjligt utföras så att aktuell förstärkningskonstruktion kan ingå i det permanenta bärande huvudsystemet.

Installerad driftförstärkning skall ha sådana egenskaper att täthet, bärförmåga, stadga och beständighet för permanent konstruktion inte försämras.

3.4.2 Förutsättningar

3.4.2.1 Utformning

Vid utformning skall hänsyn tas till eventuella framtida utrymmesbehov för vattenavledning, exempelvis frostskyddade dräner.

Tunnelbotten skall utformas så att inläckande vatten kan dräneras bort, se avsnitt 8.7.1.2.

Bergvalvets utformning skall bestämmas utgående från geometriska krav och med beaktande av resultat från bergmekanisk dimensionering.

Minsta avstånd mellan tunnelrör skall bestämmas med hänsyn till bergförhållanden, tunneldimensioner, sidoutrymmen, utrymningsväg och annat närliggande byggnadsverk samt krav från drivningssynpunkt.

Stålfiberarmerad sprutbetong kan, ur beständighetsynpunkt, utföras utan täckande sprutbetongskikt.

Fiberarmerad sprutbetong får dock inte vara fritt exponerad på väggar i trafikutrymme och utrymningsvägar. Där skall aktuella väggar täckas till två meters höjd för att fibrer inte skall sticka fram.

Utstickande fibrer kan medföra att ytan rostfärgas och att kommande drifts- och underhållsarbete kompliceras.

Även fibertyp och fiberlängd har stor inverkan på betongens seghet och spricksäkerhet. Stålfibrers längd bör anpassas till angiven tjocklek på sprutbetonglager.

Tätningsskikt och tätfogar skall utformas med beaktande av de livslängdskrav som enligt avsnitt 2.5.1 anges för tillhörande anläggningsdel. Krav enligt BRO 94, kapitlen 62 och 63 skall gälla i tillämpliga delar.

Vägledning kan fås i Vegtunneler (Statens Vegvesen).

Konstruktionsdelar som penetrerar tätningsskiktet eller i övrigt kan påverka dess funktion skall utformas så att krav på tätning och beständighet uppfylls.

Som tätningsskikt hänförs även tätning av berg genom injektering.

3.4.2.2 Laster

Bergtunnel skall dimensioneras för laster enligt avsnitt 3.3.

3.4.2.3 Materialvärden

Karakteristiska materialvärden för bergmassa skall normalt bestämmas som medelvärden. Inverkan av bergarter, spricksystem, sprick- och krosszoner, vittring samt vattenförekomst skall beaktas.

Karakteristiska materialvärden för bergmassa får bestämmas genom försiktigt val med ledning av dokumenterad och systematiserad erfarenhet.

Vid utförande av bergmekanisk beräkning skall inverkan av bergart, spricksystem, sprick- och krosszoner, vittring samt vattenförekomst bedömas var för sig och tillsammans.

3.4.2.4 Toleranser

Toleranser för sådana mått och andra mätbara egenskaper som har väsentlig betydelse för konstruktionens funktion skall vara angivna i kontrollplan för tilläggskontroll.

Toleranser bör vara angivna för:

- *tunnelns bergtäckning*
- *avvikelse från teoretisk bergsektion*
- *borrhålsavvikelse*
- *förstärkningskonstruktion*
- *avstånd till närliggande byggnadsverk eller annan belastning. Olika toleranser kan gälla beroende på arten av påverkan, t ex vibrationer eller grundvattensänkning.*

3.4.2.5 Dimensioneringsparametrar

Om tryckpåkänningen i betongen av enbart permanenta laster enligt lastkombination V:A inte överskrider $0,6f_{ck}$ och konstruktionens speciella karaktär inte motiverar annat skall betongens krypdeformationer beräknas enligt följande ekvation.

$$\varepsilon_{cr} = \frac{\sigma}{E_c} \varphi$$

E_c är elasticitetsmodulens dimensioneringsvärde.

*För permanenta laster kan kryptalet $\varphi = 2,0$ förutsättas och för temperaturändring $\varphi = 0,3$. Andra värden kan väljas med stöd av *Betonghandbok, Konstruktion (Svensk Byggtjänst)* och skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.*

För bergmassa väljs koefficienter γ_m och γ_{Rd} med ledning av BKR, avsnitt 4:31 och 4:32 samt i tillämpliga delar BRO 94, 32.14.

3.4.3 Verifiering

3.4.3.1 Bärförmåga

3.4.3.1.1 Allmänt

Bergmassa skall, tillsammans med bergförstärkning, betraktas som bärande huvudsystem och dimensioneras som en sammanhållen enhet.

Bergyta skall alltid säkras mot blocknedfall. Vid bergytor i tak skall hela ytan vara säkrad.

Denna säkring utförs vanligen med sprutbetong och/eller bergbult.

Heltäckande säkring i tak kan avslutas där anslutande vägg är vertikal.

Bärförmåga för bergtunnel skall verifieras.

Verifieringen bör utgöras av följande aktivitetskedja:

- *förutsättningar och undersökningar klarläggs respektive utförs samt redovisas i förundersökning*
- *sammanfattande analys av resultat från förundersökning och bedömning av bergkvalitet, drivnings-, förstärknings- och tätningsmetoder redovisas i prognos*
- *valda förstärkningslösningar dimensioneras med bergmekaniska beräkningar/bergmekaniska utredningar*
- *prognos för bergkvalitet, utförandeanvisning för förstärknings- och tätningsarbeten samt övriga anvisningar redovisas på bergritning*
- *bergritnings överensstämmelse med antagna förutsättningar och utfört arbete dokumenteras på bergkarteringsritning.*

Bärförmåga för tunnel godtas säkerställd med konventionella bergförstärkningsmetoder. Bergförstärkning skall dimensioneras med hänsyn till bl a materialegenskaper, hållfasthet, bergspänningar, spricksystem, blockighet, sprickfyllnader, vittring och vidhäftningsegenskaper.

Vid verifiering av förstärkningens bärförmåga skall även faktorer som anläggningens geometri, påverkan från närliggande anläggningar och lokala stabilitetsproblem beaktas.

Dimensionering av bergförstärkning får bestämmas utifrån empirisk metod som bygger på stort materialurval, t ex Q-metoden (Engineering classification of rock masses for the design of rock support (NGI) och Updating of the Q-system for NMT (Norwegian Concrete Association)). Om empirisk dimensioneringsmetod väljs skall kompletterande bergmekaniska beräkningar/bergmekaniska utredningar utföras i erforderlig omfattning.

Dimensionering skall ske med hänsyn till krav på livslängd och behov av underhåll.

Dimensionering av konstruktion där bärförmågan helt säkras genom en platsgjuten betongkonstruktion eller en stålkonstruktion skall utföras enligt avsnitt 3.5.

3.4.3.1.2 Förundersökning avseende ingenjörsgelogiska och bergtekniska förutsättningar

Förundersökning skall utföras och ge all nödvändig information angående de geologiska, geohydrologiska och bergmekaniska förutsättningarna. Rapport över förundersökning skall upprättas.

Vägledande information kan erhållas i Förundersökningar i berg och Geohydrologiska förundersökningar i berg (BeFo).

3.4.3.1.3 Ingenjörsgelogisk prognos

Ingenjörsgelogisk prognos skall upprättas och grundas på resultat från förundersökning. Resultat av prognos skall redovisas i en rapport.

Värdering av osäkerheterna i den ingenjörsgelogiska prognosen skall göras. Graden av säkerhet i såväl delresultat som i den totala bedömningen skall vara angiven.

3.4.3.1.4 Brottgränstillstånd

Bergmekaniska hållfasthetsberäkningar/bergmekanisk utredning skall utföras såvida det inte påvisas att behov inte föreligger.

I brottgränstillståndet tillämpas lastkombinationer II, IV:A och IV:B. Utmattning kontrolleras i förekommande fall enligt lastkombination VI. För olyckslast tillämpas lastkombination VIII.

Normalt dominerar de permanenta lasterna varför lastfall IV:B vanligen blir dimensionerande. För speciella betongkonstruktioner kan lastfall II och IV:A behöva beaktas.

Vid användning av numeriska metoder skall även beräkningsresultat med linjärelastisk materialmodell redovisas.

Vägledning beträffande dimensionering av bergförstärkning kan fås i Bergbultning, Dimensionering, praxis och tillämpningar (BeFo), i Bergförstärkning med sprutbetong (Vattenfall) och i Bergteknik, dimensioneringsgrunder för användning vid bergförstärkning med sprutbetong (Vägverket).

Vid dimensionering för olyckslast får de lokala skadorna inte bli så omfattande att utrymning eller räddningstjänst förhindras.

3.4.3.1.5 Bruksgränstillstånd

I bruksgränstillstånd tillämpas lastkombinationer I, V:A och V:B.

Krav på största tillåtna deformation eller deformationsskillnad samt sannolikhet för överskridande skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Anläggningsdelar skall ha sådan styvhet att deformationer eller förskjutningar inte stör dess funktion eller skadar andra anläggningsdelar.

3.4.3.2 Vattentäthet

Utredning skall verifiera eller på annat sätt göra det sannolikt att valt koncept för tätning/vattenavledning uppfyller krav på mängd inläckande vatten.

I de fall där vattentätning inte placeras vid bärande huvudsystems avgränsning mot jord, berg eller vatten skall det speciellt påvisas att krav på beständighet uppfylls.

Inläckage skall minimeras så att rinnande vatten på tunnelvägg undviks.

Skadlig omgivningspåverkan för bergtunnel motverkas i första hand genom injektering och i andra hand genom infiltration eller en vattentät konstruktion. Eftersträvad tunnelmiljö uppnås i första hand genom injektering och i andra hand genom bortledning av vatten med dräner eller innertak/takkonstruktioner. Bortledning av vatten och infiltration är metoder som ökar driftkostnaderna och val av metod bör göras efter analys av livscykelkostnader.

3.4.3.3 Säkerhet mot frysning

Utredning skall verifiera eller på annat sätt göra det sannolikt att valt koncept för tätning/vattenavledning uppfyller krav på säkerhet mot frysning samt krav som motverkar isbildning vid vattentätningsskiktet.

Säkerhet mot frysning skall verifieras genom temperaturinträngningsberäkning. Dimensionerande köldmängd i tunnel skall förutsättas vara enligt avsnitt 3.3.3.3.3. Vid beräkning av temperaturinträngning skall hänsyn tas till isoleringsförmågans minskning med tiden och till eventuella köldbryggor.

Inverkan av värmeövergångsmotstånd får medräknas om denna bestäms med beaktande av lufthastigheten vid konstruktionens yta.

Luftspalter som utnyttjas till värmeisolering skall vara uppdelade och begränsade till storlek för att minska inverkan av konvektion.

3.4.4 Material

3.4.4.1 Allmänt

Material ingående i bärande huvudsystem, inklusive jord och berg, skall ha kända och dokumenterade egenskaper i de avseenden som har betydelse för deras användning.

För all betong skall ”Tillverkningsklass I” förutsättas.

För byggplatstillverkad sprutbetongmassa skall i förekommande fall bedömning av tillverkningssystemets lämplighet göras med hänsyn till slutresultatets kvalitet. Tillverkningsutrustning som härvid inte till alla delar uppfyller kraven kan ändå få användas om produktionsutrustning, blandning och sprutning sammantaget kan påvisas ge dokumenterade resultat som uppfyller ställda material- och funktionskrav.

Material i konstruktion, som enbart nyttjas under byggnadsskedet, skall ha sådana egenskaper att bärförmåga, stadga och beständighet för permanent konstruktion inte försämras.

Konstruktionsstål skall uppfylla krav enligt BRO 94, kapitel 54.

3.4.4.2 Bergmassa

Prognos skall upprättas över bergmaterialets och sprickornas egenskaper. Dessa värden skall utgöra förutsättningarna för bergmekaniska utredningar och dimensionering.

Material avsett att användas i bergmassa samt grundvatten får inte utsätta andra ingående byggnadsmaterial för oacceptabla kemiska eller fysikaliska angrepp.

Bergmassans eventuella nedbrytning, speciellt vittring och erosion, skall beaktas.

3.4.4.3 **Betong**

3.4.4.3.1 **Allmänt**

För delmaterial till betong skall BRO 94, 43.2 tillämpas.

För hårdnad betong skall krav enligt BRO 94, 43.3 tillämpas.

För betongelement skall BRO 94, 43.4 tillämpas.

3.4.4.3.2 **Cementbruk för bultingjutning**

Cementbruk för fastgjutning av bergbult utan förspänning skall ha vct $\leq 0,30$. Expanderande cementbruk skall ha fördröjd verkan så att expansion sker efter fyllning av bulthål. Tidsfördröjning skall vara angiven av leverantör.

Cementbrukets sättmått, mätt med sättkon, bör ligga inom intervallet 30-40 mm.

För kombinationsbult (förspänd bult som senare ingjuts så att kraftöverföring sker längs hela bulten) kan cementbruk för fastgjutning ha vct enligt tillverkarens anvisning, dock högst 0,40.

Cementbruk för ingjutning av förspänd kabelbult skall uppfylla krav enligt BRO 94, 43.51.

Cementbruksskikt mellan stålmaterial och berg skall vara minst 10 mm. Cementbruksskikt mellan konstruktionsdelar av stål, plast eller liknande skall vara minst 5 mm.

Cementbruk för ingjutning av varmförzinkat stål skall ha sådan sammansättning att brukets vidhäftning och täthet inte försämras av förzinkningen.

Detta kan uppfyllas genom att endera av följande åtgärder utförs

- *speciellt utprovat ingjutningsbruk används*
- *zinkskiktet skyddas med t ex epoxi*
- *kaliumdikromat tillsätts cementbruket.*

Ur arbetarskyddssynpunkt bör tillsättning av kromat undvikas. Vid arbete med kromattillsatt bruk bör speciell hantlingsinstruktion tillämpas.

Förankring av bergbult med annat material än cementbruk skall vara godtaget av beställaren. För sådant material skall dokumentation av beständighet samt lastkapacitet för långtidslast redovisas.

3.4.4.4 Sprutbetong

3.4.4.4.1 Delmaterial

För delmaterial till sprutbetong skall BRO 94, 43.2 tillämpas.

3.4.4.4.2 Hårdnad sprutbetong

Beräkning eller utredning skall resultera i krav på tryckhållfasthet och böjdraghållfasthet alternativt seghet samt eventuellt krav på vidhäftning till påsprutad yta. Dessa krav skall vara angivna på arbetsritning eller motsvarande.

Vid gynnsamma bergtekniska förhållanden där bergmassans egen bärförmåga är tillräcklig, skall armerad sprutbetong kunna motstå en tvångsvinkeländring av 1/250. Vid övriga bergtekniska förhållanden skall armerad sprutbetong kunna motstå en vinkeländring av 1/125.

Frostbeständighet enligt BBK, avsnitt 7.4.4 skall tillämpas.

Sprutbetong ingående i bärande huvudsystem skall utföras i lägst hållfasthetsklass K40.

Fiberarmerad sprutbetong skall innehålla minst 50 kg stålfiber/m³.

Böjdraghållfasthet alternativt seghet skall bestämmas för stålfiberarmerad sprutbetong enligt ASTM C1018. Provningsmetoden förutsätts modifierad enligt Seghet hos fiberarmerad sprutbetong - Rekommenderad provningsmetod (Cement- och betonginstitutet).

Metoder för provning och värdering av stålfiberarmerad sprutbetong beskrivs i Stålfiberbetong för bergförstärkning - provning och värdering (Cement- och betonginstitutet).

3.4.4.5 Bergbult

För permanent bergbult skall användas armeringsstång som uppfyller kraven i BRO 94, 43.612.

Annat stålmaterial kan användas varvid krav enligt följande stycke skall tillämpas.

Stålmaterial i bergbult skall ha övre sträckgräns eller 0,2-gräns av minst 380 MPa. Gränstjörning eller brottförlängning skall vara minst 5 %. Materialkrav avseende kemisk sammansättning och bockningsegenskaper enligt SS 14 21 65 skall vara uppfyllda.

Stångdiameter skall vara minst 20 mm.

Rörbult och friktionsbult godkänns normalt inte som permanent förstärkningselement. Vid användning av rörbult eller friktionsbult som permanent förstärkning skall utredning/dimensionering påvisa att dessa uppfyller ställda krav på drag- och skjuvhållfasthet, beständighet samt täthet (vattentransport längs bulten).

Vid krav på samverkan med sprutbetong skall bultarna förses med bricka, halvkula och mutter eller likvärdig lastfördelande förankring. Selektiva bultar får utföras utan förankringsbricka och mutter. Selektiva bergbultar i tak över vägbana får dock endast utföras utan förankringsbricka och mutter om skydd i form av sprutbetong eller innertak, som dimensionerats för lossnande bergblock, förekommer.

Vid användning av förspänd bergbult med glidlager skall den ökade korrosionsrisken beaktas genom anordnande av dubbla korrosionsbarriärer.

För förspänd bult erfordras normalt detaljerad arbetsritning, arbetsbeskrivning och kontrollplan för tilläggskontroll.

Utförande av bergbult i annat material än stål skall vara godtaget av beställaren.

3.4.4.5.1 Rostskydd för bergbult

Vid utformning med ospänd bergbult samt med uppspänd bergbult vars hållfasthet understiger 800 MPa får förutsättas att konstruktionsdelen erhåller 120 års livslängd med nedanstående rostskyddssystem.

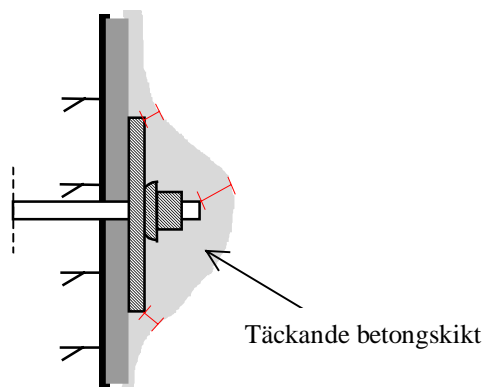
Rostskydd i trafikutrymme, sidoutrymme och utrymningsväg

Rostskydd kan utföras som ytbehandling eller genom applicering av täckande betongskikt.

För utstickande bergbult, som täcks med betong eller sprutbetong kan miljöklasser avseende armering tillämpas med tillhörande krav på minsta basmått för täckande betongskikt enligt BRO 94, tabell 41-5.

Rostskyddet vid ytbehandling skall avse bultstången inklusive tillbehör såsom bricka, mutter och halvkula.

Kravet på täckande betongskikt avser alla ståldetaljer i den samverkande förstärkningen, dvs i förekommande fall bricka, halvkula, mutter och bultände, se Figur 3.4-4.



Figur 3.4-4 Täckande betongskikt relaterat till ståldetaljer i samverkande förstärkning

För bult som skall kontrolleras med icke förstörande provning genom analys av mekaniska vågor som sänds genom bulten under tunnelns driftskede skall de yttersta 0,1 m inte täckas med betong.

På selektiv bult utan förankringsbricka och mutter kan kravet på korrosionsskydd fastställas utifrån estetiska aspekter.

Godtagna rostskyddssystem framgår av Tabell 3.4-1 och Tabell 3.4-2.

Tabell 3.4-1 Rostskyddssystem: bult med täckande betongskikt

Miljöklass enligt avsnitt 2.5.2		
A2	A3	A4
Obehandlat stål med 30 mm täckande betongskikt, vct ≤ 0,50.	Obehandlat stål med 35 mm täckande betongskikt, vct ≤ 0,40.	Obehandlat stål med 50 mm täckande betongskikt, vct ≤ 0,35 eller Varmförzinkat stål med 20 mm täckande betongskikt, vct ≤ 0,40.

Tabell 3.4-2 Rostskyddssystem: luftexponerad bult

Korrosivitetsklass enligt avsnitt 2.5.2		
C3	C4	C5-I
Varmförzinkat stål eller Rostskyddssystem enligt BSK, tabell 8:72b, system S3.24-EP(Zn)/AY.	Varmförzinkat stål eller Rostskyddssystem enligt BSK, tabell 8:72c, system S4.22-EP(Zn)/EP/PUR eller system S9.11-EP/PUR.	Varmförzinkat stål kombinerat med ytskydd av värmehärdad epoxi med skiktjocklek $\geq 80 \mu\text{m}$. eller Rostskyddssystem enligt BSK, tabell 8:72d, system S6.06-EP(Zn)/EP/PUR.

Rostskydd i berg

Godtagna rostskyddssystem framgår av Tabell 3.4-3.

Tabell 3.4-3 Rostskyddssystem: ingjuten bergbult

Korrosivitetsklass enligt avsnitt 2.5.2		
R1	R2	R3
Obehandlat stål samt ingjutning med cementbruk som uppfyller krav enligt avsnitt 3.4.4.3.2.	Varmförzinkat stål samt ingjutning med cementbruk som uppfyller krav enligt avsnitt 3.4.4.3.2.	Varmförzinkat stål kombinerat med ytskydd av värmehärdad epoxi med skiktjocklek $\geq 80 \mu\text{m}$ samt ingjutning med cementbruk som uppfyller krav enligt avsnitt 3.4.4.3.2.

För, i Tabell 3.4-2 och Tabell 3.4-3, godtagna rostskyddssystem avseende korrosivitetsklass C5-I och R3, med varmförzinkning kombinerat med ytskydd av värmehärdad epoxi, kan zinkskiktets tjocklek uppfylla kraven enligt tabell 2, SS-EN ISO 1461.

För dessa godtagna rostskyddssystem, med varmförzinkning kombinerat med ytskydd av värmehärdad epoxi, kan utvändiga gängor och muttrar uppfylla krav på varmförzinkning enligt DIN 267, Teil 10.

Krav på utförande av epoxibeläggning för de godtagna rostskyddssystem avseende korrosivitetsklass C5-I och R3, med varmförzinkning kombinerat med ytskydd av värmehärdad epoxi, skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Följande krav bör normalt tillämpas:

- slaghållfasthet, min 60 enligt ASTM D2794-93*
- vidhäftning, Gt 0 enligt SS-EN ISO 2409 (2 mm)*
- elasticitet, min 12 mm enligt SS-EN ISO 1519.*

3.4.4.6 Armering

3.4.4.6.1 Ospänd armering

För ospänd armering skall kraven i BRO 94, 43.61 uppfyllas.

Annat stålmateriale kan användas varvid krav enligt följande stycke skall tillämpas.

Stång- eller nätarmering till sprutbetong skall ha övre sträckgräns eller 0,2- gräns större än 380 MPa. Gränstjuning eller brottförlängning skall vara minst 5 %. Materialkrav avseende kemisk sammansättning och böckningsegenskaper enligt SS 14 21 65 skall vara uppfyllda. Stångdiametern får vara högst 12 mm.

För epoxibelagd armering gäller krav enligt BRO 94, 43.64.

3.4.4.6.2 Spänd armering

Krav enligt BRO 94, 43.62, 43.63 och 43.65 skall tillämpas.

3.4.4.6.3 Fiberarmering

Användning av annat material än stål skall vara godtaget av beställaren.

Stålfiber skall uppfylla materialkrav enligt SS 14 21 65.

3.4.4.7 Injekteringsmedel för tätning

Tätning av berg utförs i första hand som cementinjektering. I vissa fall kan dock lösningsinjektering (keminjektering) erfordras.

Krav på injekteringsmedel skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Injekteringsmedel skall för det aktuella tätningsfallet ha lämpliga strömningsegenskaper och, i förekommande fall, lämplig filtreringsstabilitet samt vara kemiskt och fysikaliskt långtidsbeständigt.

Sulfatresistent cement skall användas om det finns risk för att injekteringsbruket utsätts för sulfater i omgivande mark eller vatten.

Sulfatresistent cement bör användas om sulfathalten mätt i omgivande mark eller i grundvatten överstiger följande värden.

I vatten: $SO_4^{2-} \geq 600 \text{ mg/l}$

I mark: $SO_4^{2-} \geq 3000 \text{ mg/l}$

Vid injektering av konstruktion där kraftöverföring erfordras genom injekteringsbruket skall hårdnat injekteringsbruk ha tillräcklig tryckhållfasthet.

Detta avser exempelvis jordinjektering och kontaktinjektering i grova konstruktioner.

Injekteringsmedel får inte försämra ingjutet ståls korrosionsresistens.

3.4.4.8 Övriga produkter

Fogband för tätning av fogar skall uppfylla krav i avsnitt 3.5.6.7.

Ytbehandlingsprodukter för betong skall uppfylla krav i BRO 94, 43.72.

Kvarsittande gjutavstängare skall uppfylla krav i BRO 94, 43.73.

Distansklotsar skall uppfylla krav i BRO 94, 43.74.

Kvarsittande form skall uppfylla krav i BRO 94, 43.75.

3.4.5 Utförande

3.4.5.1 Allmänt

Drivning av bergtunnel samt utförande av bärande anläggningsdelar skall ske enligt upprättade konstruktionshandlingar. Uppföljning och dokumentation av bergmassans egenskaper skall utföras successivt så att antagna förutsättningar kan verifieras eller att erforderliga åtgärder vidtages.

Arbetsbeskrivning skall vara upprättad för arbetsprocedur som kan påverka antagna förutsättningar och funktionsmodeller.

Krav enligt BRO 94, kapitel 34, skall gälla i tillämpliga delar.

Vibrationsinducerande arbeten skall samplaneras med övriga arbeten så att färsk och hårdnande betong skyddas från skadliga vibrationer.

3.4.5.2 Drivning

3.4.5.2.1 Sprängning

Vid utsprängning av tunnlar skall skonsam sprängning tillämpas. Berguttag skall ske med hjälp av liggande borrhål.

För pumpgröpar, rörgravar, sedimentationsbassänger etc kan ståndarborrning tillämpas.

Krav på arbetsmetod, arbetsteknik och maximalt tillåtna skadezoner och borrhålsavvikelser skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Detta innebär att borr-, laddnings- och tändplaner skall anpassas så att ställda krav på tillåten skadezon innehålls.

För konturhål väljs normalt borringstolerans 1 enligt MarkAMA 83, tabell B 6/1 (Svensk Byggtjänst).

Borrhål i hålråd närmast konturen bör utföras parallella med konturhålen och enligt borringstoleransklass 1.

För att minimera inspänningen i konturhål bör vid borring eftersträvas att frontprofilen blir bågformig så att konturhål och närmaste strosshål ligger något efter övriga salvhål.

Råd beträffande utförande av sprängningsarbeten ovan jord finns redovisade i Handbok i sprängteknik (Vägverket).

Arbetet skall utföras så att störande omgivningspåverkan inte uppstår (försiktig sprängning) enligt krav uppställda i särskilt upprättad riskanalys för vibrationer, se avsnitt 7.3.

Beräkning av riktvärden samt kontroll avseende sprängningsinducerade vibrationer i närliggande byggnader skall utföras enligt SS 460 48 66. Besiktning av byggnader och anläggningar i samband med vibrationsalstrande verksamhet skall utföras enligt arbetsmetod, som redovisas i SS 460 48 60.

Det bör observeras att ordet riskanalys i standarden har en annan definition än i avsnitt 2.3.2.

Riskanalys samt kontroll avseende sprängningsinducerade luftstöt vågor för närliggande byggnader skall utföras enligt SS 02 52 10.

Öppen schakt i anslutning till tunnelmynningar skall utföras enligt VÅG 94, 4.4.2.

Detta krav kan frångås om schakten återfylls.

Krav på begränsning av vatteninläckning i salvhål skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

Om vatteninläckning uppstår vid borrning av salvhål skall borrningen avbrytas och kompletterande tätningsåtgärder vidtas.

Krav på rensning av bergytor inklusive bergbotten skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

Normalt väljs krav enligt bergrensningsklass 2 Anläggnings AMA 98, tabell CBD/3 (Svensk Byggtjänst).

Efter rensning av bergbotten bör kontroll av nivåer, uppstickande berggaddar och vatteninläckning utföras.

3.4.5.3 Hantering av material

Bergbult, armering, stålfiber och ingjutningsgods samt injekteringsmedel, cement, tillsatsmedel m m skall förvaras och hanteras på ett sådant sätt att olika material inte kan förväxlas och så att avsedda egenskaper inte försämras samt att korrosion inte riskeras under lagringstiden. Material skall hanteras så att spill inte förekommer.

Märkning skall vara sådan att sambandet mellan material och tillhörande intyg säkerställs samt att förväxling med andra material förhindras.

3.4.5.4 Bergbultning

Bergbult, förankring och dylikt skall monteras enligt upprättad arbetsbeskrivning.

Borrhålens längd och diameter skall anpassas till de aktuella bultarna. För ingjutna bergbultar skall håldiametern vara minst 20 mm större än bultens diameter.

Bult får inte monteras i vattenförande borrhål.

Vattenförande bulthål injekteras och borraras om, alternativt utförs nytt hål varvid det ursprungliga hålet skall fyllas med cementbruk.

Borrhålet skall vara 0,1 m längre än den ingjutna bultdelen. Den lastfördelande ändförankringens kapacitet skall säkerställas. Bultlängden skall minst vara sådan att förankringsmutter är helt pågängad.

Bultar som skall kontrolleras med icke förstörande provning genom analys av mekaniska vågor som sänds genom bulten skall ha minst 0,1 m utstickande bultstång.

Efter det att icke förstörande provning utförts skall utstickande bultändar kapas till av beställaren angiven längd.

Bultar för säkring av block skall vara förankrade minst 1 m in i bedömt fast berg. För att säkerställa den lastupptagande förmågan skall bergbult vara fullt ingjuten till en minsta bedömd längd av 0,4 m i löst block.

Förspänd bult skall spännas till högst 60 % av sträckgränsen. Uppspänningsgraden skall vara angiven på bergritning och anpassas till bergförhållandena. Förspänning av bult skall utföras med metod som varken roterar bulten eller medför vridning i bulten.

Bergbult skall monteras centriskt i borrhål.

Kravet ställs för att erhålla erforderlig förankring och korrosionsskydd.

Ingjutningsbruk skall med slang pumpas in i borrhålet från hålets botten. Efter det att bulten införts i det bruksfyllda borrhålet skall bruket helt fylla hålrummet mellan bult och berg.

För kombinationsbult (förspänd bult som senare ingjuts) skall ingjutning ske enligt tillverkarens anvisning. Efter injektering skall bruket helt fylla hålrummet mellan bult och berg.

Annan metod får användas efter godtagande av beställaren.

Bergets temperatur får inte understiga +2°C vid ingjutning av bergbult och under brukets härdningstid.

Förankringsbricka skall vara fullständigt undergjuten eller understoppad med cementbruk.

3.4.5.5 Formar

Formar skall utföras enligt krav i BRO 94, 44.1.

Vid tunnelportal skall underkant av kantbalk och kantlist förses med droppnäsa.

Formstag till vattentät konstruktion skall förses med tätningsbricka.

3.4.5.6 Armering

3.4.5.6.1 Ospänd armering

Vid utförande av ospänd armering skall krav i BRO 94, 44.31 tillämpas.

3.4.5.6.2 Spänd armering

Krav enligt BRO 94, 44.32, 44.33 och 44.36 skall tillämpas.

3.4.5.6.3 Stålfiberarmering

Stålfiberarmering i konstruktion som är belägen i vägmiljö eller marin miljö bör inte kombineras med stångarmering så att fibrerna kan komma i kontakt med stängerna. Detta råd tillämpas inte för bergbult.

Risk för galvanisk korrosion kan föreligga.

3.4.5.7 **Betongarbeten**

Krav avseende speciella betongarbeten såsom sprutning och injektering redovisas i avsnitt 3.4.5.8 och 3.4.5.9.

Utförande av betongarbete skall ske i ”Utförandeklass I”.

3.4.5.7.1 **Bergytor**

Bergytor som skall motgutas skall vara rensade och rengjorda.

Där samverkan mellan berg- och betongkonstruktion förutsätts skall berget vara tätt eller dränerat så att ytan är fri från vatten.

Vid övriga motgjutna bergytor skall berget vara tillräckligt tätt eller dränerat så att en fullgod betongkonstruktion kan utföras. Om bergytan trots injektering inte är tät mot inläckande vatten skall vattnet avledas genom dränering under gjutningen.

Det är av största vikt att allt inläckande vatten kan avledas så att inte cement lakas ur betongmassan.

Bergets temperatur skall vara tillräckligt hög så att risk för frysning av färsk och hårdnande betong inte föreligger.

3.4.5.7.2 **Gjutning**

Gjutning skall utföras enligt krav i BRO 94, 44.411.

3.4.5.7.3 **Fogar**

I höjddled utförs gjutuppehåll på ca 2 timmar vid valvfot. Alternativt utförs gjutfog varvid hänsyn måste tas till valvets krympning.

Betongkonstruktion som samverkar med berget skall utföras med minsta möjliga antal rörelsefogar.

Monoliterna kan delas upp med vertikala gjutfogar i kortare gjutdelar (6-8 m) så att sprickbildning på grund av värmeutveckling och avsvälning reduceras.

Betongkonstruktion som inte förutsätts samverka med berget skall uppdelas i längsled med vertikala dilatationsfogar.

Lämpligt avstånd mellan fogar är 8-12 m.

Gjutfog och dilationsfog skall utformas så att de blir täta mot vattentryck enligt avsnitt 3.5.6.7. Motgjutningsyta i gjutfog skall behandlas och rengöras så att ytan blir skrovlig. Ytans råhet skall uppgå till minst $s = 2$ mm mätt enligt SS 81 20 05.

3.4.5.7.4 **Valvgjutning mot bergtunneltak**

Gjutning mot bergtunneltak skall utföras på sådant sätt att god anslutning mot bergytan erhålls. Luft- och injekterings slangar till höjdpunkter skall

inläggas i erforderlig omfattning så att hålrum efter gjutning kan fyllas upp.

Betongkonstruktion, som förutsätter samverkan med berget, skall efterinjekteras så att fullständig anslutning mot berg erhålls.

Kravet är motiverat från samverkans- och korrosionssynpunkt.

Bergytans ojämnheter bör avjämnas med sprutbetong.

3.4.5.7.5 Efterbehandling

Efterbehandling skall utföras enligt BRO 94, 44.43.

Vid lufttemperatur under 0°C skall formen sitta kvar och eventuellt isoleras så att frysning inte kan ske. Betongytor som inte är formsatta skall isoleras tills erforderlig hållfasthet uppnåtts.

3.4.5.7.6 Injektering av sprickor

Injektering av spricka skall utföras enligt BRO 94, avsnitt 74.51. Genomgående spricka påverkad av ensidigt vattentryck med bredd överstigande 0,1 mm skall injekteras.

3.4.5.7.7 Ytbehandling

Ytbehandling med preparat för skydd mot inträngning av klorider och vatten skall utföras i två separata behandlingar med minst en månads och högst ett års mellanrum.

Preparatet påförs vid varje behandling enligt tillverkarens rekommendationer.

Av estetiska skäl bör ytbehandlingen utföras på konstruktionsdelens hela synliga yta.

3.4.5.8 Sprutbetong

Arbete med sprutbetong skall ske i "Utförandeklass I". Sprutbetongarbete skall utföras under ledning av personal som har utbildning och dokumenterad erfarenhet av vald arbetsmetod enligt krav för utförandeklass I.

Bergytor som skall sprutas skall vara rensade och rengjorda genom spolning med luft/vatten.

Renspolning skall inte utföras vid de partier med dåligt berg som skall överbyggas med sprutbetongförstärkning. Dock skall allt löst material rensas bort.

Stabilitetsproblem kan annars uppstå. Sprutbetongförstärkning förutsätts i dessa fall vara dimensionerad och förankrad för aktuella förhållanden.

Betongsprutning skall ske mot rena ytor och efter det att vattnet runnit av men innan bergytorna blivit torra.

Större vattenläckage bör tätas och/eller dräneras innan sprutbetong påförs.

Bergytans temperatur skall vara minst +2°C vid sprutning. Sprutning får inte utföras då risk för frysning föreligger.

Inblandning av stålfibrer skall utföras så att fibrerna dispergeras väl i betongmassan.

Arbetsordning skall väljas så att återstudsande material i möjligaste mån inte når ytor som skall sprutas i senare etapp.

Vid sprutning skall först större gropar och sprickor fyllas. Därefter utförs sprutningen i skikt.

Skiktjocklek bör normalt vara mellan 20 mm och 40 mm.

Sprutbetong skall efterbehandlas genom fukthärdning snarast efter sprutning. Härdningen skall i övrigt utföras enligt BBK, punkt 8.5.2.4.

Vid efterbehandling genom intermitterent fukthärdning får fuktnivån vid betongytan inte underskrida 90 % relativ fuktighet under den erforderliga härdningstiden.

Sprutbetong som skall ingå i det bärande huvudsystemet skall ha uppnått erforderlig hållfasthet innan pålastning får ske från uttag av ny salva, dock lägst 6 MPa. Applicering av sprutbetong anpassas tidsmässigt till sprängarbetena så att skador på sprutbetongen inte uppstår.

Vid stång- eller nätarmerad sprutbetong skall följande gälla:

- armering skall vara placerad minst 10 mm från underlaget
- armering skall vara infäst så att den inte vibrerar under sprutning
- sprutning får inte ske genom mer än ett armeringslager.

3.4.5.9 Tätningensarbete

Krav på tätningensarbete skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Injekteringsutrustning skall vara anpassad till aktuellt injekteringmaterial och aktuella injekteringsförhållanden.

Tätning av berg utförs i första hand som förinjektering.

Vägledning kan fås i Fjellinjeksjon - Praktisk veiledning i valg av tettestrategi og injeksjonsopplegg (Norsk forening for fjellsprengningsteknikk).

3.4.6 Kontroll

3.4.6.1 Allmänt

Kontroll skall utföras enligt BKR, avsnitt 2:6. Erforderlig förundersökning och fortlöpande provning av delmaterial, färsk och hårdnad betong, sprutbetong och injekteringsmedel samt av armering och bultar skall utföras.

Kontroll av betong och stålkonstruktion med avseende på delmaterial, produkter och utföranden skall ske enligt avsnitt 3.5.7. Utöver denna kontroll skall utföras förundersökning enligt avsnitt 3.4.6.2 och fortlöpande provning enligt avsnitt 3.4.6.3.

Grundkontroll av bergmassa skall omfatta kontroll av överensstämmelse mellan verkliga berg- och grundvattenförhållanden och de förutsättningar på vilka projekteringen baserats.

Tilläggskontroll av bergkonstruktion i GK2 skall omfatta objektsanpassad kontroll av konstruktionens bärförmåga, funktion och beständighet samt inverkan på omgivningen.

Vid tilläggskontroll av bergkonstruktion i GK3 skall dessutom gälla att egenkontrollen skall kompletteras med kontroll utförd av en från det aktuella projektet fristående expert.

Resultat från kontroll av berg skall dokumenteras på bergkarteringsritning.

3.4.6.2 Förundersökning avseende material och utförande

Godkända resultat från förundersökning avseende material och utförande skall föreligga innan utrednings- eller arbetsfas påbörjas.

Rapport över förundersökning avseende ingenjörsgelogiska och bergtekniska förutsättningar för bergtunnel skall redovisas enligt avsnitt 3.4.3.1.2.

3.4.6.2.1 Bultar

Förundersökning av bultar skall utföras och omfatta kontroll av arbetsmetod och utdragsprov.

För ingjutna, ej förspända, bultar skall icke förstörande provning genom analys av mekaniska vågor som sänds genom bulten utföras.

För ingjutna bultar skall testingjutning utföras i upphängda genomskinliga plexiglasrör av samma dimension som aktuell borrhålsdiameter, för att kontrollera att bruket håller, för ändamålet lämpliga strömningsegenskaper och att ingjutningen blir fullständig.

Utdragsprov skall genomföras för att bestämma bultarnas lastupptagande förmåga i aktuell tunnelmiljö. Bultarnas last och deformation registreras

under utdragsprovet. Bultarna provdras till motsvarande 90 % av stålets sträckgräns.

Provningsdokumentationen skall minst omfatta:

- bergets kvalitet vid provningsplatsen
- bergart
- borrhål; utförandemetod och dimensioner
- bult; typ och dimensioner
- fastgjutningsbruk; metod, vct, densitet, konsistens och tillsatser samt härdningstid
- fyllnadsgrad i borrhål
- typ av brott
- övriga särskilda observationer.

För ingjuten bergbult skall utdragsprov genomföras på sex bultar av varje typ, inkluderande tre bultar per bulttyp med längd i berg 0,5, 1,0 respektive 1,5 m.

För övriga bulttyper skall omfattning av förundersökning godkännas av beställaren utgående från tidigare dokumenterade erfarenheter av aktuella metoder och material.

3.4.6.2.2 Sprutbetong

Provsprutning skall utföras av aktuell personal och med aktuella delmaterial, mängder och utrustningar. Vid provsprutningen kontrolleras betongens sprutbarhet, pumpbarhet (våtsprutning) och mängd spill av betong respektive fibrer.

Vattencementtal (vct) respektive vattenbindemedelstal (vbt) skall beräknas med ledning av doserade mängder delmaterial och uppmätt mängd spill. Fibernmängd skall uppmätas genom urvaskningsprov i sprutat prov.

Genom förundersökning skall betongsammansättning och arbetsutförande fastläggas varvid särskilt skall vara angivet:

- avsedd fibertyp och fibermängd för fiberarmerad sprutbetong
- metod för bedömning av när avsedd skiktjocklek har sprutats
- erforderlig tid för efterbehandling, t ex genom mognadsmätning och beräkning
- densitet och tryckhållfasthet på hårdnad sprutbetong
- frostbeständighet
- böjdraghållfasthet och seghet (för fiberarmerad sprutbetong).

I de fall som vidhäftning krävs för förstärkningens funktion skall prov av vidhäftning mellan berg och betong, samt vidhäftning mellan sprutbetongskikt, utföras.

3.4.6.2.3 Injekteringsmedel för tätning

I förundersökning skall kontrolleras att krav enligt avsnitt 3.4.4.7 uppfylls.

3.4.6.3 Fortlöpande provning avseende material och utförande

3.4.6.3.1 Berg

I konstruktionshandling ställda krav redovisas i kontrollplan för tilläggskontroll och följs upp, såvida inte kraven kontrolleras i grundkontroll.

Sonderingsborrning före tunnelfront samt kontroll av grundvatten med avseende på inläckande mängd och korrosivitet är sådana exempel.

Vid krav på bergmekanisk mätkontroll av stabilitet och kontroll av belastningar på förstärkningskonstruktion skall kontrollen styras med mätprogram.

Mätprogram för kontroll av bärande huvudsystems stabilitet kan omfatta deformationsmätning i tunneltvårsnittet samt i bergmassan runt tunneln.

Kontroll av lastupptagning i förstärkningskonstruktion kan omfatta:

- mätning av bultlaster och stagkrafter*
- mätning av axiella och tangentiella laster/spänningar i betong och sprutbetong*
- mätning av stagkrafter.*

3.4.6.3.2 Cementbruk för bultingjutning

Cementbruk för bultingjutning kontrolleras med avseende på vct och konsistens.

Krav på kontrollens omfattning skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

3.4.6.3.3 Bultar

Ej förspända bultars ingjutning kontrolleras med icke förstörande provning genom analys av mekaniska vågor som sänds genom bulten. I kontrollplan för tilläggskontroll skall val av bultar, provningsfrekvenser och kravnivå vara angivna.

Kontroll med icke förstörande provning genom analys av mekaniska vågor som sänds genom bulten bör inledningsvis utföras för 10 % av antalet installerade bultar. Erhålls godtagbara resultat kan provningsomfattningen minskas till 2 %.

Utförande av ingjutning av bergbult kontrolleras med ingjutning i upphängda genomskinliga plexiglasrör. I kontrollplan för tilläggskontroll skall val av provningsfrekvenser och kravnivå för testningjutning vara angivna.

Förspända bultar kontrolleras genom efterdragning. Kontrollutförande och kravnivå skall vara angivna i kontrollplan för tilläggskontroll. För övriga bulttyper fastställs kontroll i kontrollplan för tilläggskontroll.

3.4.6.3.4 Sprutbetong

I initialskedet dubbleras nedan angivna provningsfrekvenser. Efter fyra på varandra följande prov med godtagbara resultatvärden godtas att normal provningsfrekvens tillämpas.

För fiberarmerad sprutbetong skall anvisningar i Stålfiberbetong för bergförstärkning - provning och värdering (Cement- och betonginstitutet) tillämpas.

Fibermängd skall bestämmas genom nedskrapningsprov av sprutad betong. Provningsfrekvensen skall vara 1 prov per 1000 m² i geoteknisk - klass GK2 och minst 1 prov per arbetsskift i GK3.

Kontroll av sprutbetongens densitet skall ingå i grundkontrollen.

Tryckhållfasthet provas enligt SS 13 72 20. Provkroppar lagras enligt SS 13 11 12. Provningsfrekvensen skall vara 1 prov per 1000 m² i GK2 och 2 prov per 250 m² i GK3.

Seghet bestäms för stålfiberarmerad sprutbetong enligt ASTM C1018 kompletterad med PM 1990-10-31 (Cement- och betonginstitutet).

Provningsfrekvensen skall vara 1 prov per 2000 m² i GK2 och 1 prov per 500 m² i GK3.

Tjocklek av sprutbetongskikt kontrolleras enligt SS 13 72 21.

Provningsfrekvensen skall vara 1 prov per 500 m² i GK2 och 1 prov per 100 m² i GK3.

Kontroll av delskiktens tjocklek skall ingå i grundkontrollen.

Vidhäftning till berg kontrolleras inom de områden där vidhäftning krävs för att säkerställa bärförmågan. Provningsfrekvensen skall utföras enligt SS 13 72 43. I kontrollplan för tilläggskontroll skall val av provningsfrekvenser och kravnivå för vidhäftningsprov vara angivna.

Krav på fortlöpande provning av frostbeständighet skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

3.4.6.3.5 Tättningsåtgärder

Krav på uppföljning och kontroll som föranleds av valt tättnings-/vattenavledningskoncept med vidhängande krav på säkerhet mot frysning enligt avsnitten 3.2.3 och 3.2.4 skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

3.5 Tunnel i betong eller stål

3.5.1 Allmänt

I detta avsnitt anges kompletterande krav för det bärande huvudsystemet i andra tunnlar än tunnlar i berg.

En tunnel som inte är belägen i berg kan utföras med bärande konstruktion i betong eller stål eller i en kombination av dessa material.

Tunnlar i betong eller stål kan utföras över eller under grundvattenytan (s k cut & coverteknik) såväl plats- som förtillverkade, eller under fri vattenyta medelst sammanfogning av nedsänkta element (s k sänktunnel).

Kraven i BRO 94, del 1, avsnitten 10.1 t o m 10.4, delarna 3 t o m 7 och 9 skall tillämpas med de ändringar som anges i detta avsnitt.

Konstruktionsdelar i tunnlar med huvudsakligen horisontell underyta, som genom kontaktryck eller ingjutna pålar överför egentygnd och last från anslutande konstruktionsdelar ned i undergrunden jämföras med bottenplattor i BRO 94.

I t ex en sluten betongtunnelsektion utgörs bottenplattan av delen under vägbanan mellan tunnelväggarna och eventuellt utkragande konsoler.

Friliggande farbanekonstruktioner i tunnlar jämföras med brobanep Plattor i BRO 94.

3.5.2 Krav

3.5.2.1 Vattentätthet och säkerhet mot frysning

Tunnlar skall utföras vattentäta.

Vattenisolering bör utföras på alla utvändiga ytor.

Om vattenisolering skall utföras skall omfattning samt krav på material och utförande vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Skydd mot frostpåverkan kan utföras som dränerad omgivande fyllning med frostpassivt material eller med separat isolering.

I de fall där skydd mot frostpåverkan dimensioneras för medelköldmängd enligt VÄG 94, 1.4.1 eller annan köldmängd som fastställts, efter särskild utredning, skall konstruktionen dimensioneras för de tillkommande lasterna.

Tillkommande laster kan utgöras av istryck respektive förhöjda jordtryck. Används maxiköldmängd enligt bilaga 9 vid dimensioneringen behöver inte tillkommande laster beaktas.

3.5.2.2 Miljö- och korrosivitetsklasser

Beträffande miljöer och miljöklasser, se avsnitt 2.5.2 och 3.2.2.

3.5.2.3 Grävpålar

Beräkning, utförande och kontroll av grävda och i jorden gjutna pålar skall ske enligt Grävpålanvisningar, rapport nr 58, samt Grävpålar i friktionsjord, rapport nr 77, (IVA Pålkommisionen) med nedanstående ändringar och tillägg. Krav angivna för grävpålar klass A eller B skall tillämpas.

Betongen och armeringen skall uppfylla kraven i BRO 94, kapitel 43, 44 och 45.

Den dimensionerande bärförmågan R_d i brottgränstillståndet skall bestämmas enligt ekvationen

$$R_d = \frac{1,2 \cdot P_{till}}{\gamma_n}$$

där P_{till} anges i rapport 58 och 77.

Utförande av grävpålar skall ske enligt SS-EN 1536. Beträffande krav för betong och armering, se ovan.

Rapport 58:s begränsningar styr vilka typer av grävpålar i SS-EN 1536 som kan användas.

3.5.3 Förutsättningar

3.5.3.1 Grundläggning

Vid grundläggning skall hänsyn tas till befintliga byggnadsverks grundläggning så att dessa inte riskerar att skadas eller få störd funktion.

I de fall som berg med anslutande konstruktion skall täta mot vattenflöde skall krav på tätinjektering vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Inverkan av påhängslaster på pålar skall beaktas enligt BRO 94, 21.18 och BRO 94, tabell 22-1.

3.5.3.2 Skyddsfyllning på tunnel

Över tunnlar som är belägna i fritt vatten skall erforderlig fyllning anordnas som skydd mot ankare och annan yttre påverkan samt för eventuell lastfördelning.

Skyddsfyllning som erosionsskydd skall uppfylla krav enligt BRO 94, kapitel 36. Vid dimensionering skall flöden och belastningar med 100 års återkomsttid tillämpas.

I den tekniska beskrivningen skall skyddsfyllningens funktion, uppbyggnad, tjocklek, utsträckning och släntlutningar vara angivna.

3.5.3.3 Säkerhet mot uppdrift

Tunnlar som är belägna helt eller delvis under grundvattenytan eller en fri vattenyta skall dimensioneras så att kraven på säkerhet mot uppdrift uppfylls. Uppdrift definieras som förhållandet mellan egentyngd och vattnets lyftkraft.

Friktion mot väggar får inte tillgodoräknas. Hänsyn skall tas till vattnets densitet. Last av överfyllnad på tunnelns tak och bottenplattans tass och som är belägen inom vertikala begränsningssnitt får tillgodoräknas om överfyllnaden är skyddad med erosionsskydd enligt avsnitt 3.5.3.2.

3.5.3.4 Övrigt

Horisontal- och vertikalarörelser skall kunna registreras i mätpunkter anbringade på insidan i tunnelns ytterväggar

- på båda sidor om dilatationsfogar
- vid tunnelns ändar.

Mätresultaten införs på relationshandlingen enligt avsnitt 1.7.5.

I den tekniska beskrivningen skall principen för mätning vara angiven, t ex avvägning av dubbar eller optisk fiberkabel.

Betongkonstruktion i vägmiljö eller marin miljö skall förses med en anslutning till armeringen för elektrokemisk potentialmätning. Se BRO 94, 41.129 och 44.316.

3.5.4 Verifiering av bärförmåga

3.5.4.1 Allmänt

Om samverkan mellan stål och betong förutsätts gäller i tillämpliga delar krav på samverkan enligt BRO 94, avsnitt 50.4.

Om samverkan mellan stål och betong förutsätts skall detta vara angivet i den tekniska beskrivningen.

3.5.4.2 Laster

Vid dimensionering av tunnlar gäller laster enligt avsnitt 3.3.

Lastkombinationer enligt avsnitt 3.3.5 och lastkoefficienter enligt tabell 3.3-4 skall tillämpas, se dock avsnitt 3.5.3.1.

Vid dimensionering för säkerhet mot uppdrift skall lastkombination II och IV:A tillämpas.

Om tunnelns faktiska tyngd bestäms får lastkoefficienten för egentyngd i permanent stadium, lastkombination IV:A, ökas med 0,05. I byggskedet, lastkombination II, får lastkoefficienten för egentyngd ökas med 0,025.

3.5.4.3 Sponter

Permanent sponter skall dimensioneras enligt Sponthandboken (Byggforskningsrådet) samt Dimensionering av sponter (Vägverket).

För tillfälliga sponter bör ovannämnda sponthandbok och rapport användas.

3.5.4.4 Dagna stålkärnepålar

Den dimensionerande geotekniska bärförmågan för dragkraft för stålkärnepålar enligt BRO 94, 33.17, där pålarna i permanent lastfall är utsatta för dragning, skall bestämmas genom provning.

Detta innebär att enbart statisk beräkning inte är tillfyllest.

I den tekniska beskrivningen skall följande vara angivet:

- *provningsmetod*
- *provningsfrekvens*
- *aktuell säkerhetsfaktor.*

3.5.4.5 Dimensionering i brottgränstillstånd

För olycksfallet explosion godtas att lokala skador uppträder. Bärande huvudsystem får inte kollapsa. Möjligheterna till självräddning och räddningstjänstens insatser får inte förhindras, se kapitel 4.

I den tekniska beskrivningen skall vara angivet vad som avses med lokala skador.

Beräkningsmodell och beräkningsgång som finns i Explosionslaster vid betongtunnlar (Vägverket, Region Stockholm) kan användas, dock med explosionslaster enligt avsnitt 3.3.4.3.

3.5.4.6 Dimensionering i bruksgränstillstånd

3.5.4.6.1 Begränsning av sprickbredd

Vid gjutning mot berg eller annat oeftergivligt material skall den ökade sprickrisken på grund av t ex krympning beaktas.

Detta innebär att större minimiarmeringsmängd än vad som anges i BRO 94 kan erfordras.

Betongkonstruktioner skall beräknas och utföras enligt de miljöklasser som anges i tabell 2.5-2.

Betongpålars miljöklass redovisas i BRO 94, 31.11.

För betongmassa i miljöklasserna A1-A4 skall tabell 41-4 i BRO 94 användas.

För minsta basmått för det täckande betongskiktet skall tabell 41-5 i BRO 94 användas. Beträffande bottenplattor se BRO 94, 41.313.

För värden på spricksäkerhet ζ och sprickbredd w_k (mm) i olika miljöklasser skall tabell 41-6 i BRO 94 användas.

Betongtunnlar och tråg påverkade av ensidigt vattentryck skall ha en maximal sprickbredd av 0,20 mm.

Beträffande vattentäta tunnlar, se avsnitt 3.5.2.1.

3.5.4.6.2 Deformationer i undergrunden

För slutna ramkonstruktioner samt för konstruktioner med varierande grundläggningsförhållanden längs bottenplattor skall hänsyn tas till sättning under respektive del av bottenplatta.

Största godtagbara deformation för en tunnelmonolit och största godtagbara deformationsskillnad mellan monoliter skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Acceptabla deformationsvärden bör bedömas med hänsyn till vägbanans jämnhet och med hänsyn till hur fogarna mellan monoliterna är konstruerade.

3.5.5 Material

Material, som inte godtas enligt BRO 94, kapitel 43 och 54, kräver godtagande av beställaren. Materialets egenskaper skall redovisas i ansökan om godtagande.

3.5.6 Utförande

3.5.6.1 Allmänt

Vid utförande i öppen schakt skall återfyllnad utföras enligt särskild arbetsbeskrivning.

3.5.6.2 Stålkonstruktion

För stålkonstruktioner som gränsar till vatten, jord eller berg skall hänsyn tas till korrosion enligt BRO 94, bilaga 9-11. Dessutom skall ytbehandling utföras enligt de krav för stålprofiler neddrivna i jord som redovisas i BRO 94, avsnitt 51.22 och bilaga 9-11.

För stålkonstruktion i övrigt gäller krav på ytbehandling av stålöverbyggnad enligt BRO 94, avsnitt 51.22 och 55.3.

För stålkonstruktioner som ingår i bärande huvudsystem i marin miljö bör förutsättas katodiskt skydd.

Eventuella krav på katodiskt skydd skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

3.5.6.3 Sponter

Utförande av stålsponter skall ske enligt SS-EN 12063. Vid tillämpning av SS-EN 12063 skall krav enligt BRO 94, 34.4 och krav på dimensionering enligt avsnitt 3.5.4.3 användas.

3.5.6.4 Formar

Formstug till vattentäta konstruktioner skall förses med tätningsbrickor.

3.5.6.5 Betongarbete

Arbetsutförande, val av etappfogar, gjutordning o. dyl. skall väljas så att skadlig sprickbildning inte uppstår. Utförandet skall redovisas i arbetsbeskrivningen och på ritningar. Beträffande sprickrisk under härdningsförloppet, se BRO 94, 44.411 och 45.52.

3.5.6.6 Injektering av sprickor

Genomgående spricka påverkad av ensidigt vattentryck med bredd överstigande 0,1 mm skall injekteras och förses med utvändig vattenisolering.

Omfattning samt krav på material och utförande av vattenisolering skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

3.5.6.7 Fogar

Gjutfogar och dilatationsfogar skall utföras täta mot vattentryck. Dilatationsfogar skall utformas med hänsyn till förekommande vertikala och horisontalrörelser samt vinkeländringar. Gjutfogar och dilatationsfogar under grundvattenyta skall utföras med fogband eller dylikt, se BRO 94, 43.71, samt med utvändig vattenisolering enligt BRO 94, 62.236.

Över grundvattenyta kan utförande med utvändig vattenisolering enligt BRO 94 vara tillräckligt.

Fogar skall vara intakta under den livslängd som specificeras för en tunnels bärande huvudsystem i tabell 2.5-1, med undantag för konstruktionsdelar i fogen som kan bytas ut eller på annat sätt åtgärdas utan att kravet på vattentäthet eftersätts. För sådana konstruktionsdelar skall TLK 40 tillämpas, se avsnitt 2.5. Fogarna skall vara möjliga att inspektera.

Kravet på lång teknisk livslängd är motiverat av de normalt mycket begränsade möjligheterna till utbyte och reparation av fogar i tunnlar.

Eventuella krav på anordningar för detektering av läckage skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

3.5.6.8 Ursparningar

Krav på ursparning för räckesståndare gäller i tillämpliga delar också infästning av andra skyddsanordningar, t ex barriärer.

3.5.7 Kontroll

3.5.7.1 Allmänt

Krav på kontroll enligt BRO 94, skall tillämpas.

I BRO 94, hänförs provningsfrekvensen till begreppen "varje bro", "per bro" etc För tunnlar anges på motsvarande sätt de avgränsade tunnelavsnitt, t ex med enhetlig utformning, som provtagningen skall avse.

Hänvisning till BRO 94, avsnitt 10.8 skall ersättas med hänvisning till motsvarande punkter i 1.6.

3.6 Inredning och vägkonstruktion

3.6.1 Allmänt

I detta avsnitt anges kompletterande krav för inredning och kompletterande krav på väggkropp, som ingår i vägkonstruktion.

Krav på brandmotstånd framgår av avsnitt 4.2.

3.6.2 Inredning

3.6.2.1 Inklädnad

3.6.2.1.1 Förutsättningar

En inklädnad skall vara utformad så att den blir åtkomlig för återkommande underhåll.

Erforderlig utrustning, t ex stegar, skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

Där risk för utfällning och/eller bakterietillväxt bedöms föreligga skall tak- och väggdräner dimensioneras för att tåla viss igensättning och förses med rensningsanordningar.

Rör, rännor och dräner med distansrör skall kunna inspekteras och kontrolleras med avseende på funktion.

Genomföringar genom tak- och väggdräner skall utformas så att de blir täta.

I de fall som inklädnaden utformas som en lättkonstruktion för vilken långtidserfarenhet saknas skall förundersökning och fullskaleprov genomföras.

Detta bör utföras genom provanvändning i en befintlig tunnel. Erfarenhet från minst fem års användning anses som tillräcklig långtidserfarenhet.

En inklädnad skall tåla tvättning med borste, rengöringsmedel och högtrycksspolning.

Borstning behöver normalt inte förutsättas vid tvättning av tak.

Vid högtrycksspolning bör det förutsättas att spoltrycket är 15 MPa, vattenmängden per spolmunstycke är 25 l/min och att avståndet mellan spolmunstycke och inklädnads yta är 0,5 m.

Väggar skall ha ett högsta glansvärde 50 mätt vid lutningen 60° enligt SS 18 41 84. För tak skall motsvarande värde vara 30.

Krav på ytans egenskaper samt eventuella krav på färgsättning, etc skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

3.6.2.1.2 Vattentätthet och säkerhet mot frysning

Krav på säkerhet mot frysning framgår av avsnitt 3.2.4. Inklädnader skall utformas så de inte skadas av frysning och så att den i berget lagrade värmen i största möjliga utsträckning tillvaratas.

För att förhindra att nederdelen av en väggdrän fryser igen innan vattenflödet har avstannat i de övre delarna kan bredden på isoleringen ökas i den nedre delen av väggdränen så att igenfrysningen sker senare i denna del.

Vid frostsäkring genom isolering skall isoleringens värmemotstånd i klimatzonerna 1-2 vara minst 1,00 m²K/W, i klimatzonerna 3-4 minst 1,35 m²K/W och i klimatzonerna 5-6 minst 2,25 m²K/W.

Beträffande klimatzoner, se VÄG 94, avsnitt 1.4.1.

Inklädnader av typ innertak och innerväggar skall tåla ett yttre vattentryck av 0,5 kPa utan att inläckning uppstår. Inklädnader som ingår i förstärkning av bergtunnel skall göras tillräckligt täta med avseende på förekommande vattentryck. Inklädnader skall vara täta vid tvättning enligt avsnitt 3.6.2.1.1.

Uppsamlat vatten skall ledas bort på ett frostfritt sätt.

3.6.2.1.3 Verifiering av bärförmåga

Inklädnad och dess infästning till det bärande huvudsystemet skall dimensioneras för tillämpliga delar av laster enligt avsnitt 3.3.

Laster som uppstår vid tillverkning, transport och montering utgör vanligen en väsentlig del av den dimensionerade lasteffekten.

Inklädnadselement, fog mellan inklädnadselement och infästning skall dimensioneras för olyckslastfallet oavsiktlig stöt enligt avsnitt 3.3.4.2.

Vid olyckslastfall som inte innefattar explosionslast accepteras lokal skada men konstruktionsdel får inte falla ner på körbanan eller inkräkta på det fria rummet 4,5 m över vägbanan.

Inklädnad skall påvisas kunna motstå, utan att fortskridande ras uppstår, explosionslasten jämnt fördelat tryck i trafikutrymme enligt 3.3.4.3

angripande inom en längd av tunneln motsvarande dubbla fria avståndet mellan tunnelväggarna. Angreppslängden skall inte väljas större än 30 m.

3.6.2.1.4 Material

En inklädnad av betong skall uppfylla krav enligt BRO 94, kapitel 43.

En inklädnad av stål skall uppfylla krav enligt BRO 94, kapitel 54.

För andra material än stål och betong samt för tunna konstruktioner av plåt redovisas krav i avsnitt 3.2.2.

Inklädnadens yta skall vara fukt- och temperaturbeständig samt, på sidan mot trafikutrymmet, ha hög slaghållfasthet.

Isoleringens termiska egenskaper får inte försämrats vid tvättning. Isoleringens värmeledningstal får under den avsedda livslängden inte understiga det värde som antagits vid dimensioneringen. Detta skall verifieras enligt provmetod som redovisas i Tjälisolering, Metod för bestämning av värmekonduktivitet (Vägverket).

3.6.2.1.5 Utförande

Krav enligt BRO 94 gäller i tillämpliga delar för inklädnad av betong eller stål. För inklädnad av annat material skall utförandekrav enligt principer i BKR, avsnitt 7:4 tillämpas.

Tillverkning, transport och montering skall styras av arbetsbeskrivningar.

Infästningar av inklädnad skall utföras med ingjutna fästelement eller med skruvförband. Skruvförband för infästning av inklädnad skall vara säkrat med t ex körnslag eller genom användning av låsmutter eller dubbla muttrar.

Bultar för infästning av inklädnad i berg skall ha minst 1,0 m förankringslängd.

Kortare infästningslängder, dock minst 0,5 m, kan accepteras för bultar med låga dragpåkänningar.

3.6.2.1.6 Kontroll

För inklädnad gäller i tillämpliga delar krav enligt BRO 94, kapitel 45 och 56.

Infästningselement skall funktionsprovas, dels i form av förundersökning, dels genom fortlöpande utförandekontroll.

3.6.2.2 Övrig inredning

Med övrig inredning avses sådana bärande konstruktioner, utom inklädnad, vilka inte utgör delar av tunnelns bärande huvudsystem.

Exempel på övrig inredning är konstruktioner i sidoutrymme.

3.6.2.2.1 Vattentäthet och säkerhet mot frysning

Krav för inklädnad enligt avsnitt 3.6.2.1.2 gäller i tillämpliga delar.

3.6.2.2.2 Beständighet

Krav på beständighet framgår av avsnitt 2.5.1. Förutsättningar för verifiering av beständighet framgår av avsnitt 3.2.2.

3.6.2.2.3 Dimensionering

Krav enligt BKR, BBK och BSK skall tillämpas.

3.6.2.2.4 Material, utförande och kontroll

Krav enligt BKR, BBK och BSK skall tillämpas.

3.6.3 Vägkonstruktion

För vägkonstruktion i tunnel gäller VÄG 94 med följande ändringar och tillägg

3.6.3.1 Krav

Kraven i VÄG 94, avsnitt 1.3.3.2 ”Tillåten känslighet för frosthalka”, avseende termiska egenskaper för material närmare vägytan än 0,5 m skall i tunnel tillämpas för material närmare vägytan än 0,4 m.

En underbyggnad på fast berg skall vara vattengenomsläpplig och kunna avleda från berget inläckande vatten till dräneringsledning.

Överbyggnad, dränerings- och avvattningsssystem får inte skadas genom frysning av inläckande vatten. Där maximiköldmängden enligt bilaga 9 överstiger 1000 dygnsgrader skall isolering utföras under vägbanan och eventuella gångbanor.

Krav på avvattningsanordningar framgår av avsnitt 8.7.

Krav avseende vägkonstruktion avser även gångväg.

3.6.3.2 Förutsättningar

3.6.3.2.1 Allmänt

Alla ytor i trafiktunnel skall vara belagda. Dränerande beläggning får inte användas som slitlager.

En underbyggnad som uppfyller kraven för förstärkningslager av typ obunden bergkross till bergbitumenöverbyggnad enligt VÄG 94, avsnitt 5.6.1, får anses tillhöra materialtyp 1.

Kvarliggande material i tunnelbotten efter rensning motsvarande bergrensningssklass 3B enligt Anläggnings AMA 98, tabell CBD/3 (Svensk Byggtjänst), skall anses tillhöra materialtyp 3 och tjälfarlighetsklass 2 om inte annat kan påvisas.

Förutsättningar för dimensionering av hel bottenplatta av betong eller friliggande farbana framgår av avsnitt 3.5.

Krav på undergrund av fast berg framgår av avsnitt 3.4.5.2.

3.6.3.2.2 Överbyggnad

Ingen särskild dränering av överbyggnaden erfordras om underbyggnaden består av material som uppfyller krav för fyllning med sprängsten enligt VÄG 94, avsnitt 4.5.3 och ursprungsmaterialet tillhör bergtyp 1 eller 2 eller om materialet uppfyller kraven för förstärkningslager enligt VÄG 94, avsnitt 5.6.1 och tunneldränering enligt avsnitt 8.7.1.2 är utförd.

Gångytor får utföras med ytlager av betongplattor eller motsvarande.

Vid val av stenmaterial till beläggning skall vid bestämning av justerad årsdygnstrafik per körfält, $\text{ÅDT}_{k,\text{just}}$, enligt VÄG 94, avsnitt 6.4, skall justeringsfaktorn för körfältsbredd/vägbredd sättas till minst 1,5.

3.6.3.2.3 Beläggning på betongkonstruktion

En beläggning på hel bottenplatta eller på friliggande farbanekonstruktion enligt avsnitt 3.5 skall utformas enligt BRO 94, del 6.

På hel bottenplatta där slitlagret utgörs av asfalt skall dock isolering inte utföras.

3.6.3.3 Dimensionering

3.6.3.3.1 Underbyggnad

Underbyggnad och undergrund skall intill i VÄG 94, tabell 2.7-5 angivet djup under vägytan ha homogena tjällyftningsegenskaper.

Isoleringen skall utformas med värmemotstånd enligt Tabell 3.6-1. För tunnelpartier belägna längre in än 300 m från tunnelöppning kan värden för närmast lägre klimatzon användas. För klimatzon 3 och 4 kan värmemotstånd $0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ respektive isoleringstjocklek 40 mm användas.

Isolering på icke tjälfarligt underlag behöver inte utspetsas.

Isoleringens värmemotstånd är kvoten mellan isoleringstjocklek och isoleringens praktiska värmekonduktivitet. Denna skall bestämmas enligt Tjälisolering, Metod för bestämning av värmekonduktivitet hos cellplast

(Vägverket). För andra material än cellplast skall bestämningen göras enligt särskild utredning.

Tabell 3.6-1 Erforderligt värmemotstånd isolering

Klimatzon	3, 4	5	6
Värmemotstånd, m ² K/W	1,35	1,80	2,25

Vid isolering med polystyrencellplast med praktisk värmekonduktivitet (λ) högst 0,045 W/m K erfordras isoleringstjocklek enligt Tabell 3.6-2.

Tabell 3.6-2 Erforderlig isoleringstjocklek för polystyrencellplast med $\lambda \leq 0,045$ W/m K

Klimatzon	3, 4	5	6
Isoleringstjocklek, mm	60	80	100

Tjälskydd på underlag av tjälfarlig jord skall dimensioneras enligt VÄG 94, avsnitt 2.7.3.

3.6.3.3.2 Överbyggnad

Tjockleken hos obundna överbyggnadslager skall väljas så att avståndet från beläggningslagers underkant till terrassyta som innehåller partier med fast berg som tillhör bergtyp 1 eller 2 inte understiger:

- 0,25 m för styva överbyggnader
- 0,15 m för flexibla överbyggnader.

Dessa mått skall ökas med 0,1 m då det fasta berget tillhör bergtyp 3.

Styv överbyggnad består av minst ett hydrauliskt bundet lager (hit räknas inte lager av betongplattor eller marksten). Övriga överbyggnader betraktas som flexibla.

Vid dimensionering av Bergöverbyggnad, BBÖ, kan IM-lagret utgå om tjockleken för AG-lagret ökas motsvarande minst halva tjockleken för IM-lagret och underlaget uppfyller särskilt ställda krav, se avsnitt 3.6.3.5.2. Bitumenbundna lager på ytor som använts som transportväg under byggnadstiden får vid dimensionering av överbyggnad inräknas till halva sin tjocklek om de:

- är utförda av AG eller MAB
- vid besiktning före påförande av nästa lager inte uppvisar skador.

Plattbelagda gångytor i trafikklass 1 skall utformas med samma totala överbyggnadstjocklek som om bitumenbundet slitlager valts.

3.6.3.4 Material

3.6.3.4.1 Underbyggnad

Krav på vattengenomsläpplighet hos materialet skall anses uppfyllt om material i underbyggnad uppfyller endera av följande krav:

- fyllning med sprängsten som tillhör bergtyp 1 eller 2 enligt VÄG 94, avsnitt 4.5.3
- förstärkningslager enligt VÄG 94, avsnitt 5.6.1

Då underlaget utgörs av icke tjälfarligt material får isoleringsbädden utgå under förutsättning att underlaget tätas så att det får en fast och jämn yta. För isoleringens hållfasthetsegenskaper skall vid provning enligt SS 16 95 24 gälla att spänningen vid proportionalitetsgränsen, σ_p , inte får vara lägre än 0,35 MPa och den relativa sammantryckningen, ϵ , vid denna spänning inte får överstiga 5 %.

3.6.3.4.2 Överbyggnad

Stenmaterial till slitlager på körbanan får inte enbart utgöras av porfyr. Om porfyr används skall ett ur nötningssynpunkt sämre stenmaterial med kulkvarnsvärde 9-14 blandas in. Det sämre materialet skall utgöra fraktion 8-11 mm för slitlager med största sten 16 mm, respektive fraktion 4-8 mm för slitlager med största sten 11 mm.

Stenmaterial till slitlager bör till sin huvuddel bestå av ljusa bergarter.

3.6.3.5 Utförande

Ytor som utgör del i permanent vägkonstruktion skall under entreprenadtiden skyddas mot nedsmutsning och nedkrossning. Ytor som används som transportväg för byggtrafik kan utföras enligt något av följande alternativ:

- Transportväg utförs med ca 0,5 m överhöjning över avsedd nivå. Före utförande av överbyggnad bortschaktas överhöjningen.
- Ytorna förses med bituminös beläggning. Före påförande av nästa lager skall sådana ytor rengöras samt besiktigas med avseende på eventuella skador, exempelvis sprickor och deformationer.

3.6.3.5.1 Underbyggnad

En terrassyta av materialtyp 1 skall vara så öppen att vatten inte kan kvarstanna på ytan och så tätad att synliga håligheter inte förekommer på ytan.

3.6.3.5.2 Överbyggnad

I de fall IM-lagret i BBÖ ersätts av AG skall underliggande lager tätas och justeras så att ytan uppfyller krav för obundet bärlager avseende nivå, bärighet samt packningsgrad enligt VÄG 94, avsnitt 5.3.1 respektive 5.3.2.

Ytor, vilka används som transportväg för byggtrafik och utgör del i permanent vägkonstruktion skall beläggas med AG för att minska nedsmutsning och nedkrossning av obundna material. Före påförande av nästa lager skall sådana ytor rengöras samt besiktigas med avseende på eventuella skador, exempelvis sprickor.

3.6.3.5.3 Beläggning på betongkonstruktion

Krav på förbehandling och utförande framgår av BRO 94, del 6.

Där vattenisolering inte utförs skall betongytan klistras enligt BRO 94, 62.24.

Eventuella erforderliga grund- och gasavlopp skall utföras enligt BRO 94, kapitel 61.

3.6.3.6 Kontroll

Krav på kontroll/provtagning av beläggning på hel bottenplatta eller fribärande farbana framgår av BRO 94, del 6.

4 Brandskydd

4.1 Allmänt

4.1.1 Brandskyddsdokumentation

En beredskapsplan skall upprättas. Denna skall innefatta beskrivning av hur olika brandscenarier skall hanteras samt en plan för regelbundna övningar med aktuell personal. Planen skall även innefatta explosionsscenarier. Se även avsnitt 1.7.4.

Brandskyddsdokumentation enligt BBR, avsnitt 5:12 skall upprättas och redovisas enligt avsnitt 1.7.4.

Brandskyddsdokumentationen kan utformas enligt Brandskyddsdokumentation (Svenska Brandförsvarsföreningen).

4.2 Brandmotstånd

Bärförmåga, integritet och isolering mot brand skall verifieras enligt BBR, kapitel 5, och BKR, kapitel 10 med nedanstående kompletteringar.

4.2.1 Förutsättningar

Anläggning, bestående av bärande huvudsystem och inredning, som gränsar mot trafikerat utrymme skall dimensioneras för brandpåverkan enligt avsnitt 3.3.4.4.

För tunnlar under vatten och tunnlar under byggnader skall det utredas hur anläggningsdelarna påverkas av en avsvalningsfas som motsvarar avsvälning med 600°C/h. Utredningen skall visa att avsvälningen inte kan leda till att tunneln kollapsar.

Tunnlars trafikutrymmen, utrymningsvägar samt räddningsrum skall utföras enligt krav för byggnader i brandteknisk klass Br 1 enligt BBR. Övriga utrymmen skall utföras enligt krav för byggnad i klass Br 2.

Tunnlar skall utformas så att lättantändlig eller explosiv gas eller vätska inte kan spridas till utrymningsväg eller sidoutrymmen.

Installationer som utgör delar av tunnelns säkerhetssystem skall skyddas mot brand under angiven utrymnings- och angreppstid.

Erforderlig utrymnings- och angreppstid skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

Installationer skall utformas så att överpåverkan på ett enskilt installations- eller konstruktionselement inte ger följdskador.

4.2.2 Verifiering av brandmotstånd

Bärförmåga skall verifieras genom provning eller beräkning eller båda.

För tunnlar i berg erfordras verifiering av det bärande huvudsystemets bärförmåga om denna helt eller delvis säkras med en förstärkningskonstruktion.

De förutsättningar och metoder för temperaturinträngningsberäkning och dimensionering godtas som anges i Brandteknisk dimensionering av betongkonstruktioner (Byggforskningsrådet).

För stålkonstruktioner kan ovannämnda rapport tillämpas som vägledning.

Branddimensionering och beräkningsgångar som finns i Branddimensionering av betongtunnlar, anvisningar för Ringen och Yttre Tvärleden (Vägverket Region Stockholm) kan användas, dock med brandlast enligt 3.4.4.4.

Vid branddimensionering med brandlast enligt RWS-kurvan bör särskild utredning utföras.

Konstruktioner som avskiljer utrymnings- och angreppsvägar samt räddningsrum skall även uppfylla krav på integritet och isolering.

De dörrar mot ett trafikutrymme som ingår i utrymnings- och angreppsvägar bör utföras i klass EI-C 90. Alternativt godtas att två dörrar används som tillsammans uppfyller klass EI-C 90.

Bärande huvudsystem, inredning och installationer nödvändiga för säker utrymning och räddningsinsats skall påvisas kunna motstå brandpåverkan under angiven utrymnings- och angreppstid utan att det uppstår lokala skador, t ex i form av nedfall. Installation skall uppfylla detta krav vid temperatur understigande 250°C.

Avspjälkning av betong i betongkonstruktioner kan starta när 200°C isotermin har nått ett djup motsvarande två centimeter. Uppvärmningshastighet, betongens fukthalt och täthet, närvaro av tryckspänningar och tvärsnittsutformning har även stor betydelse för spjälkning.

4.2.3 Material

Material i bärande huvudsystem, inklädnad och installation får inte bidra till brandspridning eller rökspridning.

Material bör vara obrännbart om inte materialets bidrag till brandspridning kan anses vara försumbart.

I den tekniska beskrivningen kan anges kompletterande krav. Kraven bör utgå från en bedömning av vilka skador som beställaren anser är acceptabla.

Plastmaterial, som ingår i inredning och installation, bör bestå av klorfritt material.

4.2.4 Kontroll

Kontroll av installationer som ingår i tunnelns brandskydd skall utföras enligt kapitel 8.

Ett fullskaleprov med varm rök, som motsvarar en personbilsbrand, bör utföras innan tunneln tas i drift.

4.3 Brandgaskontroll

System för brandgaskontroll syftar till att säkerställa utrymning och att underlätta räddningstjänstens insatser.

Dimensionerande brandeffekt skall vara redovisad i riskanalysen, se avsnitt 2.3.2.

System för brandgaskontroll och styrstrategier för systemet skall fastställas efter samråd med den lokala räddningstjänsten.

För brandgaskontroll bör längsventilation tillämpas.

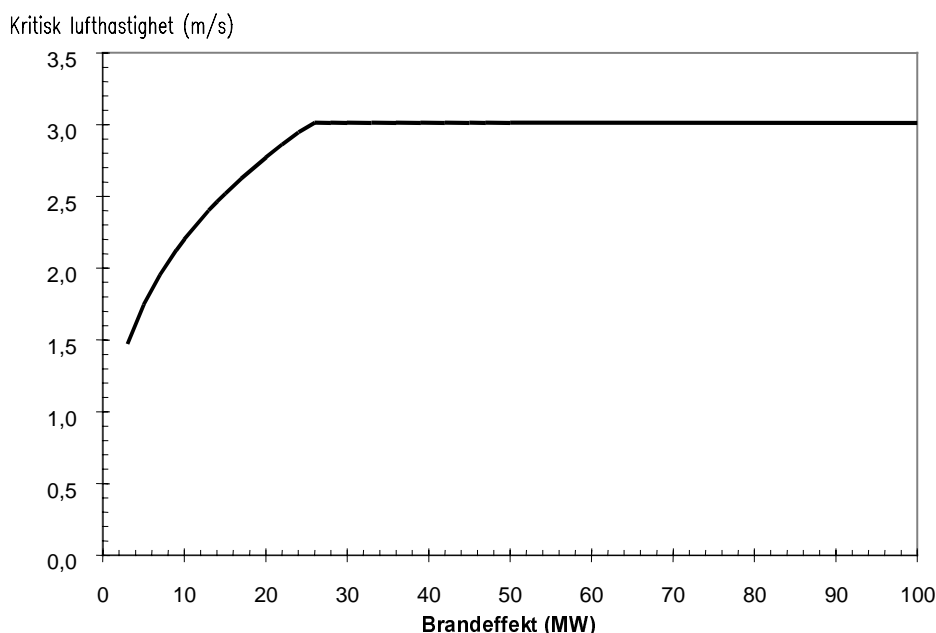
4.3.1 Längsventilation

Vid fastställande av kritisk brandventilationshastighet skall Figur 4.3-1 tillämpas.

Kurvan i Figur 4.3-1 anger vilken medellufthastighet i tunneltvärsnittet som krävs för att stoppa rökfronten uppströms branden.

I de fall enkelriktade tunnlar utgör varandras utrymningsväg och säker plats, skall åtgärder vidtas för att förhindra att brandgas tränger in i motsatta tunnelröret via mynningarna.

En sådan åtgärd kan vara att impulsfläktar i det ej olycksdrabbade tunnelröret reverseras.



Figur 4.3-1 Längsventilation, kritiskt lufthastighet

4.3.2 Tvärventilation

Vid tvärventilation skall utsugningssystemet vara utformat så att utsugningen i brandens närhet ökar.

Tvärventilation går normalt inte att använda för brandgaskontroll vid större brandeffekter än 15 MW.

Vid halv tvärventilation skall tilluftssystemet vara reversibelt så att det kan vändas till frånluftssystem.

4.3.3 Skydd mot brandgas- och brandspridning

Utveckling och spridning av brand och brandgas skall kunna begränsas.

Krav på utrustning för brandgaskontroll och släckning skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

VA-system skall utformas så att brandfarliga vätskor kan omhändertas, se även avsnitt 8.7.1.3.

Utrymningsväg och räddningsrum skall vara egen brandcell enligt BBR, avsnitt 5:232.

Utrymningsvägs och räddningsrums anslutning till tunnelrör skall utföras som brandsluss enligt BBR, avsnitt 5:231.

System för brandgaskontroll skall utformas så att utrymning underlättas och så att utrymnings- och angreppsvägar samt räddningsrum hålls fria från rök och andra brandgaser, se även avsnitt 8.6.

Räddningsrum bör kunna försättas under övertryck.

4.4 Utrymning

4.4.1 Allmänt

Tunnlar skall utformas så att tillfredsställande utrymning kan ske vid brand. Risken för att personer skadas av nedfallande installationer och anläggningsdelar eller genom fall och trängsel, samt risken för att personer blir instängda i nischer eller återvändsgångar skall särskilt beaktas.

Tillfredsställande utrymning innebär att samtliga personer kan utrymmas antingen till det fria eller till ett räddningsrum i anslutning till tunneln. I det senare fallet förutsätts att skydd mot värme och toxiska gaser kan erhållas under ett fullständigt brandförlopp eller under minst den tid, som i ogynnsammaste fall fordras för att en brand vid aktuella förutsättningar skall vara helt släckt, se BBR, avsnitt 5:31.

Utrymning till en annan tunnel får jämföras med utrymning till det fria under förutsättning att förbindelsen mellan tunnlar utformas som utrymningsväg samt att de utrymnandes säkerhet garanteras vid inträde i den andra tunneln.

Dörrar, trösklar, lutningar och trappor i utrymningsvägar skall anpassas till personer med funktionshinder. Rullstolar och bårar skall kunna transporteras till en säker plats.

Räddningsrum skall utföras i anslutning till en utrymningsväg om utrymningsvägens lutning medför att kraven på framkomlighet enligt avsnitt 4.4.2.3 för personer med funktionshinder inte kan uppfyllas.

Räddningsrum skall dimensioneras så att personer säkert kan vistas i dem tills utrymning kan ske utan fara.

Räddningsrum skall ha kommunikationsutrustning (t ex hjälptelefon), sittplatser för det antal personer som rummen är avsedda för samt informationstavla med anvisning om räddningsrummets läge och övriga utrymningsanvisningar.

Förutsättningar för dimensionering av räddningsrum skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

4.4.2 Dimensionerande förutsättningar

Gränsvärdena för kritiska faktorer får inte överskridas under den tid som behövs för utrymning. Se även BBR, avsnitt 5:361.

Vid värdering av kritiska faktorer bör siktbarhet, värmestrålning, lufttemperatur, toxiska gaser samt kombinationen av temperatur och toxiska gaser beaktas.

Kritiska faktorer skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Gränsvärden för toxiska gaser saknas idag. Sannolikt håller sig gaskoncentrationen inom tolerabla värden om sikten vid brandutveckling är minst 15 m.

Krav på förmåga att motstå brandpåverkan hos inredning och installationer under utrymnings- och angreppstiden anges i avsnitt 4.2.2.

4.4.2.1 Utrymningstid

Tiden för utrymning av personer till tunnelmynningen eller närmaste utrymningsväg eller räddningsrum får inte vara längre än att tunneln hinner utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår.

Vid bestämning av utrymningstid skall hänsyn tas till följande faktorer:

- valt system för brandgaskontroll

Maximalt gångavstånd och därmed utrymningstiden påverkas av valt system.

- tiden från att en händelse inträffat till dess att trafikanterna nåtts av larm eller på annat sätt blivit medvetna om faran samt trafikanternas reaktionstid och den tid det tar att ta sig ur fordonen

Den sammanlagda tiden för dessa moment bör inte förutsättas understiga 2 minuter.

- den tid det tar att förflytta sig till tunnelmynning eller närmaste utrymningsväg.

Vid bestämning av gångtiden bör gånghastigheten 0,7 m/s tillämpas.

4.4.2.2 Avskiljning

Utrymningsvägar som står i förbindelse med varandra skall avskiljas så att endast en av dem kan bli rökfylld eller spärrad genom samma brand.

I de fall utrymning anordnas via ett angränsande tunnelrör skall permanent brandavskiljning finnas utefter hela tunnelns längd.

Andra åtgärder som säkerställer att brandgas och rök inte sprider sig kan tillåtas efter utredning och samråd med räddningstjänsten.

4.4.2.3 Framkomlighet

Utrymningsvägar skall utformas med sådan rymlighet och framkomlighet att de kan betjäna det antal personer de är avsedda för.

En manuell rullstol kräver normalt minst 1,2 m fri bredd för att den skall kunna manövreras.

Dimensionerande antal personer skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Trappor i utrymningsväg skall undvikas. Om trappa finns skall alternativ väg eller räddningsrum anordnas.

Exempel på alternativ väg vid trappa är ramp och hiss.

Utrymningsväg får luta högst 8 %. Vid lutning överstigande 3 % krävs åtgärder, t ex ledstänger och vilplan. Vilplan skall anordnas enligt Tabell 4.4-1. Interpolering får ske mellan tabellvärden.

Vilplanets längd bör vara minst 2 m och lutningen högst 2 %.

Tabell 4.4-1 Lutningar och vilplan

Lutning, %	Max avstånd mellan vilplan, m	Max höjdskillnad mellan vilplan, m
8	5,0	0,40
6	7,5	0,45
4	12,5	0,50
3	20,0	0,60

Dörr mellan trafikutrymme och utrymningsväg skall öppnas i utrymningsriktningen och vara lätt identifierbar som utgång.

Andra dörrtyper, t ex skjutdörrar, kan användas om de ger likvärdig säkerhet vid utrymning som utåtgående slagdörrar.

Dörrar till eller i utrymningsväg skall vara lätt öppningsbara och självstängande.

Personer med funktionshinder bör kunna öppna dörr till eller i utrymningsväg utan assistans.

För nödvägens lutningar gäller normala lutningar för vägar, se VU 94.

4.5 Utrustning för branddetektion och brandbekämpning

4.5.1 Allmänt

Utrustning för släckning skall finnas så att brand kan bekämpas.

Exempel på utrustning är handbrandsläckare, inomhusbrandposter och brandpostnät.

Fasta släcksystem bör installeras om detta medför uppenbart ökad personsäkerhet i tunneln enligt genomförd riskanalys eller om det är en förutsättning för erforderlig bärförmåga vid brand enligt avsnitt 4.2. Exempel på fasta släcksystem är sprinkleranläggning.

Val av säkerhetsutrustning skall ske efter samråd med den lokala räddningstjänsten. Säkerhetsutrustning för branddetektion och brandbekämpning som installeras i tunnlar skall samordnas med övrig utrustning.

Säkerhetsutrustning som är avsedd för trafikanterna eller räddningstjänsten bör placeras i anslutning till utrymningsvägarna.

Exempel på säkerhetsutrustning är handbrandsläckare, hjälptelefoner, hjälpknappar, brandposter, orienteringsritningar och centralapparater för automatiskt brandlarm.

I den tekniska beskrivningen skall säkerhetsutrustning som skall installeras vara angiven.

4.5.2 Hjälptelefon

Hjälptelefoner och eventuella hjälpknappar samordnas med utrymningsvägarnas placering. Avstånden mellan hjälptelefoner eller hjälpknappar får ej överstiga 150 m.

Hjälptelefoner eller hjälpknappar skall installeras på båda sidor av tunnelröret när antalet körfält är tre eller flera.

Hjälptelefonanläggning utformas så att de har automatisk funktionsövervakning, vilket innebär test av telefonernas funktion och kontakt med övervakningscentral/SOS.

4.5.3 Branddetektion

Branddetektorer skall installeras i den omfattning som erfordras för detektering och övervakning av brand. Branddetektorsystem skall vara sektionerat och samordnat med system för brandgaskontroll.

I trafiktrymme bör branddetektering ske utmed hela tunnelns längd.

I sidoutrymmen bör branddetektering ske med hjälp av rök- eller värmedetektorer. Exempel på lämpligt utförande ges i Regler för automatisk brandanläggning, (Försäkringsförbundet).

4.5.4 Brandposter och handbrandsläckare

Brandposter och släckutrustning skall finnas i tunnlar.

4.5.5 Sprinkleranläggning

Vid utförande av eventuell sprinkleranläggning skall utformning av systemet utredas.

De råd och anvisningar som anges i NFPA 502, Standard for road tunnels, bridges and other limited access highways, Appendix D (National fire protection association) bör följas.

4.6 Räddningstjänst

4.6.1 Dimensionerande förutsättningar

Tunnel skall utformas så att den kommunala räddningstjänsten ges möjlighet att genomföra insatser för att rädda liv, egendom och miljö.

Samråd skall ske med den lokala räddningstjänsten t ex med avseende på insatsmöjligheter, om utnyttjande av utrymningsvägar som angreppsvägar, om vatten för brandsläckning, om kommunikationsutrustning samt om omhändertagande av farliga vätskor.

4.6.2 Angreppsvägar

Avstånd mellan angreppsvägar i tunnlar skall bestämmas i samråd med den lokala räddningstjänsten, varvid det särskilt skall beaktas att angreppsväg även skall kunna fungera som reträttväg för räddningspersonal.

Avståndet mellan angreppsvägar i tunnel är beroende av räddningstjänstens kapacitet men bör inte överstiga 150 m med hänsyn till bl a arbetarskyddsregler för rökdykare.

Avstånd mellan angreppsvägar skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

4.6.3 Räddningsvägar

Räddningsväg skall anordnas utanför tunnel där så erfordras för att nå angreppsvägs mynning.

Krav på räddningsväg skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Räddningsväg skall utföras med för aktuella fordon erforderlig bärighet och förses med beläggning.

Räddningsväg skall med kort varsel kunna användas under alla årstider och får inte blockeras. Räddningsväg skall betraktas som sidoanläggning och hänföras till standardklass B2.

Klass B2 definieras i publikationen DRIFT 96, väglagstjänster.

5 Hälsa och miljö

I detta kapitel anges allmänna krav om miljöpåverkan, krav på luftkvaliteten i tunneln och i dess omgivning och krav på vattenkvaliteten vid utsläpp till omgivningen.

Se även VU 94, avsnitten 2.2.2 och 2.2.6.

Kompletterande krav på installationer, VA-anläggningar och övrig utrustning anges i kapitel 8.

Krav på arbetsmiljön framgår av Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter.

5.1 Krav

5.1.1 Allmänt

Tunnlar skall utformas och utföras på sådant sätt att minsta möjliga miljöpåverkan uppstår.

I Kemikalieinspektionens Begränsningslista förtecknas ämnen vars användning är inskränkt genom bestämmelser meddelade med stöd av miljöbalken och arbetsmiljölagen.

I Kemikalieinspektionens OBS-lista förtecknas ämnen vars egenskaper kan medföra stora risker för hälsa och miljö och därför fordrar särskild uppmärksamhet.

Kravvärden och kontrollprogram för uppföljning av kravvärden skall fastställas efter samråd med den lokala miljö- och hälsoskyddsmyndigheten.

Kravvärden och kontrollprogram skall vara redovisade i den tekniska beskrivningen.

5.1.2 Injekteringsmedel för tätning

Kemiska injekteringsmedels yrkeshygieniska och miljömässiga aspekter skall vara analyserade och angivna i utredning.

Miljöaspekter vid keminjektering, för den yttre miljön, är knutet till spill av oreagerade delkomponenter och eventuella nedbrytningsprodukter samt vid feldosering av injektionsmedel som medför att oreagerade komponenter sprider sig i omgivningen. Vattenlösliga medel kan med okontrollerad utspädning inte härda på ett erforderligt sätt och därmed leda till oönskade miljöeffekter

All keminjekttering kräver stor kunnighet hos injekteringspersonal och varje produkt måste särbehandlas för att säkerställa önskade egenskaper och ett gott injekteringsresultat.

5.1.3 Sprängmedel

Det använda sprängmedlets miljömässiga aspekter skall vara analyserade och angivna i utredning.

Miljöaspekterna vid sprängning är knutna till spridning av olika restprodukter genom spill av sprängmedel samt eventuellt odetonerat sprängämne som medför att oreagerade komponenter sprider sig i omgivningen

5.2 Luft

5.2.1 Krav

5.2.1.1 Allmänt

Tunnlar skall utföras så att luftkvaliteten blir tillfredsställande för alla berörda såväl i tunneln som i tunnelns omgivning.

Med berörda avses såväl närboende som trafikanter.

En utformning som ger personer med funktionshinder samma tillgänglighet som andra till det aktuella vägvägnittet bör eftersträvas.

Krav på utformning och dimensionering av ventilationssystem anges i avsnitt 8.6.

5.2.1.2 Luftkvalitet i tunneln

Krav på tunnelluftens innehåll av kvävedioxid, NO₂, skall bestämmas i samråd med såväl den lokala miljö- och hälsoskyddsmyndigheten som Naturvårdsverket.

Halten av kolmonoxid får vid olyckor inte överskrida sådana nivåer att det påverkar människors förmåga att på ett säkert sätt ta sig ut ur tunneln.

WHO:s rekommenderade högsta halter av kolmonoxid bör tillämpas, se Tabell 5.2-1.

Högsta tillåtna halter av kvävedioxid och kolmonoxid skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Tabell 5.2-1 Rekommenderad högsta halt kolmonoxid i tunneln, tidsmedelvärde

Kolmonoxid koncentration mg/m³	Uppmätt tid
115	15 minuter
60	30 minuter
30	1 timme

5.2.1.3 Luftkvalitet i omgivningen

Utsläpp av föroreningar från tunnelmynningar och ventilationsöppningar får inte ske så att det uppstår olägenheter.

Kraven är redovisade av Naturvårdsverket i föreskrifter om gränsvärden och Miljö kvalitetsnormer för luft.

Utsläpp bör ske så att förorenad luft inte förs tillbaka till tunnelns eller till annat byggnadsverks luftintag.

Utsläpp via ventilationstorn kan vara nödvändigt för att kraven på luftkvalitet vid intilliggande bebyggelse skall uppfyllas.

5.2.2 Emissioner

Emissionsberäkningar skall utföras enligt Emissionsberäkningar för vägtunnlar (Vägverket). Emissionsberäkningarna skall ingå i redovisningen av ventilationsberäkningen.

Emissionsberäkningar skall göras med avseende på kolmonoxid, CO och kväveoxider, NO_x (NO+NO₂).

Andelen kvävedioxid av den totala kväveoxidemissionen bör sättas till 8 %.

För utsläpp till omgivningen skall beräkningar även göras för partiklar härrörande från:

- fordonens avgaser
- vägslitage

Vägslitaget storlek varierar mellan olika typer av vägbeläggningar och andelen dubbdäck.

- däck- och bromsslitage.

5.2.3 Dimensionering

5.2.3.1 Luftkvalitet i tunneln

Ventilationsanläggningen skall dimensioneras med en beräkning som skall visa att av kraven på luftkvaliteten i tunneln innehålls.

5.2.3.2 Luftkvalitet i omgivningen

Ventilationsanläggningen skall dimensioneras med en beräkning som skall visa att kraven på luftkvaliteten i tunnelns omgivning innehålls. Utsläppens spridning från mynningar och ventilationsöppningar skall analyseras.

Vägledande information om spridningsberäkningar ges i Metodhandbok luft (Naturvårdsverket) och i Beräkningshandbok för vägtrafikens luftföroreningar (Vägverket).

Utsläpp från ventilationstorn och tunnelmynningar kan simuleras som punktkällor.

Vägledande information vid dimensionering av ventilationsornets höjd kan fås ur Skorstenshöjd (Naturvårdsverket).

Uppskattning av tunnelluftens spridning till omgivningen från tunnelmynningen kan utföras med hjälp av Ventilation av vägtunnlar (Nordiska Vägtekniska Förbundet).

5.2.4 Kontroll

Luftkvaliteten i tunneln skall kontrolleras genom mätning.

Vägledande information finns i Mäthandbok för vägtrafikens luftföroreningar (Vägverket).

Spridningsberäkningen skall kontrolleras genom mätning.

5.3 Vatten

Dagvatten och spolvatten som används för rengöring av vägbana och inredning i tunneln skall betraktas som avloppsvatten och avledas och behandlas så att krav enligt 5.1.1 uppfylls innan utsläpp sker till dagvattenledning eller recipient. Kompletterande krav på vatten- och avloppsanläggningar anges i avsnitt 8.7.

Vägledande information om planering och åtgärder finns i MKB-GEO, Mark- och vattenaspekter i miljökonsekvensbeskrivningar för vägar (Vägverket).

Denna publikation behandlar inte de risker och åtgärder som kan vara förknippade med speciella byggmetoder.

6 Säkerhet vid användning

6.1 Allmänt

Allmänna funktionskrav är följande:

- tunneln skall utformas så att risken för olyckor inte är större än i motsvarande ytmiljö
- tunnel skall utformas så att olyckors konsekvenser begränsas
- trafikanter eller andra personer som vistas i en tunnel skall ges möjlighet att påbörja brandbekämpning
- trafikanter och andra personer som vistas i en tunnel skall ges tillfredsställande möjlighet att utrymma tunneln
- räddningstjänsten skall kunna göra räddningsinsatser
- räddningsmanskapets behov av säkerhet skall tillgodoses
- utveckling och spridning av brand, brandgas och toxiska ämnen skall kunna begränsas.

Säkerhetsåtgärderna kan ha olika primär inriktning:

- *olycksförebyggande, dvs med huvudsyfte att begränsa antalet olyckor*
- *skadebegränsande, dvs med huvudsyfte att begränsa risken för följdolyckor och att begränsa skadeverkan i själva olyckan, t ex genom att förbättra utrymnings- och angreppsvägar vid brand.*

Ofta påverkar åtgärder båda inriktningarna.

Önskad säkerhet kan åstadkommas med olika åtgärdstyper:

- *vägutformning*
- *övervakning, styrning och kommunikation*
- *utrymnings- och räddningstjänstinsatser.*

Åtgärder för brandskydd behandlas i kapitel 4.

Kompletterande krav på utformning och utförande av bl a säkerhetsanordningar anges i kapitel 8.

6.2 Säkerhetsutrustning

Val av säkerhetsutrustning bestäms av tunnelklass. Tunnelklass skall väljas vid riskanalys och utgör underlag för val av säkerhetsnivå.

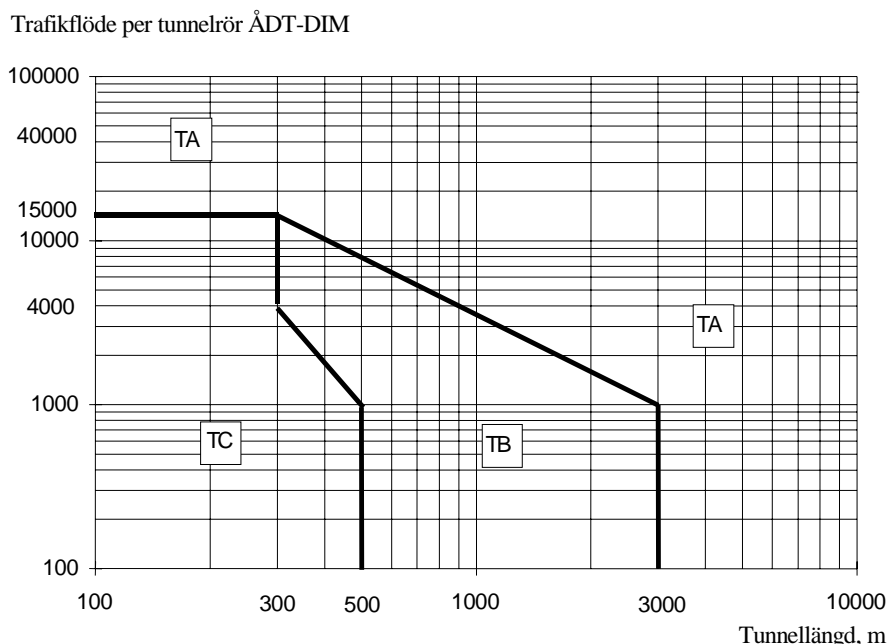
6.2.1 Val av tunnelklass

Tunnelklass skall bestämmas som TC, TB eller TA och med följande metodik:

- bestäm dimensionerande årsdygnstrafik ÅDT-DIM, se VU 94, del 4
- bestäm tunnelns längd

Vid bestämning av tunnelklass skall längden av övertäckt väg utanför tunneln, exempelvis ljusskärmar, räknas in i tunnellängden.

- välj förslag till tunnelklass enligt figur 6.2-1.



Figur 6.2-1 Tunnelklass för tunnelrör

- Korrigera eventuellt tunnelklass med hänsyn till följande ytterligare faktorer:
 - typ och frekvens av tunga transporter, särskilt farligt gods
 - om fotgängare, cyklister eller långsamgående trafik är tillåten
 - vid plankorsningar eller av- och påfarter i tunneln bör övervägas att höja tunnelklass till minst TB
 - vid svår linjeföring t ex branta backar och små radier, bör övervägas att höja tunnelklass till minst TB
 - vid enkel linjeföring eller kort tunnel kan övervägas att sänka tunnelklass

- vid tunnel under vatten bör övervägas att höja tunnelklass till minst TB.

6.2.2 Tunnelklass TC

En tunnel i lägsta klass TC skall normalt ha följande säkerhetsutrustning:

- höjdbegränsningsportaler
- infartssignaler och infartsbommar
- längsta avstånd i tunnel mellan angrepps-/utrymningsvägar skall vara 150 m
- hjälptelefon och/eller larmknapp
- nödbelysning och utrymningslarm med ljud- och ljussignaler
- handbrandsläckare/inomhusbrandpost
- övervakning av driftfunktioner.

6.2.3 Tunnelklass TB

Tunnelklass TB skall normalt ha samma säkerhetsutrustning som tunnelklass TC och dessutom:

- automatiskt brandlarm
- manuellt styrda körfältssignaler
- TV-övervakning av larmpunkter för trafikincidenter.

6.2.4 Tunnelklass TA

Tunnelklass TA skall normalt ha samma säkerhetsutrustning som tunnelklass TB. Dessutom bör följande ytterligare behov övervägas:

- Trafikövervakningsfunktioner som:
 - hastighets- och/eller ködetektering med automatiskt larm om kö
 - emissionsdetektering med larm om hög nivå.
- Trafikinformations- och styrningssystem som:
 - radio/högtalare
 - VMS-skyltar för t ex omledning
 - kövarningssystem.
- Förstärkt brandskydd som t ex kortare avstånd mellan angrepps- och utrymningsvägar.
- Automatisering av fler övervakningsfunktioner.

6.3 Vägutformning och vägutrustning

Väg i tunnel skall utformas enligt VU 94 med följande förtydliganden och tillägg.

Tunnel skall ha allmän belysning och nödbelysning, se VU94, del 14 och kapitel 8.4.

Vägren och eventuellt utrymme utanför vägren skall utformas med hänsyn till hinderfri bredd enligt VU94, 5.2.

Behov för drift- och underhåll, nöduppställning och nödväg till larmställe/utrymningsväg och tillgänglighet för olycksbekämpning kan ge ytterligare breddbehov i tunnelklass TB och TA.

Vägren, som ingår i nödväg och/eller skall användas för nöduppställning, bör ha vägmarkeringsklass minst H0,20B, se VU 11.1.

Nödväg bör med hänsyn till personer med funktionshinder inte ha kantsten.

I tunnelklass TB och TA skall nödväg med minst 1,0 m bredd på ömse sidor i tunnelrör finnas utanför körfält.

Nöduppställningsplatser bör i första hand lokaliseras till lågpunkter eller uppførsbackar. De bör utrustas med hjälptelefon. Nöduppställningsplats bör lokaliseras till sträcka med goda siktförhållanden.

Nischer och utrustning vid dessa som hjälptelefoner, brandsläckare m m i tunnelvägg samt skyddsbarriär eller motsvarande skall placeras och utformas med hänsyn till risker vid påkörning, evakueringskrav m m.

Raklinje kan utformas med enkelsidigt tvärfall.

Tvärfall på raklinje bör inte överstiga 2,5 % och inte understiga 1,5 %.

Vändplatser skall anordnas när fordonen i en tunnel skall kunna evakueras bakåt i körriktningen.

Behov av vändplatser som medger vändning av dragbil med påhångs- eller släpvagn skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Överfarter skall anordnas när fordonen i ett tunnelrör skall kunna evakueras via ett parallellt tunnelrör.

Behov av överfarter mellan parallella tunnelrör skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

6.3.1 Sikt

Halten stoft i tunneln får inte bli så hög att sikten understiger värden på sikt enligt VU 94.

Stofthalt av fordonsemissioner kan beräknas enligt Emissionsberäkningar för vägtunnlar (Vägverket).

Vägledande information vid bedömning av siktreduktion på grund av luftens innehåll av stoft kan fås ur Studie av förutsättningar för stoftavskiljning (Vägverket).

7 Skydd mot buller och vibrationer

7.1 Allmänt

Tunnlar skall utformas och utföras på sådant sätt att tillfredställande skydd erhålls mot buller och vibrationer.

Kravvärden och kontrollprogram för uppföljning av kravvärden skall fastställas efter samråd med den lokala miljö- och hälsoskyddsmyndigheten.

Kravvärden och kontrollprogram skall vara redovisade i den tekniska beskrivningen.

Särskild hänsyn bör tas till att ökad störning kan uppstå när buller och vibrationer samtidigt förekommer.

7.2 Buller

I en tunnel får bullret från impulsfläktar vid tunnelns användning inte överstiga 90 dB(A). Kravet avser den uppmätta ekvivalenta ljudnivån, inklusive mättoleranser, i samtliga mätpunkter mätt i en linje längs tunneln 1,5 m över körbanan och i mitten av ett körfält. Om ljudet innehåller toner får ljudnivån inte överstiga 85 dB(A).

Fläktbuller kan medföra att normala akustiska larm inte går att använda.

Om fläktarnas sammanlagda drifttid är mer än 100 timmar per år bör bullret från fläktarna inte överstiga 85 dB(A) respektive 80 dB(A) vid toner.

För övriga fläktar, t ex i ventilationstorn, får ljudnivån i tunneln inte överstiga 75 dB(A).

För luftljud via tunnelmynningar eller andra öppningar och från trafik i en tunnel, skall riktvärden i Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från vägtrafik tillämpas.

Buller utomhus från fläktar skall behandlas som externt industribuller enligt Naturvårdsverkets allmänna råd för externt industribuller.

Dessa riktlinjer gäller för samtliga bullerkällor sammantaget. Om andra bullerkällor finns eller planeras skall hänsyn tas till detta. För t ex tre likvärdiga bullerkällor behöver riktvärdena skärpas med 5 dB för var och en av bullerkällorna.

Stomtransmitterat ljud från installationer till intilliggande bebyggelse får inte medföra att ljudtrycksnivån blir högre än värdena per oktavband enligt tabell 7.2-1. Kraven avser enbart buller från tunnelinstallationer och gäller vid absorptionsmängden $1 \text{ m}^2 \text{ Sabine/m}^2$ golvyta.

Begränsning av det stomtransmitterade ljudet är särskilt angeläget i tätorter och speciellt under kvällar och nätter.

Tabell 7.2-1 Högsta tillåten ljudtrycksnivå per oktavband, dB

Mittfrekvens för oktavband, Hz:	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000
Bostäder, vårdlokaler, undervisningslokaler etc.	50	41	35	26	19	15	12	9
Kontor etc.	60	51	39	31	24	20	17	14

7.3 Vibrationer

Vid tunnelns användning skall riktvärden enligt Svensk Standard SS 460 48 61, Vibration och stöt - mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader, tillämpas så att vibrationer över undre gränsen för intervallet "Måttlig störning" inte uppstår i bostäder och kontor.

8 Installationer, VA-anläggningar och övrig utrustning

8.1 Allmänt

Installationer, VA-anläggningar och övrig utrustning skall finnas i den omfattning som krävs för att skapa och upprätthålla rätt funktion och säkerhet vid användning av tunnel.

Installationer, VA-anläggningar och övrig utrustning består av

- styrning, övervakning och kommunikation
- belysning
- kraftförsörjning
- ventilation
- vatten och avlopp
- övrig vägutrustning.

I detta kapitel redovisas de kompletterande kraven avseende förutsättningar, dimensionering, material, utförande och kontroll.

Krav på bärförmåga, stadga och beständighet anges i avsnitt 3.1 t o m 3.3.

Krav på förekomst av tekniska system framgår av kapitel 2 och 4 t o m 6.

System för vatten och avlopp behandlas i huvudsak i detta kapitel.

De energiförbrukande systemen skall vara utformade och utförda så att krav i 2.6.1 uppfylls.

System- och komponentval bör optimeras utifrån livskostnadsanalyser.

8.2 Definitioner

Avloppsvatten	I tunnel ett samlingsnamn för brand-, dag- och spolvatten.
Brandvatten	Vatten som härrör från brandbekämpning.
Dagvatten	Ytvatten som härrör från nederbörd.
Dräneringsvatten	Inläckande vatten till tunnel från omgivande jord och berg.
Spolvatten	Vatten som används för rengöring av vägbana

	och inredning.
Vägdrän	System som säkerställer att vägöverbyggnad hålls torr så att vägkonstruktionens bärighetsegenskaper bevaras.
Tak- och vägdrän	System för uppsamling och bortledning av inläckande vatten vid tunnels tak och väggar.

8.3 Styrning, övervakning och kommunikation

8.3.1 Krav

System för styrning och övervakning av trafiktekniska, säkerhetstekniska- och drifttekniska system samt system för kommunikation i tunnel skall utföras med gemensamt gränssnitt mot överordnade system.

8.3.1.1 Övervakning och styrning

8.3.1.1.1 Styr- och övervakningssystem

Styr- och övervakningssystem skall utformas för automatisk drift av installationer och VA-system, vilket innebär att manuella åtgärder normalt inte behöver vidtagas.

Styr- och övervakningssystem för en tunnel skall kunna kopplas till ett överordnat system i t ex en bemannad vägtrafikcentral. Alla registrerade larm och händelser skall kunna överföras.

Exempel på händelser som bör kunna registreras är larm, öppnande av dörrar, pumpstarter, drift av fläktar, utlösta dvärgbrytare m m.

Styrenheter skall placeras i speciella driftutrymmen tillsammans med övrig elutrustning. Styrenheterna skall anslutas via kablar till styrd och övervakad utrustning. Styrenheten samlar in indikeringar och mätvärden från anslutna objekt samt överför styrorder till de utrustningar som skall styras. I styrenheterna ingår logik, automatik och sekvensvillkor för de anslutna objekten.

Beroende på tunnelns längd erfordras ett eller flera driftutrymmen.

Utformningen av styrutrustningen skall vara sådan att påverkan på tunnelns drift vid fel minimeras.

Omfattning av automatisk och manuell styrning samt övervakning skall vara angiven i den tekniska beskrivningen..

Där flera tunnelrör styrs från samma driftutrymme skall sektionering av utrustningarna genomföras så att ett fel i det ena tunnelröret inte kan slå ut styrfunktioner för det andra tunnelröret.

Vid tunnlar med krav på hög tillgänglighet bör följande tillämpas:

Vid längre tunnlar erfordras samverkan mellan styrutrustningar i olika driftutrymmen. De funktioner som är gemensamma för fler än ett driftutrymme bör dubbleras och placeras i två skilda driftutrymmen (förstärkta driftutrymmen). Detta innebär att redundans erhålls och förhindrar att ett fel i ett driftutrymme slår ut funktioner för hela tunneln.

Utrustning skall finnas för säkerhetskopiering av program och insamlad information.

8.3.1.1.2 TV-övervakning

Installation skall följa SS-EN 50 132 – 7.

Krav på installationer för TV-övervakning skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

TV-övervakningssystem som innehåller många kameror bör vara händelsestyrt så att bildöverföring till övervakningscentral normalt endast sker vid incidenter eller onormala driftförhållanden.

TV-kameror kan förses med bildanalysutrustning för detektering av incidenter, stillastående fordon och bränder.

TV-övervakningssystem skall vara så utformat att från övervakningscentral valfri kamera eller kameragrupp kan kopplas upp.

Användning av kameror för övervakning kan kräva Länsstyrelsens tillstånd.

8.3.1.1.3 Givare och detektorer

Givare och detektorer skall installeras i den omfattning som erfordras för drift, övervakning och underhåll av tunneln.

För övervakning av tunnelventilationen kan givare för mätning av kvävedioxid, kolmonoxid, luftflöde, trafikflöde och hastighet erfordras.

Mätning av trafikens flöde och hastighet samt av antal fordon av olika fordonskategorier kan erfordras för trafikstyrningssystem och för statistikändamål.

Registrering kan ske med t ex detektorslingor, detektering via TV-övervakning och bildanalys.

Där krav ställs på tillåtet inläckage av grundvatten skall utrustning för mätning av detta installeras.

Krav på givares och detektorers noggrannhet, utlösningsskrav för branddetektorer samt krav på kalibrering, skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

8.3.1.2 Larmanläggning och hjälptelefoner

8.3.1.2.1 Larmanläggning

Driftlarm skall utlösas vid fel på den tekniska utrustningen. Åtgärder och insatstid för olika feltyper skall vara specificerade i drift- och underhållsinstruktioner.

Krav skall vara specificerade i den tekniska beskrivningen.

Driftlarm indelas med avseende på krav på åtgärd och insatstid enligt följande:

A larm som kräver omedelbar åtgärd.

B larm som skall åtgärdas vid nästa ordinarie arbetspass för drift och underhåll.

C larm som skall åtgärdas vid nästa planerade underhållsinsats, t ex vid tunnelavstängning.

Krav på åtgärd vid larm för hög koncentration av kvävedioxid eller kolmonoxid skall vara specificerade i den tekniska beskrivningen.

Larm från hjälptelefoner, hjälpknappar, handbrandsläckare och öppna utrymningsdörrar skall indikera position.

8.3.1.2.2 Hjälptelefoner

Hjälptelefon bör i tillämpliga delar utformas enligt prEN 1823.

Hjälpknapp skall förses med tydlig indikering som tänds vid kvittering från övervakningscentral. Hjälpknapp får ersätta hjälptelefon endast när hjälptelefon samtidigt finns tillgänglig vid motstående väggkant.

8.3.1.2.3 Utrymningslarm

Anordningar för att ge trafikant direktiv om utrymning skall finnas i tunnelklass TA och TB. Anordning skall utformas så att minst två typer av signaler i form av ljud och ljus kan ges till trafikant.

Följande typer av utrustningar kan användas:

- *variabla informationsskyltar*
- *högtalare*
- *information i bilradio via radioinbrytning.*
- *tändning av t ex roterande ljus vid utrymningsdörr.*

Vid användande av högtalare skall hänsyn tas till hörbarhet vid t ex brandventilation och andra akustiska larm.

8.3.1.3 Styrutrustning och kopplingslådor

Styrutrustning och kopplingslådor skall i första hand placeras i speciella driftutrymmen.

8.3.2 Material

Utrustning i trafikutrymme skall ha hög tålighet mot mekanisk påverkan.

Materialkrav för olika utrymmen skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Exempel på mekanisk påverkan är högtryckstvätt, tvättning med borste och vibrationer från trafik.

8.3.3 Kontroll

8.3.3.1 Leveranskontroll

Omfattning av provning skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

8.3.3.1.1 Verkstadskontroll

Styr-, övervaknings- och kommunikationsutrustning skall genomgå verkstadsprovning.

8.3.3.1.2 Funktionsprov och injustering

Funktionsprov och injustering skall ske av utrustning ingående i respektive leverans.

Injustering och provning av drift- och säkerhetsutrustning skall ske samordnat med tillhörande styrutrustning.

8.3.3.1.3 Samordnad funktionsprovning

Samordnad funktionsprovning skall omfatta gemensam provning av all utrustning från alla leveranser, varvid överordnat styr- och övervaknings-system testas mot funktion för respektive systemleverans.

8.3.3.2 Periodisk provning

Samtliga installationer skall utformas så att regelbunden funktionsprovning kan utföras.

8.4 Belysning

8.4.1 Krav

Tunnel skall förses med allmänbelysning inkl. infartsbelysning, nödbelysning (vägledningsbelysning och reservbelysning) samt vägledande markeringar enligt de funktionskrav som redovisas i kapitel 6.

Driftutrymmen och utrymningsvägar skall förses med allmänbelysning och vägledningsbelysning.

Omfattning av belysning skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

8.4.1.1 Allmänbelysning i trafikutrymme

Utformning och dimensionering av allmänbelysning skall ske enligt VU 94, del 14. Vid utformning av allmänbelysning skall tunnel indelas i tröskelzon, övergångszon och inre zon.

God färgåtergivning skall eftersträvas.

Tunnelväggarna bör vara belysta upp till en nivå minst 2 m ovanför körbanan, så att deras medelluminans är minst lika hög som körbanans medelluminans. Ljus väggbeklädnad medverkar till hög luminans hos tunnelväggarna.

8.4.1.2 Reservbelysning i trafikutrymme

Reservbelysning i trafikutrymme skall utgöra ett övergångssteg mellan allmänbelysning och vägledningsbelysning under en period av minst 15 minuter. Reservbelysningen skall vara UPS-matad.

Reservbelysning skall ge en medelluminans på minst $0,3 \text{ cd/m}^2$ på körfält närmast tunnelvägg. Belysningsjämnheten $L_{\text{min}}/L_{\text{med}}$ får inte understiga värdet 0,1. Dessa krav gäller även då tunnelvägg innehåller dörrar till utrymningsvägar.

Reservbelysning utgör ofta lägsta steget i allmänbelysningen.

8.4.1.3 Vägledande belysning i trafikutrymme

Vägledande belysning skall automatiskt kopplas in vid bortfall av allmänbelysning samt vid brandlarm. Vägledande belysning skall även kunna kopplas in manuellt.

Vägledningsarmaturer skall monteras på den tunnelvägg som innehåller dörrar till utrymningsvägar.

Detta görs för att leda trafikanter till närmaste tunnelmyning eller utrymningsväg vid rökutveckling i tunneln.

Lämplig montering av armaturerna är på en höjd av 0,5-1,0 m över vägbanan och med ett inbördes avstånd av ca 20 m.

Medelbelysningsstyrkan skall vara minst 2 lux.

8.4.1.4 Allmänbelysning i driftutrymmen och utrymningsvägar

Allmän belysning i driftutrymmen skall ge en belysningsstyrka av 200 lux och i utrymningsvägar 40 lux.

8.4.1.5 Vägledande belysning i driftutrymmen och utrymningsvägar

Vägledande belysning skall automatiskt kopplas in vid bortfall av allmänbelysning samt vid brandlarm

Vägledande belysning skall ge en belysningsstyrka av 2 lux.

8.4.1.6 Vägledande markeringar

Skyltar för vägledande markeringar skall ha sådan storlek och luminans att de syns tydligt av trafikanter.

Skyltar skall utföras belysta eller genomlysta.

Vägledande markeringar skall utformas enligt Arbetarskyddsstyrelsens föreskrift Varselmärkning och varselsignalering på arbetsplatser, AFS 1997:11.

8.4.2 Dimensionering av allmänbelysning

Adaptionsluminans för aktuell tillfartsmiljö skall väljas enligt VU 94, del 14, tabell 14.8.3.2-1.

Tillåten luminansförändring i tröskelzon och övergångszon får inte underskrida den kontinuerliga gränskurvan angiven i VU 94, del 14, figur 14.8.3.2-1.

Skuggeffekter från inredning och installationer skall beaktas

8.4.3 Material

Belysningsarmaturer skall uppfylla materialkrav enligt Rebel 91, kapitel 2.8, punkt V3.14.

8.4.4 Utförande

All elektrisk utrustning skall märkas och samordnas med märkning av övriga tekniska system, så att enhetlig märkning uppnås.

8.4.5 Kontroll

8.4.5.1 Injustering, Provning

Injustering och provning av belysningsanläggning skall ske samordnat med tillhörande styrutrustning.

8.4.5.2 Periodisk provning

Belysningsanläggning skall utformas så att regelbunden funktionsprovning, tillsammans med tillhörande styrutrustning, möjliggörs.

8.4.5.3 Isolationsmätning

Protokoll över isolationsmätning skall upprättas.

8.5 Kraftförsörjning

8.5.1 Krav

För elektriska installationer skall Starkströmsföreskrifterna och Svenska Elverksföreningens normalbestämmelser för hög- och lågspänningsanläggningar samt lokala kraftleverantörers bestämmelser och anvisningar följas.

Krav på huvudkraftanläggning skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Huvudkraftanläggning skall kompletteras med reservkraftanläggning.

Reservkraft kan erhållas på flera sätt:

- kraftmatning från två oberoende eldistributionsnät
- kraftmatning från ordinarie eldistributionsnät kombinerat med en eller flera lokalt placerade generatorer, t ex dieselaggregat
- kraftmatning från ordinarie eldistributionsnät kombinerat med batterianläggning.

Val av reservkraftsystem skall göras med utgångspunkt från tunnelns trafikmängd (högrafik/lågrafik), lokalisering (stad/landsbygd), elkraftsbehov samt elkraftdistributionens pålitlighet (elavbrottsfrekvens).

Reservkraftanläggning med generatorer skall vara försedd med utrustning för infasning mot elnätet.

Detta är nödvändigt för att möjliggöra regelbunden funktionsprovning med belastning.

Reservkraftanläggningen skall förse följande tunnelfunktioner med ström, under förutsättning att funktionen krävs enligt kapitel 6:

1. Nödbelysning i trafikutrymme, utrymningsvägar samt sidoutrymmen
2. Vägledande markeringar
3. Körfälts- och infartssignaler samt infartsbommar
4. Informationsskyltar vid tunnelmynning och i tunnel
5. Styr- och övervakningsutrustning inkl TV-övervakningsutrustning
6. Radiokommunikationsanläggning och telebaserad säkerhetsutrustning
7. Eluttag för räddningstjänst
8. Sprinkler- och brandpostpumpar samt vissa vatten- och avloppspumpar

Vissa funktioner kräver avbrottsfri strömförsörjning, t ex funktion nr 1, 2, 3, 4, 5 och 6. Behovet av reservkraft för brandventilation och brandgaskontroll utreds från fall till fall.

Funktioner som kräver avbrottsfri strömförsörjning skall vara angivna i den tekniska beskrivningen. För funktioner som inte kräver avbrottsfri strömförsörjning skall reservkraftanläggning kopplas in inom 30 sekunder.

Reservkraft skall tillhandahållas under minst den tid som erfordras för att på ett säkert sätt utrymma tunneln.

Elcentraler och kopplingskåp skall i första hand placeras i speciella driftutrymmen.

8.5.2 Dimensionering

Eltekniska system skall utföras med 25 % reservkapacitet.

8.5.3 Material

Kapslingsklass skall väljas till lägst IP44 enligt Rebel 91 kapitel 2.8, punkt V1.13.

Spänningsförande delar i apparatskåp och på insidan av dörrar eller luckor skall vara beröringsskyddade i lägst kapslingsklass IP20.

Materialkrav för olika utrymmen skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

8.5.4 Utförande

All elektrisk utrustning skall märkas och samordnas med märkning av övriga tekniska system, så att enhetlig märkning uppnås.

Förläggning av kablar i mark och i vatten skall ske enligt SS 424 14 37. Kablar förlagda i utrymme där det kan komma in vatten, skall anses vara förlagda i vatten.

Kablar som tillhör säkerhetsutrustning enligt kapitel 6 skall i största möjliga utsträckning förläggas skyddat mot brand och påkörning.

Med brandskyddat förlagd kabel avses kabel som är avskild från brand i lägst brandteknisk klass I60. Kabelkulvert i vägbana uppfyller detta krav generellt.

Vid förläggning av kabel på steg eller konsoler skall kablar i brandspridningsklass F4 enligt SS 424 14 75 i första hand användas.

Ledningsförläggning skall utföras så att ett fel i det ena tunnelröret inte påverkar driften i det andra tunnelröret. Ett elektriskt fel i en installationsdel skall inte kunna fortplantas till andra installationsdelar.

Omfattning av åskskydd och störningsskydd för elektriska installationer skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

8.5.5 Kontroll

8.5.5.1 Injustering, provning

Injustering och provning av kraftförsörjningssystem skall ske samordnat med tillhörande styrutrustning.

8.5.5.2 Periodisk provning

Kraftförsörjningsanläggning skall utformas så att regelbunden funktionsprovning, tillsammans med tillhörande styrutrustning, möjliggörs.

8.5.5.3 Isolationsmätning

Isolationsmätning skall utföras och redovisas i protokoll.

8.6 Ventilation av trafiktunnlar

8.6.1 Krav

Ventilationssystem skall väljas efter kriterier i kapitel 2.

För utformning av ventilationssystem skall följande övergripande krav beaktas:

- krav på luftkvalitet i tunnel enligt kapitel 5
- krav på utsläpp till omgivningen enligt kapitel 5
- krav på buller och vibrationer enligt kapitel 7
- krav på skydd mot brandgas- och brandspridning enligt kapitel 4.

Miljöventilation (luftkvalitet) skall dimensioneras efter beräknad trafikteknisk belastningsgrad. Vid dimensionering skall bakgrundshalter av kvävedioxid (NO₂), kolmonoxid (CO) samt partiklar beaktas.

Vid längre tunnlar med risk för trafikstockning kan avluftning alternativt avluftning/lufttillsättning genom ventilationstorn utmed tunnelsträckningen erfordras.

Fläktanläggning skall i händelse av brand kunna ge den lufthastighet som erfordras för dimensionerande brand och dess varaktighet.

8.6.1.1 Huvudfläktar

Huvudfläktarnas uppgift är att tillföra luft utifrån eller föra bort förorenad tunnelluft, t ex via ventilationstorn. Huvudfläktar kan indelas i avluftsfläktar och tilluftsfläktar.

Huvudfläktar för till- och avluft utformas företrädesvis som direktdrivna axialfläktar.

Huvudfläktarna skall kunna flödesregleras.

Flödesreglering kan utformas på olika sätt:

- *ställbara skovlar för steglös reglering*
- *ställbara skovlar för stegvis reglering*
- *varvtalsreglering med frekvensomformare*
- *tvåhastighetsmotorer.*

Fläktarna skall förses med utloppsdiffusorer. Reversibla huvudfläktar skall även förses med inloppsdiffusorer.

Fläktarna skall vara statiskt och dynamiskt balanserade. Fläktarna skall monteras på vibrationsisolatorer.

Detta görs för att begränsa överföring av resterande obalans till infästningen.

8.6.1.2 Impulsfläktar

Impulsfläktarnas uppgift är att skapa och upprätthålla erforderligt luftflöde i trafikutrymme när inte trafikens kolverkan är tillräcklig samt att styra brandgaser i avsedd ritning. Luftflödet i trafikutrymmet kan varieras och styras, dels genom att antalet impulsfläktar som är i drift varieras, dels genom att impulsfläktarna reverseras.

Avståndet mellan impulsfläktar i tunnelns längdriktning skall väljas så att lufthastighetsprofilen blir jämn och stabil mellan varje fläkt eller fläktgrupp.

I tunnelns lågpunkter skall vid behov installeras extra impulsfläktar för utvädring av ansamlade emissioner till följd av kallras.

Behov av reversibel drift skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

Impulsfläktar utformas företrädesvis som direktdrivna axialfläktar.

Impulsfläktar installeras normalt under tunneltaket. Fläktarnas infästning i stativen bör utformas enhetligt för underlättande av underhåll, utbyte och reservdelshållning.

Impulsfläktarna skall vara statiskt och dynamiskt balanserade. Fläktarna skall monteras på vibrationsisolatorer.

Fläktarna kan vid trånga inbyggnader förses med ställbara luftriktare för injustering av optimal impulsverkan.

8.6.1.3 Utluftintag

Luftintagsgaller skall utformas och placeras så att föroreningar, vatten, snö, löv och skräp etc inte kan sugas in i installationerna eller täppa till intagsöppningarna.

Avluft från huvudfläktar skall inte kunna tränga in i utluftintag.

Lufthastigheten i schakt för uteluftintag bestäms med hänsyn till ljudkrav, vibrationskrav och övriga faktorer som påverkar driftförhållandena.

Ljuddämpare med porösa absorberer skall vara utformade så att möjlighet till rengöring säkerställs.

8.6.1.4 Avluftutsläpp

Avluftutsläpp skall anordnas så att kraven på luftkvalitet i tunnelns omgivning uppfylls enligt kapitel 5.

Utsläpp av avluft kan ske via tunnelmynning eller via ventilationstorn.

Lufthastigheten i schakt för avluftutsläpp bestäms med hänsyn till ljudkrav, vibrationskrav och övriga faktorer som påverkar driftförhållandena.

8.6.1.5 Stoftavskiljare

Anläggning för stoftavskiljning skall installeras där utredning visar att behov föreligger med hänsyn till krav på luftkvalitet enligt kapitel 5.

I förekommande fall skall kraven vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Vid reduktion av stoftmängd för siktförbättring i tunnel samt vid rening av tunnelluft vid tunnelmynning för skydd av omgivning bör anläggningen utformas med elektrostatfilter.

Vid rening av tunnelluft vid avlufttorn för skydd av omgivning bör anläggningen utformas med grovavskiljare.

En anläggning med elektrostatfilter omfattar grovavskiljare för grövre partiklar, elektrostatfilter med renspolningsutrustning och slamtankar samt vid behov fläktar.

Minskning av halten gaser i stoftavskiljningsanläggning får inte tillgodoräknas vid dimensionering av ventilationssystemet.

Filterutrustningen installeras normalt i anslutning till huvudfläktarna eller i en separat parallelltunnel till huvudtunneln.

8.6.2 Dimensionering

Ventilationssystemet skall dimensioneras genom beräkningar för det luftflöde som krävs, dels med beaktande av de förutsättningar som anges i kapitel 5 om luftkvalitet, dels med beaktande av krav på brandgaskontroll enligt kapitel 4.

Använd beräkningsmetod och beräkningsgång samt gjorda antaganden skall motiveras och redovisas.

I beräkningarna skall ventilationsanläggningens nyttjande redovisas.

Härmed avses redovisning av t ex anläggningens förväntade drifttid.

Resultatredovisningen skall minst omfatta luftflöde, luftriktning, tryckfall samt emissionskoncentration för varje beräkningsavsnitt. Bidraget till luftflödet från naturlig ventilation respektive fläktventilation skall anges.

Med naturlig ventilation avses ventilation som orsakas av meteorologiska krafter samt kolvverkan från trafiken. Med fläktventilation avses ventilation med fläktstyrt luftflöde.

Om fläktventilation inte erfordras, skall detta påvisas genom beräkningar. Härvid skall krav på brandgaskontroll beaktas.

Vid dimensioneringen skall följande faktorer beaktas och redovisas, förutom de faktorer som anges i kapitel 4 och 5:

- de luftströmningseffekter som kan uppstå dels vid mynningarna av närliggande tunnelrör eller ventilationstorn, dels vid anslutningar av ramptunnlar
- vindpåverkan mot tunnelmynning och andra meteorologiska faktorer
- hängande vägmärken
- trafikens kolvverkan
- trafikens riktningsfördelning i längsventilerade tunnlar med dubbelriktad trafik.

Hänsyn till kolvverkan från fordon skall tas oberoende av om fordonshastigheten är högre eller lägre än beräknad lufthastighet i tunneln.

Vid dimensionering av ventilationsanläggning med impulsfläktar skall eftersträvas att lufthastigheten i trafikutrymme inte överstiger 10 m/s vid enkelriktad trafik och 7 m/s vid dubbelriktad trafik.

Vid dimensioneringen med avseende på brandgaskontroll skall beaktas att ett antal fläktar nära brandhärden kan slås ut på grund av värmepåverkan.

8.6.3 Material

Materialkrav för olika utrymmen skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Utrustning i trafikutrymme skall ha hög tålighet mot mekanisk påverkan.

Exempel på mekanisk påverkan är högtryckstvätt, tvättning med borste och vibrationer från trafik.

8.6.4 Utförande

All ventilationsutrustning skall märkas och samordnas med märkning av övriga tekniska system så att enhetlig märkning uppnås.

Elmotor till fläkt skall vid behov skyddas mot kondensutfällning.

8.6.5 Kontroll och inspektion

Omfattning av provningen skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

8.6.5.1 Verkstadsprovning

Verkstadsprovning skall utföras på fläktar.

8.6.5.2 Injustering, provning

Injustering och provning av fläktar och övrig ventilationsutrustning skall ske samordnat med tillhörande styrutrustning.

8.6.5.3 Funktionsprovning

Ventilationsanläggning skall utformas så att regelbunden funktionsprovning, tillsammans med tillhörande styrutrustning, möjliggörs.

8.6.5.4 Inspektion

Ventilationsinstallationer skall förses med öppningar och luckor för inspektion och rengöring.

8.7 Vatten och avlopp

8.7.1 Krav

Tunnel skall förses med system för insamling och bortledning av inläckande dräneringsvatten och system för avvattning av vägbana.

Krav på utformning av tak- och väggdrän behandlas i avsnitt 3.6.2.

Vägdrän utformas enligt krav i detta avsnitt.

Dränerings-, avvattnings- och vattenförsörjningssystem får inte skadas genom frysning.

Skydd mot frysning kan uppnås genom förläggning på frostfritt djup, förläggning i frostskyddat utrymme eller genom isolering.

Vid frostskydd genom isolering skall tillgänglig värme på isoleringens varma sida beaktas.

System för dräneringsvatten och system för avvattning av vägbana skall vara separerade.

Sidoutrymmen enligt kapitel 2 skall förses med erforderliga vatten- och avloppsanslutningar.

Brunnar skall placeras utanför körbanan.

8.7.1.1 Vattenförsörjning

I den tekniska beskrivningen skall vara angivet om vattenuttag för rengöringsändamål, brandpost- eller sprinklersystem skall anordnas samt uppgifter om uttagens läge och kapacitet. Vattenflöden som ledningssystem skall dimensioneras för anges.

Utrustning för brandbekämpning kan behöva matning från två håll.

Inomhusbrandposter skall vara utförda enligt SS-EN 671-1.

Brandpostnätet skall utföras enligt Allmänna vattenledningsnät, Anvisning för utformning och beräkning (Svenska vatten- och avloppsverksföreningen). Nätet skall utföras som ett skonventionellt system.

Utrustning för släckning skall vara märkt enligt AFS 1997:11 (Arbetskyddsstyrelsen).

8.7.1.2 Dränering

8.7.1.2.1 Allmänt

Krav på torrläggingsnivåer för vägkonstruktioner framgår av VÄG 94, kapitel 3.

Krav på maximalt inläckande vattenmängder skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Dräneringsledning skall vara utförd med ett minsta innermått av 90 mm och skall förläggas med en minsta längslutning av 5 ‰.

Dräneringsledning tvärs tunnel skall vara utförd som tät ledning.

Dräneringsledning skall vara försedd med rensbrunnar med sandfång. Inbördes avstånd mellan brunnarna skall vara högst 100 m.

Rensbrunn med diameter 200-300 mm skall utföras i dräneringslednings högpunkt/startpunkt för att möjliggöra spolning.

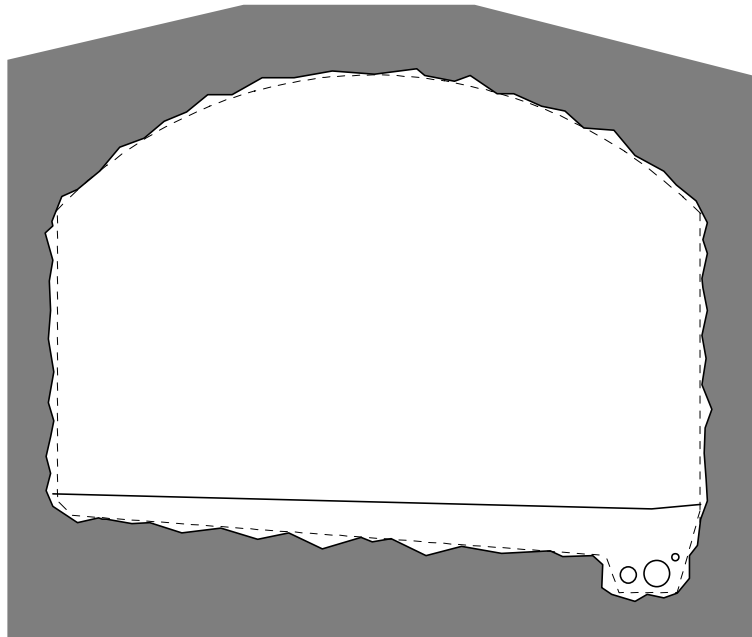
8.7.1.2.2 Tunnel i berg

Schaktbotten skall luta minst 5 % i tvärled. Dränering skall placeras i bottenens lågpunkt och med lägsta intagsöppning (slitsöppning) minst 1 m under vägytan.

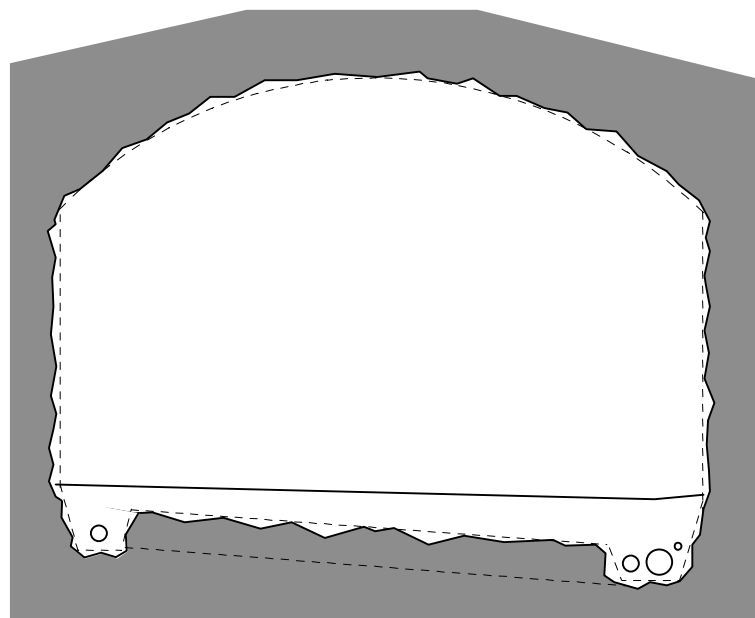
Dränering placeras normalt i särskilt utsprängd ledningsgrav längs ena tunnelväggen tillsammans uppsamlingsledning och andra ledningar.

Normalt är det tillräckligt med dränering på ena sidan av tunneln, se Figur 8.7-1. Vid stora inläckande vattenmängder eller där tunnelns tak och väggar förses med inklädnad kan hjälpdränering erfordras, se Figur 8.7-2.

Utrymme bakom barriärer skall dräneras.



Figur 8.7-1 Dränering av tunnel i berg, relativt torra förhållanden, teoretisk sektion

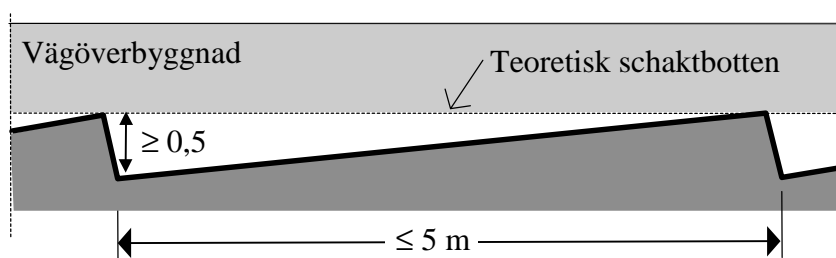


Figur 8.7-2 Dränering av tunnel i berg, relativt stor vatteninläckning eller inklädnad, teoretisk sektion

För att uppfylla krav på dränering av vägöverbyggnad skall under denna finnas minst 0,3 m vattengenomsläppligt material.

Detta krav kan anses uppfyllt om berget med högst 5 m mellanrum i längsled är utsprängt ned till minst 0,5 m under teoretisk schaktbotten, se Figur 8.7-3.

Krav på dränerande fyllningsmaterial framgår av avsnitt 3.6.3.



Figur 8.7-3 Utsprängning för dränering av överbyggnad

Dräneringsledning skall anslutas till uppsamlade ledning via brunnar. Utlopp från dräneringsledning till uppsamlingsledning skall anordnas med högst 400 m avstånd.

Normalt leds vattnet med självfall ut ur tunneln eller till pumpstationer placerade i tunnelns lågpunkter.

Vattenflöde och vattenkvalitet skall kunna mätas.

8.7.1.3 Avvattning

8.7.1.3.1 Allmänt

Avvattningsanordning skall samla upp och avleda dag-, brand- och spolvatten från vägytan och vägområdet så att översvämning och andra olägenheter inte uppstår och skall utformas så att brännbar eller toxisk vätska kan samlas upp och tas om hand.

Avvattningsanordning skall hindra dagvatten från utanförliggande väg- och markytor att rinna in i tunneln.

I tunnelrör skall dagvattenbrunnar anslutna till längsgående ledningar för uppsamling av dagvatten anordnas. Avståndet mellan brunnarna skall väljas så att avvattningsytan för varje brunn inte överstiger 250 m² och så att avståndet i längsled inte överstiger 30 m.

Dagvattenbrunnar utförs normalt med sandfång och vattenlås. Nedstigningsbrunnar kan förses med sandfång och vattenlås.

Hänsyn skall tas till lutningar och tvärfall så att rinnvägarnas längd minimeras.

Avrinning bör normalt ske mot den sida av tunnelröret som saknar ingång till utrymningsväg. Om detta inte kan undvikas bör dubbla brunnar alternativt rännor med betäckning utföras uppströms ingången så att risken för att brinnande vätska passerar denna reduceras.

Rännor med betäckning får användas som alternativ till brunnar. Betäckningar till rännor skall ha samma justeringsmöjlighet som brunnsbetäckningar.

För dagvattenbrunn på hel bottenplatta av betong skall brunnsöverdel eller betäckning vara håltagen för att kunna användas som grundavlopp.

Detaljutförning bör ske så att ytvatten inte rinner in i beläggningen via håltagningarna.

Betäckningar till nedstigningsbrunnar skall vara låsbara.

I den tekniska beskrivningen skall vara angivet vilka vattenflöden som ledningssystemet skall dimensioneras för.

Vattenflöden och vattenkvalitet skall vara mätbara.

8.7.1.3.2 Avvattning av tunnlar avsedda att upplåtas för transporter av farligt gods

Dagvattenbrunnar skall utformas så att eventuell brand inte kan spridas in i utgående ledning.

Detta krav anses uppfyllt om brunnen är försedd med vattenlås.

Avvattningsytan per brunn skall inte överstiga 200 m² och avståndet mellan brunnar skall inte överstiga 20 m. Avvattningssystem skall ha sådan kapacitet att ett momentant utsläpp av 10 m³ vätska avrinner från vägytan inom två minuter. Kapaciteten hos högst två brunnar får utnyttjas, vilket innebär att långsmal brunn, typ ränna, skall användas.

Vätskan får förutsättas ha egenskaper motsvarande vatten med temperaturen 10°C.

8.7.1.4 Magasin

I tunnels lågpunkter skall pumpgröpar eller pumpstationer anordnas.

Där så erfordras enligt krav i 5.1 och 5.3 skall dagvatten ledas till avsättningsmagasin. Avsättningsmagasin skall förses med vattenlås, oljeavskiljare och rensningsanordning.

Utflödet ur avsättningsmagasin skall kunna stängas av så att vätskeinnehållet kan analyseras.

Med ledning av analysen av vätskans innehåll avgörs behovet av sanering före vidare hantering.

I den tekniska beskrivningen skall vara angivet de vattenflöden samt den avsättningstid och vattenvolym som skall vara dimensionerande för avsättningsmagasin vara angivna.

Avsättningstiden väljs normalt till 36 timmar.

8.7.2 Dimensionering

Vid dimensionering av vatten- och avloppsanläggning gäller Hydraulisk dimensionering (Vägverket) samt VÄG 94, kapitel 8 i tillämpliga delar om inget annat anges i den tekniska beskrivningen.

Spolvatten eller brandvatten är ofta dimensionerande för avvattningssystem i tunnlar.

Frostskydd för vatten- och avloppsledningar ingjutna i betong skall dimensioneras för maximiköldmängd enligt bilaga 9.

Frostskydd för övriga vatten- och avloppsledningar skall dimensioneras för medelköldmängd enligt VÄG 94, avsnitt 1.4.1.

Frostskydd av ledningar skall dimensioneras enligt Rörbok - yttre rörledningar, avsnitt 4.1 (Svensk Byggtjänst).

8.7.3 Material

Materialkraven angivna i VÄG 94, avsnitt 8.6, gäller.

Dagvattenledningar för självfall med brunnar och betäckningar skall utföras av obrännbart material.

8.7.4 Utförande och provning

Utförande och provning av dränerings- och avvattningssystem framgår av VÄG 94, kapitel 8.

8.8 Övrig vägutrustning

8.8.1 Visuell ledning

I tunneln ingående element för visuell ledning skall i möjligaste mån utformas på ett estetiskt tilltalande sätt med hänsyn till fri sikt, ljus, ytkvalitet och kulör, så att trafikanten upplever färden genom tunneln på ett positivt sätt.

Exempel på sådan detaljutformning är släta och lättvättade väggar i ljus färgton samt markering på väggarna som orienterar trafikanten.

Tunnel skall färgsättas så att den visuella ledningen och effekten av belysning förbättras.

Viss effektbelysning kan behövas för att poängtera händelser i tunnel t ex portar.

8.8.2 Trafiksignaler

Körfältssignaler i tunneln skall anordnas när så erfordras enligt kraven i kapitel 6.

För tunnelrör som är avsedda att temporärt dubbelriktas i samband med tunnelavstängningar skall körfältssignaler monteras i båda färdriktningarna genom tunneln och utmed växlingssträckorna utanför tunnelmynningarna.

8.8.3 Avstängningsanordningar

Avstängningsanordningar skall finnas vid samtliga tillfartsmyningar samt vid tillfarternas början i vägkorsning eller trafikplats.

Om risk finns att trafikanter kör in i utfartsmyningen då tillfartsmyningen är avstängd bör även denna körväg kunna stängas av.

Avstängningsanordning skall ha kontrollfunktion som hindrar stängning om fara uppstår för trafikanterna i avstängningsanordningens närhet.

Styrsystemet för avstängningsanordning skall samordnas med infartssignaler och eventuella körfältssignaler.

8.8.4 Räcke/barriär

8.8.4.1 Utformning

Räckesinfästning, styv skyddsbarriär och bakomliggande konstruktion skall dimensioneras för last enligt 3.3.3.3.5. Om konstruktionsdelen ingår i det bärande huvudsystemet skall dimensionering ske för last enligt 3.3.4.1.

Om barriär utförs med fristående element utan förbindning sinsemellan får förskjutningen mellan två intilliggande element uppgå till högst 50 mm vid påkörning.

8.8.4.2 Material

Räcke/barriär skall tåla tvättning med borste, rengöringsmedel och högtrycksspolning.

Vid högtrycksspolning bör det förutsättas att spoltrycket är 15 MPa, vattenmängden per spolmunstycke är 25 l/min och att avståndet mellan spolmunstycke och inklädnadsyta är 0,5 m.

Räckets/barriärens yta skall ha hög slaghållfasthet.

Krav på ytans egenskaper samt eventuella krav på färgsättning etc skall vara angiven i den tekniska beskrivningen.

8.8.4.3 Utförande och kontroll

I montageanvisning skall redovisas vilka förutsättningar som tillämpats vid godkännandeprovningen. Vid montage skall kontrolleras att dessa förutsättningar är uppfyllda.

8.8.5 Handbrandsläckare

Handbrandsläckare skall vara utförda enligt SS-EN 3-1.

Utrustning för släckning skall vara märkt enligt AFS 1997:11 (Arbetarskyddsstyrelsen).

9 Förteckning och bilagor

I avsnitt 9.1 t o m 9.3 förtecknas de dokument till vilka det hänvisas i TUNNEL 99. I avsnitt 9.4 finns bilagor till TUNNEL 99.

Följande underindelning används i förteckningen.

- Vägverkspublikationer

Vägverkets metodbeskrivningar betecknas VVMB.

- Externa publikationer
- Standarder och metodbeskrivningar.

Där annat inte anges avses utgåva 1.

9.1 Vägverkspublikationer

<i>Titel</i>	<i>Identifikation/ Publ nr</i>
BRO 94 1 Allmänt	1999:18
BRO 94 2 Lastförutsättningar	1994:2
BRO 94 3 Grundläggning	1994:3
BRO 94 4 Betongkonstruktioner	1994:4
BRO 94 5 Stål-, trä- och aluminiumkonstruktioner	1999:19
BRO 94 6 Brodetaljer	1994:6
BRO 94 7 Brounderhåll	1994:7
BRO 94 8 Rörliga broar	1994:8
BRO 94 9 Förteckning	1999:20
BRO 94 Supplement nr 4	1999:21
Kontroll av konstruktionshandlingar	1999:24
DRIFT 94 Allmän teknisk beskrivning av driftstandard, väglagstjänster	1996:16
VVMB 905 Bestämning av vattens korrosiva egenskaper	1993:32
VVMB 906 Beräkning av tjällyftningen i en väggkropp	1994:43

<i>Titel</i>	<i>Identifikation/ Publ nr</i>
Tjälisolering, Metod för bestämning av värmekonduktivitet	1990:42
VÄG 94 1 Gemensamma förutsättningar	1994:21
VÄG 94 2 Konstruktiv utformning av underbyggnad	1992:22
VÄG 94 3 Konstruktiv utformning av överbyggnad	1994:23
VÄG 94 4 Utförande av underbyggnad	1994:86
VÄG 94 5 Obundna överbyggnadslager	1994:25
VÄG 94 6 Bitumenbundna lager	1994:26
VÄG 94 7 Cementbundna lager	1994:87
VÄG 94 8 Avvattning och dränering	1994:88
VÄG 94 9 Vägmarkeringar	1994:29
VÄG 94 9 Stickordslista och dokumentförteckning	1994:30
Vägutformning 94 1 Läsanvisning	1994:49
2 Dimensioneringsgrunder	
3 Grundvärden	
Vägutformning 94 4 Trafikteknisk standard	1994:50
Vägutformning 94 5 Sektion	1994:51
Vägutformning 94 6 Linjeföring	1994:52
Vägutformning 94 7 Korsningar	1994:53
Vägutformning 94 8 Trafikplatser	1994:54
Vägutformning 94 9 Sidoanläggningar	1994:55
Vägutformning 94 10 GC-trafik	1994:56
Vägutformning 94 11 Vägmarkeringar	1994:57
Vägutformning 94 12 Vägmärken	1994:58
Vägutformning 94 13 Trafiksignaler	1994:59

<i>Titel</i>	<i>Identifikation/ Publ nr</i>
Vägutformning 94 14 Vägbelysning	1994:60
Vägutformning 94 15 Övrig vägutrustning	1994:61
Vägutformning 94 16 Ritningar	1994:62
VU 94, - Supplement 1	1995:22
VU 94, - Supplement 2	1999:86
VU 94, - Supplement 3	1999:85
Bergteknik, Anvisningar för redovisning. Bergtekniska anvisningar för projektering av Ringen och Yttre tvärleden, 1998-03-04, Vägverket Region Stockholm, Utgåva 2 ¹⁾	ANV 0083
Bergteknik, dimensioneringsgrunder för användning vid bergförstärkning med sprutbetong. Anvisningar för Ringen och Yttre Tvärleden, 1994-12-13, Vägverket Region Stockholm ¹⁾	ANV 0114
Beräkningshandbok för vägtrafikens luftföroreningar	1999:125
Branddimensionering av betongtunnlar. Anvisningar för Ringen och Yttre Tvärleden, 1995-12-01, Vägverket Region Stockholm ¹⁾	ANV 0162
Dimensionering av sponter, Ingenjörfirma Åke Bengtsson AB	Maj 1999
EVA - Effektberäkning vid VägAnalyser: användarhandledning: version 2.1	1996
Explosionslaster vid betongtunnlar, Anvisningar för Ringen och Yttre Tvärleden, 1997-06-25, Vägverket Region Stockholm ¹⁾	ANV 0187
Förteckning över gällande standard-, grupp- och typritningar	1998:97
Handbok i sprängteknik	1988:22
Hydraulisk dimensionering	1990:11
Istryck mot bropelare	1987:43

<i>Titel</i>	<i>Identifikation/ Publ nr</i>
Jords hållfasthets- och deformationsegenskaper	1994:15
MKB-GEO: mark- och vattenspekter i miljökonsekvensbeskrivningar för vägar	1996:72
Mäthandbok för vägtrafikens luftföroreningar	1999:124
Ritteknisk handbok	1994:77
Studie av förutsättningar för stoftavskiljning, Rapport för Ringen och Yttre Tvärleden, 1994-08-16, Vägverket Region Stockholm ¹⁾	RAP 0045
Tjälisolering. Metod för bestämning av värmekonduktivitet	1990:42
Vägutrustning 94 (ändringar är redovisade i VU 94 – Supplement 1)	1993:61
Vägverkets miljökrav vid upphandling av entreprenader	1998:105
Vägverkets regler för kvalitetssäkring av entreprenader	1998:104
Vägverkets trafiksäkerhetskrav vid upphandling av entreprenader	1998:106

1) Kan erhållas från Vägverket, Region Stockholm

9.2 Externa publikationer

<i>Titel</i>	<i>Identifikation</i>
A1 Särskilda regler för tillverkare av varmvälsad armeringsstång, 1994, Svensk Byggstålkontroll	
A3 Särskilda regler för armeringsverkstäder, 1994, Svensk Byggstålkontroll	
Allmänna regler, 1994, Svensk Byggstålkontroll	
Allmänna vattenledningsnät, Anvisningar för utformning och beräkning, 1979, Svenska Vatten- och avloppsverksföreningen	VAV P38
Anläggnings AMA 98, 1999, Svensk Byggtjänst	

<i>Titel</i>	<i>Identifikation</i>
Arbetskyddsstyrelsens kungörelse, Farliga ämnen	AFS 1994:2
Arbetskyddsstyrelsens kungörelse, Härdplaster	AFS 1996:4
Arbetskyddsstyrelsens kungörelse, Varselmärkning och varselsignalering på arbetsplatser	AFS 1997:11
Att skydda och rädda liv, egendom och miljö, Handbok i kommunal riskanalys inom räddningstjänsten, 1989, Räddningsverket	
BBK 94, 1994, Boverkets handbok om betongkonstruktioner	Band 1 Konstruktion
BBK 94, 1994, Boverkets handbok om betongkonstruktioner	Band 2, Material, Utförande, Kontroll
BBR, 1999, Boverkets Byggregler	BFS 1993:57 med ändringar BFS 1998:38
Bergbultning, dimensionering, praxis och tillämpningar, 1975, Stiftelsen Bergteknisk Forskning	Rapport nr 8
Bergförstärkning med sprutbetong, 1992, Vattenfall	
Bergteknisk ordlista, Tekniska nomenklaturcentralen	TNC 73
Betonghandbok, Arbetsutförande, utgåva 2, 1992, Svensk Byggtjänst	
Betonghandbok, Konstruktion, utgåva 2, 1990, Svensk Byggtjänst	
Betonghandbok, Material, utgåva 2, 1994, Svensk Byggtjänst	
BKR, 1999, Boverkets Konstruktionsregler	BFS 1993:58 med ändringar BFS 1998:39
Brandskyddsdokumentation, utgåva 2, 1997, Svenska Brandförsvarsförbundet	0325
Brandteknisk dimensionering av betongkonstruktioner, Byggforskningsrådet	T 13:1992

<i>Titel</i>	<i>Identifikation</i>
BSK 99, 1999, Boverkets handbok om stålkonstruktioner	
Buller från vägtrafik, Allmänna råd , Naturvårdsverket	Remissutgåva
BYGGHANDLING 90, SIS-Standardiseringskommisionen i Sverige	
Byggritningar översikt, utgåva 9, 1993, Byggstandardiseringen	BST 110
Byggvägledning 2, Bärande konstruktioner och laster, 1996, Svensk Byggtjänst	
Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, Norges Geotekniske Institutt, 1974	Publikasjon nr 106
Externt industribuller, Allmänna råd, Naturvårdsverket	RR 78:5
Fjellinjeksjon - Praktisk veiledning i valg av tettestrategi og injeksjonsopplegg, Norsk forening for fjellsprenge-ningsteknikk	Håndbok nr 1
Förordningen om transport av farligt gods,	SFS 1982:923
Förundersökningar i berg, 1986, Stiftelsen Bergteknisk Forskning	BeFo 86:1/86
Geohydrologiska förundersökningar i berg, 1986, Stiftelsen Bergteknisk Forskning	BeFo 84:1/86
Grävpålar i friktionsjord, 1985, Pålkommisionen	Rapport 77
Grävpålansvisningar, 1979, Pålkommisionen	Rapport 58
Kungörelse med föreskrifter om högsta tillåtna halt i luft av kvävedioxid, Naturvårdsverket	SNFS 1993:12
Kungörelse med föreskrifter om högsta tillåtna halt i luft av sot (svävande partiklar), Naturvårdsverket	SNFS 1993:11
Luftbehandlingsordlista, Tekniska nomenklaturcentralen	TNC 69
Läggningsdjup för VA-ledningar i jord med hänsyn till tjäle, 1969, Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen,	VAV P14

<i>Titel</i>	<i>Identifikation</i>
MarkAMA 83, Allmän material- och arbetsbeskrivning för markarbeten, 1983, Svensk Byggtjänst	
Naturvårdsverkets metodhandbok luft, 1993, Statens naturvårdsverk	
Plan- och byggtermer 1994, Tekniska nomenklaturcentralen	TNC 95
Rebel 91, Tekniska beskrivningar för anordnande av vägbelysning, del 2 Planering och projektering, 1995, Svenska Kommunförbundet och Vägverket	Rebel 91, del 2
Rebel 91, Tekniska beskrivningar för anordnande av vägbelysning, del 3 Drift och underhåll, 1992, Svenska Kommunförbundet och Vägverket	Rebel 91, del 3
Regler för automatisk brandlarmanläggning, 1992, Försäkringsförbundet	RUS 110:5
Regler för certifiering av fogband av PVC, 1993, Vattenfall Utveckling AB	
Riktvärden för luftkvalitet i tätorter, Allmänna råd, Naturvårdsverket	AR 90:9
RÖRBOK, yttre rörledningar, upplaga 2, 1983, Svensk Byggtjänst	
Seghet hos fiberarmerad sprutbetong - Rekommenderad provningsmetod, 1990-10-31, Cement- och betonginstitutet	CBI PM
Skorstenshöjd - Beräkningsmetod, Allmänna råd, Naturvårdsverket	AR 90:3
Sponthandboken, Byggforskningsrådet	T18:1996
SP:s förteckning över certifierad skrivmateriel, 1999, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut AB	SP-INFO 1999:01
Stålfiberbetong för bergförstärkning - provning och värdering, 1997, Cement- och betonginstitutet	CBI report 3:97
Supplement 1 till Boverkets handbok om Betongkonstruktioner, BBK, band 1 och 2, 1996	BBK suppl. 1

<i>Titel</i>	<i>Identifikation</i>
Svenska Elverksföreningens normalbestämmelser för hög- och lågspänningsanläggningar	IBH 94 och IBL 96
Termiska egenskaper hos jord och berg, 1991, SGI	Information 12
Updating of the Q-system for NMT, Proceedings of the International Symposium on Sprayed Concrete - Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support, 1993, Grimstad & Barton, Norwegian Concrete Association	
VA-teknisk ordlista, 1977, Tekniska nomenklatur-centralen	TNC 65
Vegtunneler, 1992, Statens Vegvesen, Norge	Håndbok 021
Ventilation av vägtunnlar, 1993, Nordiska Vägtekniska Förbundet	Rapport nr 6

9.3 Standarder och metodbeskrivningar

9.3.1 Svenska standarder och metodbeskrivningar

<i>Identifikation</i>	<i>Titel</i>
SIS 02 48 20 Utgåva 2	Brandprovning - Byggnadsdelar. Bestämning av motståndsförmåga vid brand.
SS 01 41 41 Utgåva 2	Avrundningsregler
SS 02 52 10	Vibration och stöt - Sprängningsinducerande luftstöt vågor - Riktvärden för byggnader
SS 3192 Utgåva 3	Oorganiska ytbeläggningar – Varmförzinkade gängade ståldetaljer
SS 03 22 04	Byggritningar – Markering av snittytor
SS 03 22 05	Byggritningar – Ritningsblanketter
SS 03 22 08 Utgåva 3	Byggritningar - Ritfält, skrivfält, namnruta och ändringstabell

<i>Identifikation</i>	<i>Titel</i>
SS 13 11 12	Betongprovning - Provkroppar - Tillverkning och lagring av gjutna provkroppar för hållfasthetsbestämning
SS 13 72 20 Utgåva 2	Betongprovning - Hårdnad sprutbetong - Tryckhållfasthet hos sprutade provkroppar
SS 13 72 21 Utgåva 2	Betongprovning - Hårdnad sprutbetong - Tjocklek hos sprutbetongskikt
SS 13 72 43	Betongprovning - Hårdnad betong, sprutbetong och puts - Vidhäftningshållfasthet
SS 14 21 65	Stål för armeringsstång - SS(B)-stål 21 65
SS 14 23 43 Utgåva 13	Rostfritt stål - SS-stål 2343
SS 14 23 77 Utgåva 3	Rostfritt stål - SS-stål 2377
SS 16 95 24	Cellplast - Tryckprovning av hårda material
SS 18 41 84 Utgåva 2	Färg och lack - Mätning av speglande glans hos icke metallpigmenterade färgskikt
SS 424 14 37 Utgåva 4	Kabelförläggning i mark
SS 424 14 75 Utgåva 2	Kablar - Provning av brandspridningsegenskaper
SS 460 48 60	Vibration och stöt - Syneförrättning - Arbetsmetod för besiktning av byggnader och anläggningar i samband med vibrationsalstrande verksamhet
SS 460 48 61	Vibration och stöt - Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader
SS 460 48 66 Utgåva 2	Vibration och stöt - Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader
SS 81 20 05	Betongytor - Bestämning av ytjämnhet
SS-EN 10 088-1	Rostfria stål - Del 1: Förteckning över rostfria stål
SS-EN 12063	Utförande av geokonstruktioner - Sponter

<i>Identifikation</i>	<i>Titel</i>
SS-EN 1363-2	Provning av brandmotstånd – Del 2: Alternativa och kompletterande metoder
SS-EN 3-1	Brand och räddning - Handbrandsläckare - Del 1: Beskrivning av tömningstid, provning mot klass A- och B-bål
SS-EN 45010	Allmänna krav för bedömning och ackreditering av certifieringsorgan (ISO/IEC Guide 61:1996)
SS-EN 45014	Allmänna krav på leverantörers försäkran om överensstämmelse (ISO/IEC Guide 22:1996), utgåva 2
SS-EN 671-1	Släcksystem - Brandposter med formstabil slang
SS-EN ISO 1460	Oorganiska ytbeläggningar - Varmförzinkat järn och stål - Gravimetrisk bestämning av zinkvikt per area
SS-EN ISO 1461	Varmförzinkade beläggningar på tillverkade järn- och stålföremål - Specifikationer och provningsmetoder
SS-EN ISO 1519	Färg och lack - Bestämning av töjbarhet (cylindrisk dorn)
SS-EN ISO 2409	Färg och lack - Ritsprov
SS-EN ISO 5455 Utgåva 1	Ritningsregler - skalor
SS-ISO 6428 Utgåva 2	Ritningsregler - Fordringar för mikrofilmning -Allmänna ritningsprinciper

9.3.2 Utländska standarder och metodbeskrivningar

<i>Identifikation</i>	<i>Titel</i>
ASTM C1018	Stålfiberarmerad sprutbetong
ASTM D2794-93	Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (impact)
DIN 267 Tiel 10	Mechanische Verbindungselemente, Technische Lieferbedingungen Feuerverzinkte Teile
NFPA 502	Standard for road tunnels, bridges and other limited access highways, 1998

Identifikation *Titel*

prEN 1823, draft Emergency roadside telephones, Februari 1995

9.4 Bilagor

Bilaga 1	Vägverkets administrativa rutiner
Bilaga 2	Rapport över förundersökning för tunnel i berg
Bilaga 3	Ingenjörsgelogisk prognos för tunnel i berg
Bilaga 4	Sammanställningsritning till tunnel
Bilaga 5	Översiktsritning
Bilaga 6	Detaljritning
Bilaga 7	Relationshandlingar
Bilaga 8	Metoder för riskanalys
Bilaga 9	Maximiköldmängd

Bilaga 1

Vägverkets administrativa rutiner

.1 Inledning

Bilagan anger de administrativa krav som Vägverket som beställare har vid byggande av tunnlar.

.2 Definitioner

.21 Ritningar

- Standardritning

Med standardritning avses en av Vägverket godtagen arbetsritning som visar standardiserat utförande av en konstruktion eller konstruktionsdel.

- Gruppritning

Med gruppritning avses en av Vägverket godtagen arbetsritning som visar ett utförande av en konstruktion eller konstruktionsdel och som är avsedd att bli standardritning efter tillämpning vid ett antal objekt.

- Typritning

Med typritning avses en av Vägverket godtagen ritning som visar ett utförande av en konstruktion eller konstruktionsdel.

Typritning är avsedd att tjäna som ledning vid upprättande av arbetsritning.

.3 Bekräftelse av överensstämmelse med krav på produkter

.31 Certifiering

I de fall det inte finns något ackrediterat organ godtas att certifieringen utförs av ett organ som godtagits av Vägverket.

Organ som godtagits av Vägverket framgår av BRO 94, kapitel 93.

.32 Provning och besiktning

I de fall det inte finns något ackrediterat organ godtas att provningen/besiktningen utförs av ett organ som godtagits av Vägverket.

Organ som godtagits av Vägverket framgår av BRO 94, kapitel 93.

Bilaga 1

.4 Godtagande av konstruktionshandlingar

.41 Allmänt

.411 Allmänt

Konstruktionshandlingen skall vara godtagen av Vägverket enligt .42. Vid kontroll enligt alternativ A och B i publikationen ”Kontroll av konstruktionshandlingar” skall konstruktionshandlingarna märkas enligt .413. Vid övrig kontroll märks konstruktionshandlingarna av Vägverket.

Kontrollen utförs av Avdelningen för bro och tunnel.

Rapport över förundersökning och ingenjörgeologisk prognos för tunnel i berg skall vara Vägverket tillhanda innan kontroll av konstruktionshandlingar för bergkonstruktioner kan ske.

Vid revidering av ritning för bergkonstruktioner skall resultat från utförd kartering bifogas.

.412 Undantag

Vägkonstruktioner i tunnlar, samt installationer, VA-anläggningar och övrig utrustning undantas från kravet på att konstruktionsredovisningen skall vara godtagna enligt .42.

För bärande konstruktioner i sidoutrymmen undantas all konstruktionsredovisning förutom sammanställningsritningar och översiktsritningar från kravet på att handlingarna skall vara godtagna enligt .42..

.413 Märkning

Efter det att Vägverket godtagit handlingarna skall konstruktionsföretaget märka originalhandlingarna med

”Godtagen av Vägverket, enhetsbeteckning, enligt brev daterat xxxx-xx-xx med diarienummer -----”.

Kontrollen utförs av Avdelningen för bro och tunnel.

Vid revideringar skall handlingarna förses med beslutsdatum och diarienummer i ändringstabellen enligt SS 03 22 08, se .531.

På ritningarna skall märkningen placeras omedelbart över namnrutan och på övriga handlingar nederst på framsidan. Vidare skall handlingarna förses med Vägverkets registreringsbeteckning, vilken meddelas i ovannämnda beslut. Beteckningen placeras på ritningar i det hörnfält som beskrivs i .53 och på övriga handlingar i anslutning till ovannämnda märkning. Märkningen skall ges textstorleken 3,5 mm och beteckningen 5 mm.

Bilaga 1

Det godtas även att handlingar som sänds in för kontroll enligt alternativ A och B enligt publikationen "Konroll av konstruktionshandlingar" inte är undertecknade, under förutsättning att de åtföljs av ett intyg, undertecknat av den konstruktionsansvarige, i vilket insända handlingar specificeras. Detta intyg ersätter påtecknandet enligt punkt 3.0 i publikationen "Kontroll av konstruktionshandlingar".

Konstruktionshandlingarna skall vara undertecknade senast i samband med att relationshandlingarna sänds till Vägverket.

.42 Kontroll

.421 Allmänt

Konstruktionsredovisningen skall kontrolleras enligt något av alternativen i publikationen "Kontroll av konstruktionshandlingar".

Ritningskopior som insänds för kontroll skall vara vikta till format A4. Originalexemplaren av ritningarna skall sändas in ovikta.

Då konstruktionsredovisningen skickas in för kontroll skall även följande handlingar bifogas

- förslagsritning,
- entreprenadkontrakt,
- administrativa föreskrifter,
- byggnadstekniska beskrivningar och
- eventuella tilläggsskrivelser från beställaren.

I förekommande fall skall även protokoll från kontraktsgenomgången bifogas.

.422 Handlingar

Arbetsritningar som sänds in för kontroll enligt alternativ C i publikationen "Kontroll av konstruktionshandlingar" skall sändas in i tre exemplar. De skall åtföljas av konstruktionsberäkningar och kontrollplaner för tilläggskontroll i vardera två exemplar och i förekommande fall av arbetsbeskrivning i två exemplar.

För slutlig kontroll enligt alternativ C i publikationen "Kontroll av konstruktionshandlingar" skall

- konstruktionsberäkning i original,
- original och kopior av arbetsritning,
- original och kopior av kontrollplaner för tilläggskontroll och
- original och kopior av arbetsbeskrivningar

Bilaga 1

sändas in.

För kontroll enligt alternativ A och B i publikationen "Kontroll av konstruktionshandlingar" skall

- konstruktionsberäkning i original,
- kopior av arbetsritning,
- kopior av kontrollplaner för tilläggskontroll och
- kopior av arbetsbeskrivningar

sändas in.

.423

Revidering

En godtagen handling skall revideras om det under arbetets gång fordras ändringar eller rättelser av det utförande som anges på handlingen. Innan ändringen eller rättelsen görs skall den reviderade handlingen sändas in för kontroll och godtagande.

En reviderad handling skall vara försedd med uppgift om vad revideringen avser. Dessutom skall det anges vilka delar av föregående beräkning som berörs.

I de fall konstruktionshandlingarna upprättats av ett företag med behörighet för alternativ A eller B enligt publikationen "Kontroll av konstruktionshandlingar" undantas följande revideringar från kravet på att revideringen skall godtas.

- Revidering som inte kräver förnyade beräkningar.
- Revidering av beräkning avseende begränsning av sprickrisken under betongens härdningstid.

En kännedomskopia skall dock insändas till Vägverket, Avdelningen för bro och tunnel.

.5 Redovisning av konstruktionshandlingar

.51 Utformning av originalhandlingar

Originalexemplar av sammanställningsritningar och elritningar skall upprättas på ritfilm som uppfyller Riksarkivets föreskrifter.

Originalexemplar av konstruktionsberäkningar, kontrollplaner för tilläggskontroll, arbetsbeskrivningar och spännlistor skall vara framställda på papper och med skrivmedel som uppfyller Riksarkivets föreskrifter.

Godtagna produkter kan bl a hämtas från SP:s förteckning över godkänd skrivmateriel.

Bilaga 1

Konstruktionshandlingar enligt 1.4.3, 1.4.4, 1.4.5, 1.4.7 och 1.4.8 skall vara upprättade på svenska.

Övriga konstruktionshandlingar kan även upprättas på norska, danska eller engelska.

.52 Identifiering av handling

Rapport över förundersökning, ingenjörgeologisk prognos, beräkning, bergmekanisk beräkning/utredning, arbetsbeskrivning, samt kontrollplan för tilläggskontroll skall vara försedda med följande identifieringsuppgifter.

- a) Huvudrubrik med konstbyggnadens namn, konstbyggnadsnummer och vägnummer enligt Vägverkets beteckning samt kommun och län.
- b) Signerad firmastämpel eller underskrift av för handlingen ansvarig person samt datum. Vid revidering anges datum för denna.

.53 Arbetsritning

.531 Allmänt

Ritningar skall upprättas i enlighet med svensk standard.

I BST 419 finns en förteckning över aktuella standarder.

Det rittekniska utförandet skall vara sådant att arbetsritningarna kan mikrofilmas med tillfredsställande resultat. Utförandet skall uppfylla SS-ISO 6428.

Markering av snittytor i betongkonstruktioner skall på mått- och armeringsritningar utföras enligt SS 03 22 04, 3.1. Dock skall snittytans konturlinje på armeringsritningar ritas med linje 1.

Ritningar skall utföras i något av formaten A1, A1F, A2 eller A3 enligt SS 03 22 05.

Format A1 bör användas.

Ritningar skall upprättas i skalor enligt SS-EN ISO 5455.

För armeringsritning bör skala 1:50 eller större användas.

Inom det hörnfält i ritningens nedre högra del som förblir synligt även efter ritningens vikning, skall lämnas ett utrymme utan text etc med bredden 110 mm och höjden 150 mm.

Ändringstabellen enligt SS 03 22 08, figur 5, kan lämpligen förlängas med rutor för markering av Vägverket och datum för detta.

Bilaga 1

På arbetsritningar godtas att hänvisning sker till standard- och gruppritningar, men inte till typritningar.

.532 Uppgifter och skallinjer

Ritningar skall, utöver vad som anges i SS 03 22 08, förses med

- a) huvudrubrik med konstbyggnadens namn, konstbyggnadsnummer och vägnummer enligt Vägverkets beteckning samt län eller i förekommande fall kommun
- b) i förekommande fall uppgift om entreprenörens namn om ritningen inte upprättats av denne
- c) skallinje för skalan 1:100.

Uppgifterna enligt a och b skall placeras i fält 11 i namnrutan enligt SS 03 22 08. Skallinjerna enligt c skall placeras inom ritfältet enligt SS 03 22 08.

.533 Sammanställningsritning

Sammanställningsritningar skall omfatta elevation och plan samt erforderligt antal tvärsektioner.

Elevation och plan på sammanställningsritningar bör ritas i skala 1:100.

Sammanställningsritningar skall vara försedd med uppgift om eventuellt kvalitetssystem. Denna uppgift skall finnas på den första handling som skickas in för godtagande.

Beträffande krav på när det skall finnas kvalitetssystem, se Kontroll av konstruktionshandlingar, Vägverket.

.54 Arbetsbeskrivning

Format A4 skall användas för arbetsbeskrivningar som inte är placerade på arbetsritningar.

Bilagor kan upprättas i format A3 som viks till format A4.

.55 Beräkning och utredning

.551 Allmänt

Beräkningar och utredningar skall vara försedda med innehållsförteckning och vara upprättade i format A4.

Bilagor kan upprättas i format A3, som viks till format A4.

Bilaga 1

.552 Datorberäkning

Till en konstruktionsberäkning som utförts med dator skall fogas en programbeskrivning som skall innehålla

- programnamn med uppgift om aktuell programversion
- programmets allmänna förutsättningar och begränsningar
- beräkningsmetoder och beräkningsgång inklusive införda approximationer och förenklingar
- teckenregler
- resultatets redovisning inklusive beteckningar på storheter, konstruktionsdelar och lastkombinationer.

Beskrivningen bör även innehålla beräkningsexempel samt belysa inverkan av eventuella approximationer.

Resultatutskriften skall innehålla

- uppgifter om objekt och programnamn
- revideringsbeteckning eller senaste revideringsdatum för programmet
- innehållsförteckning
- sidnumrering
- fullständiga uppgifter om ingångsvärden och måttenheter
- de till respektive delresultat hörande beteckningarna på konstruktionsdelar och tvärsnitt samt på lastkombinationerna.

I beräkningen skall som mellanled redovisas bl a snittstorheter, snittkrafter och influensvärden.

Utskriften bör vara i format A 4 eller nedvikt till A 4. Sammandrag av beräkningsresultaten kan återges på diagram, nedvikta till format A 4, varvid datorutskriften ingår i beräkningen som separat bilaga.

Datorberäkningen skall kompletteras med kontroll av beräkningsresultaten genom stickprov och statiska jämviktskontroller.

Vid användning av datorprogram där beräkningsmodulerna inte är låsta utan användaren kan ändra beräkningsformler eller ändra beräkningsgången skall datorberäkningen även innehålla

- utskrifter av ingående formler i klartext
- utskrifter av delresultat av ingående formler
- utskrifter från av datorprogrammet valda beräkningsvägar utskriftsdatum på varje sida.

Bilaga 1

.56 Kontrollplan för tilläggskontroll

Kontrollplaner skall upprättas i format A4.

.6 Relationshandlingar

Arbeten som inte kräver att arbetsritning eller arbetsbeskrivning skall godtas av beställaren skall dokumenteras med arbetsritning och arbetsbeskrivning i original eller hänvisning till standardutförande samt eventuell konstruktionsberäkning.

Två kopior av karteringsritning skall omgående efter upprättande insändas till Vägverket.

.7 Registrering av handlingar

Handlingar, som enligt .412 inte skall genomgå kontroll enligt .42 skall sändas in till Vägverkets region. Innan arbete med permanenta konstruktioner påbörjas skall dessa handlingar vara registrerade och märkta.

Efter det att Vägverket registrerat handlingarna skall originalhandlingarna märkas av konstruktionsföretaget med Vägverkets registreringsbeteckning, diarienummer och beslutsdatum.

Registreringen utförs av Vägverkets regioner.

Vid revideringar skall handlingarna förses med beslutsdatum och diarienummer i ändringstabellen enligt SS 03 22 08, se .531.

På ritningarna skall märkningen placeras omedelbart över namnrutan och på övriga handlingar nederst på framsidan. Vidare skall handlingarna förses med Vägverkets registreringsbeteckning. Beteckningen placeras på ritningar i det hörnfält som beskrivs i .53 och på övriga handlingar i anslutning till ovan nämnda märkning. Märkningen skall ges textstorleken 3,5 mm och beteckningen 5 mm.

Det godtas även att handlingar som sänds för registrering inte är under-tecknade, under förutsättning att de åtföljs av ett intyg, undertecknat av den konstruktionsansvarige, i vilket insända handlingar specificeras.

Senast i samband med att relationshandlingarna sänds till Vägverket skall konstruktionshandlingarna vara undertecknad.

Bilaga 2

Rapport över förundersökning för tunnel i berg

I rapporten skall resultat av undersökningarna vara sammanfattade.

Rapporten skall vara tydligt upprättad och försedd med uppgifter och hänvisningar till de undersökningsmetoder som använts i sådan omfattning att den lätt kan kontrolleras.

Tolkningen av resultaten sker i den ingenjörgeologiska prognosen.

Rapport över förundersökning skall innehålla följande:

- a) Tidigare dokumenterad geologisk, geoteknisk och geohydrologisk faktisk information, t ex information från kartor och uppgifter från tidigare utförda objekt.

Endast faktiska undersökningsresultat från tidigare dokumenterad information får användas som underlag.

- b) Lägen samt grundläggning och konstruktionstyp för befintliga anläggningar, vägar, gator och byggnader, såväl ovan som under mark.

Uppgift om konstruktion avser typ, t ex industribyggnad, bostadshus, bro, försvarsanläggning, och material i bärande huvudsystem.

- c) Planerad vägsträckning.
d) Läge och omfattning av utförda undersökningar.

Med undersökningar avses t ex geologisk håll- och sprickkartering, kärnborrning, seismisk undersökning, borrhålstester för vattenförlustmätning, bergspänningsmätning etc.

- e) Resultat av utförda undersökningar.

Med resultat avses t ex jord- och bergnivåer, seismiska hastigheter, från kärnborrningar erhållna sprickfrekvenser och bergarter, bergspänningar och spänningsförhållanden vid insitumätningar, hållfasthetsvärden från laboratorieförsök etc.

- f) Undersökningsmetoders noggrannhet, säkerhet och räckvidd.

Kalibreringsresultat för kontroll-, mät- och provningsutrustning som används vid undersökningarna skall dokumenteras.

- g) Eventuella anteckningar och annan information om utförda undersökningar.

Bilaga 3

Ingenjörsgelogisk prognos för tunnel i berg

Den ingenjörsgelogiska prognosen för tunnel i berg skall vara upprättad med utgångspunkt från den information som erhållits från förundersökningen. Prognosen skall vara tydligt upprättad och försedd med uppgifter om vilka antaganden och tolkningar som gjorts så att den kan kontrolleras. I den ingenjörsgelogiska prognosen skall framgå vad som är tolkad respektive faktisk information.

I den ingenjörsgelogiska prognosen för tunnel i berg skall följande vara angivet.

- a) Hänvisning till den rapport över förundersökning som prognosen grundas på.
- b) Ritnings- och kartunderlag från förundersökningen.
- c) Orienteringsbild som visar aktuellt tunnelavsnitts läge inom projektet.
- d) Tunnels/tunnelavsnittets planerade läge i horisontal- och vertikalplan.
- e) Beskrivning av jord- och bergmassa med uppgift om:
 - bergytans läge i förhållande till planerad tunnel.
 - bergarter och bergartsgränser
 - jordarter och jordartsgränser
 - struktur
 - sprickgrupper
 - sprick- och krosszoner
 - sprickfrekvens
 - sprickfyllnad med angivande av material
 - sprickråhet
 - sprickgruppers samt sprick- och krosszoners strykning och stupning
 - bergspänningsförhållanden (insituspanningar)
 - jord- och bergmekaniska hållfasthets- och deformationsegenskaper
 - jord- och bergmassans hydrauliska konduktivitet eller transmissivitet
 - bergklassificering enligt vedertaget klassificeringssystem (ex Q-metoden eller RMR)

Bilaga 3

- f) Grundvattenförhållanden med uppgifter om bl a grundvattenyta läge och variationer längs den planerade tunneln.
- g) Övriga uppgifter som påverkar det bärande huvudsystemets bärförmåga, stadga och beständighet.

I den ingenjörsgelogiska prognosen för tunnel i berg kan även följande vara angivet:

- bedömning av lämpliga utförandemetoder avseende t ex bergschaktning samt erforderliga förstärknings- och tätningsåtgärder*
- översiktliga bergmekaniska beräkningar*

För vissa projekt kan det vara rationellt att delar av informationen ovan redovisas på separat ritning.

Bilaga 4

Sammanställningsritning till tunnel

På sammanställningsritning till tunnel skall följande vara angivet.

Geografisk information

- a) Norrpil.
- b) Orienteringsbild som visar det aktuella tunnelavsnittets läge inom objektet.
- c) Namn på två orter av betydelse, som ligger längs vägen, ett på vardera sidan om tunneln samt riktningsangivelse.
- d) Fixpunkt med beskrivning, läge och höjd i tillämpat höjdsystem.
- e) Höjdsystem. Om lokalt höjdsystem används, skall dess relation till rikets höjdsystem, RH 00 eller RH 70, anges.

Vägdata

- f) Väglinjedata som bestämmer tunnelns läge i såväl horisontal- som vertikalplan.
- g) Vägbanans tvärfall och dess variation samt profillinjens lutningsförhållanden.
- h) Avvattningssystem (diken, särskilda anordningar etc).

Tunneldata

- i) Tunnelns totala längd och fria öppningar (läge, bredd och höjd). För tunnel i betong eller stål skall även teoretisk spännvidd vara angiven.

Total längd skall avse tunnelns längd i vägens riktning och skall innefatta särskilt utförda tunnelpåslag, t ex betongkonstruktion. För tunnel i berg anges inte utvändigt bredd.

- j) Total invändig tunnelbredd, uppdelad i körbanor, vägrenar, skiljeremsor, gång- och cykelbanor etc.

I uppdelningen skall ingå utrymmen för skyddsanordningar.

Typ och tjocklek av isolering och beläggning för de olika delarna skall vara angivna vid beläggning på betongkonstruktioner.

- k) Nivåer för tunnelns underyta.

För tunnel i berg anges undre gräns för teoretisk bergsektion. För annan tunnel anges nivå för bottenplattas undersida eller översida (vid berggrundläggning).

- l) Fritt utrymme (läge, bredd och höjd) ovanför tunneln, om krav föreligger beträffande farled etc.

Bilaga 4

m) Nivåer vid rörelsefogar och tunnelmynningar.

Hydrologiska data

n) Nivåer för grundvattenyta, MW, LLW, HHW samt om möjligt även MLW och MHW.

Variationer i grundvattenyta bör anges. Vid reglerade vattendrag anges högsta och lägsta dämningssgränser.

o) Vattenföring (LLQ, MLQ, MQ, MHQ, HHQ) med referens.

Med referens avses t ex utlåtande från Statens Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI, eller lantbruksnämnd.

p) Dimensionerande vattenhastighet och strömriktning i vattendrag.

Geotekniska data

q) Markprofiler, berglägen i undersökta punkter, jordartsbestämning för material i grunden, värden på de geotekniska och bergmekaniska deformations- och hållfasthetsparametrarna.

r) Ungefärlig pållängd.

s) Förstärkningsåtgärder för anslutande vägbank, t ex bankpållning, lättfyllning, materialutskiftning.

t) Slänters, erosionskydds och skyddsutfyllningars utsträckning, lutningar, nivåer, utförande och material.

Anvisningar och restriktioner

u) Utförande av fyllning mot tunnelväggar och på tunneltak.

v) Anläggningar som har betydelse för tunnelns funktion, t ex VA-anläggningar, utrymningsvägar, räddningsrum och insatsvägar.

w) Särskilda uppgifter för arbetets utförande, t ex för schaktning under vatten och länshållning.

x) Förteckning över objektets ritningar, arbetsbeskrivningar och kontrollplan för tilläggskontroll.

y) För trafikbelastade konstruktionsdelar skall beräknad trafikbelastning enligt BRO 94, 11.512 och 11.513 vara angiven

z) Hänvisning till Tunnel 99 och aktuella medgällande dokument samt teknisk beskrivning.

För att uppnå ökad överskådlighet kan det vara lämpligt att olika uppgifter grupperas och redovisas på skilda sammanställningsritningar

å) Vid användning av lager skall BRO 94, 11.21s tillämpas

Bilaga 5

Översiktsritning

På översiktsritning skall följande vara angivet.

- a) Norrpil.
- b) Orienteringsbild som visar det aktuella tunnelavsnittets läge inom objektet.
- c) Namn på två orter av betydelse, som ligger längs vägen, ett på vardera sidan om tunneln samt riktningangivelse.
- d) Fixpunkt med beskrivning, läge och höjd i tillämpat höjdsystem.
- e) Höjdsystem. Om lokalt höjdsystem används, skall dess relation till rikets höjdsystem, RH 00 eller RH 70, anges.
- f) Placering av använda konstruktionslösningar och installationssystem

Bergkonstruktioner

För stora tunnelobjekt skall avsnitt med likartade åtgärder avseende erforderliga förstärknings- och tätningsåtgärder redovisas.

Elinstallationer

Översiktsritning för elinstallationer skall dessutom innehålla funktionsbeskrivande scheman såsom översiktsscheman, blockscheman, nätscheman, stationsscheman, kretsscheman och logikskeman.

Logikskeman är avsedda för information om verkningssättet hos en utrustning, t ex scheman som visar sekvenser, sekvensvillkor och logiska operationer.

Ventilationsinstallationer

Översiktsritning för ventilationsinstallationer skall dessutom innehålla systemflödesscheman, installationsritningar (plan- och sektionsritningar) med apparatplaceringar över tunnel och fläktcentraler samt samordningsritningar.

VA- och VVS-installationer

Översiktsritning för VA- och VVS-installationer skall dessutom innehålla systemflödesscheman.

Bilaga 6

Detaljritning

.1 Ritning till betong- respektive stålkonstruktioner

- a) Nivåer vid rörelsefogar och vid tunneldmyningar.
- b) Särskilda uppgifter för arbetets utförande, t ex för schaktning under vatten och länshållning.
- c) Hänvisning till andra detaljritningar, standardritningar, arbetsbeskrivningar, spännlistor och kontrollplaner för tilläggskontroll.
- d) Sättet för konstruktionens utförande.

Anges om t ex tillverkning, överhöjning, montering, ställningsoperationer har betydelse för bärförmåga, beständighet och utseende.

- e) På ritningar som avser grundläggning med pålar skall följande vara angivet.
 - Pålarnas lastkapacitet och geotekniska bärförmåga
 - Påltyp och anvisningar för påslagning.
 - Pålplan som visar pålarnas lägen och lutningsriktningar i pålavskärningsplanet samt pålarnas numrering.
- f) Dilatationfogar (plan och sektioner) med angivande av längder, nivåer, inbyggnadshöjd och rörelsedigram samt erforderliga detaljer.
- g) Förteckning över ståldetaljer samt krav på ytbehandling (rostskyddssystem).
- h) Armeringsstångers dimension, kvalitet, antal och utsträckning samt litterering.

Stängerna visas i vy och snitt. All armering som förekommer i ett snitt skall visas i samma figur.

- i) Gjutfogs läge och utformning samt avsedd gjutordning med angivande av eventuella gjutluckor.
- j) Maximal stenstorlek i betong om storleken understiger 32 mm.
- k) Typ av formelement och erforderliga förankrings- och staganordningar i betongkonstruktion med viktreducerande ursparingar.
- l) Vid användning av spännarmering skall BRO 94, 11.222 tillämpas.
- m) Uppgifter för utsättningen (koordinater etc) skall införas.
- n) På ritningar till betongkonstruktioner skall vara angivet hur sprickrisken under härdningsförloppet skall beaktas.
- o) Rör och ursparingar för installationer m m.

Bilaga 6

- p) Vid användning av lager skall BRO 94, 11.22 tillämpas.

.2 Ritning till bergkonstruktioner

Generellt

Planritningar skall i förekommande fall innehålla:

- a) Norrpil.
- b) Orienteringsbild som visar aktuellt tunnelavsnitts läge inom objektet.
- c) Namn på två orter av betydelse, som ligger längs vägen, ett på vardera sidan om tunneln samt riktningsangivelse.
- d) Fixpunkts beskrivning, läge och höjd i tillämpat höjdsystem.
- e) Höjdsystem. Om lokalt höjdsystem används skall dess relation till rikets höjdsystem, RH 00 eller RH 70, anges.
- f) Väglinjedata som bestämmer tunnelns läge i såväl horisontal- som vertikalplan. Tunnel visas i plan samt i längdsektion med angivande av tak och botten.
- g) Tolkad information avseende jord-, berg- och grundvattenförhållanden som kan påverka arbetsutförande skall redovisas.
- h) Teckenförklaring till använda symboler (eventuellt på separat ritning).
- i) Hänvisning till Tunnel 99 och aktuella medgällande dokument, tekniska beskrivningar, arbetsbeskrivningar och kontrollprogram för tilläggskontroll.

Bergschakt

- j) Måttsett normalsektion för bergschakt

Utrymme för erforderliga förstärkningsklasser skall beaktas..

- k) Restriktioner

Restriktioner i utförande skall vara angivna i den tekniska beskrivningen.

Bergförstärkning

- l) Typ, omfattning, läge och utförande av förstärkningsåtgärder.

Exempel på typ och omfattning är selektiv och systematisk bultning med angivande av bultdimension, bulttäthet samt typ och tjocklek av sprutbetong.

Förstärkningsåtgärder skall anges i olika klasser med beskrivning av åtgärdsklasserna (eventuellt på separat ritning). Vid behov kompletteras redovisningen med erforderligt antal tvärsnitt.

Bilaga 6

Geografisk fördelning av olika förstärkningsklasser kan redovisas på översiktsritningar.

- m) Krav på tid eller tillåten deformation i bergmassan innan förstärkning skall vara utförd.

Avser område med prognostiserat svagt berg.

- n) Krav på injekteringsbruk för bergbult och infästningselement.
o) Krav på sammansättning och funktion av sprutbetong.

Bergtätning

- p) Typ, omfattning, läge och utförande av tätningsåtgärder.

Exempel på typ och omfattning är borrhometri vid förinjektering, krav på recept för injekteringsbruk, krav på kontroll etc.

Tätningsåtgärder skall anges i olika klasser med beskrivning av åtgärdsklasserna (eventuellt på separat ritning). Vid behov kompletteras redovisningen med erforderligt antal tvärsektioner

Geografisk fördelning av olika tätningsklasser kan redovisas på översiktsritning.

- q) Krav på injekteringsmedel

Övriga uppgifter

Ritning till bergkonstruktioner kompletteras i erforderlig omfattning med detaljritningar avseende bultinfästning, sprutbetongförstärkning, dräner, frostisolering etc.

.3 Övriga konstruktioner

Betongväggar för brandcellsuppdelning, t ex mot insatsväg är exempel på Övrig konstruktion i tunnel. Krav och utförande på betong- och stålkonstruktioner är i enlighet med BRO 94.

Bilaga 7

Relationshandlingar

.1 Allmänt

Relationshandlingar består i tillämpliga delar av

- förteckning över aktuella handlingar
- arbetsritningar i original (ovikta)
- arbetsbeskrivningar
- röntgenfilmer, röntgenfilmplaner och kontrollintyg
- pålningsprotokoll och pålplan (inmätning)
- betonggjutningsjournaler
- provningsintyg och kontrollresultat
- ifyllda kontrollplaner för tilläggskontroll
- mätprotokoll enligt avsnitt 1.7.5.3
- verifikat och certifikat enligt avsnitt 1.6
- protokoll från syneförrättning
- installationsspecifikationer
- instruktioner avseende drift och underhåll enligt avsnitt 1.7.1
- eventuella avvikelserapporter

För ventilationsinstallationer, VA- och VVS-anläggningar skall dessutom redovisas

- PI-diagram
- driftkort redovisande funktion och styrsekvenser.

På originalritningarna skall redovisas

- vid grundläggning på berg, höjder för bottenplattas underkant
- pålars verkliga lägen och lutningar
- typ och beteckning på spännsystem
- använd typ av tillsatsmedel i betong
- fogöppningar
- avvägningar och inmätningar enligt avsnitt 3.5.3.4
- beteckning på färgsystems ingående delar samt kulör på yttersta färgskiktet.

Bilaga 7

- vid användning av lager, spännsystem och övergångskonstruktioner skall BRO 94, avsnitt 12.2 tillämpas.
- sammansättning av injekteringsbruk med uppgift om cementfabrikat, tillsatsmedel, dosering samt $v_{ct_{ekv}}$.
- förteckning över av beställaren godtagna handlingar.

På originalexemplaret av detaljritningen för grundläggning skall verkliga pållägen och lutningar redovisas.

Uppgift om valt material skall föras in på originalritningarna om det på de godtagna ritningarna

- anges att likvärdigt material kan användas
- hänvisats till material enligt BRO 94, del 9, Förteckning.

Uppgift om vald standardritning skall föras in på originalritningarna om hänvisning endast gjorts till Vägverkets standardritningar utan att precisering gjorts till speciell ritning.

Eventuella smärre avsteg från godtagen ritning skall vara införda på originalritningarna.

.2 Karteringsritning för tunnel i berg

På karteringsritning skall följande vara angivet.

Allmänna uppgifter

- a) Norrpil.
- b) Orienteringsbild som visar aktuellt tunnelavsnitts läge inom objektet.
- c) Namn på två geografiska samhällen, som ligger längs vägen, ett på vardera sidan om tunneln.
- d) Markprofiler och bergytans lägen längs tunnelsträckningen.

Uppgifter om berget

- e) Bergarter med gränser, bergarts permeabilitet och struktur, sprickzoner med stupning och strykning samt basinformation i tillämpliga delar enligt bilaga 3, punkt e t o m punkt g. Parametrar för bestämning av samt slutligt bestämda värden på RMR och Q-index.

Särskild uppmärksamhet ägnas kartering av eventuella svaghetszoner etc.

- f) Inläckande vatten.

Bilaga 7

Uppgifter om förstärkning

- g) Bergbultars dimension, antal, längd och lägen samt uppgift om bultningen är selektiv eller systematisk.
- h) Sprutbetong och gjuten betong med uppgift om tjocklek och armering.
- i) Sammansättning av cementbruk för ingjutning av bergbult och infästningselement med uppgift om cementfabrikat, tillsatsmedel, dosering och vattencementtal.
- j) Sammansättning av sprutbetong med uppgift om cementfabrikat, delmaterial, fiberarmering, tillsatsmedel, dosering och vattencementtal.

Uppgifter om injektering

- k) För- och efterinjektering (material, tryck, volym och utförande), uppmätta inläckningsmängder med sektionsangivelse och tidpunkt.

Övriga uppgifter

- l) Teckenförklaring till använda symboler (eventuellt på separat ritning).
- m) Hänvisning till andra objektritningar, standardritningar, separata arbetsbeskrivningar, spännlista, kontrollplaner samt eventuellt kvalitetssystem.

Bilaga 8

Metoder för riskanalys

.1 Definitioner

Utöver nedanstående definitioner används i bilagan även termer definierade i avsnitt 1.3.2 och 2.2.

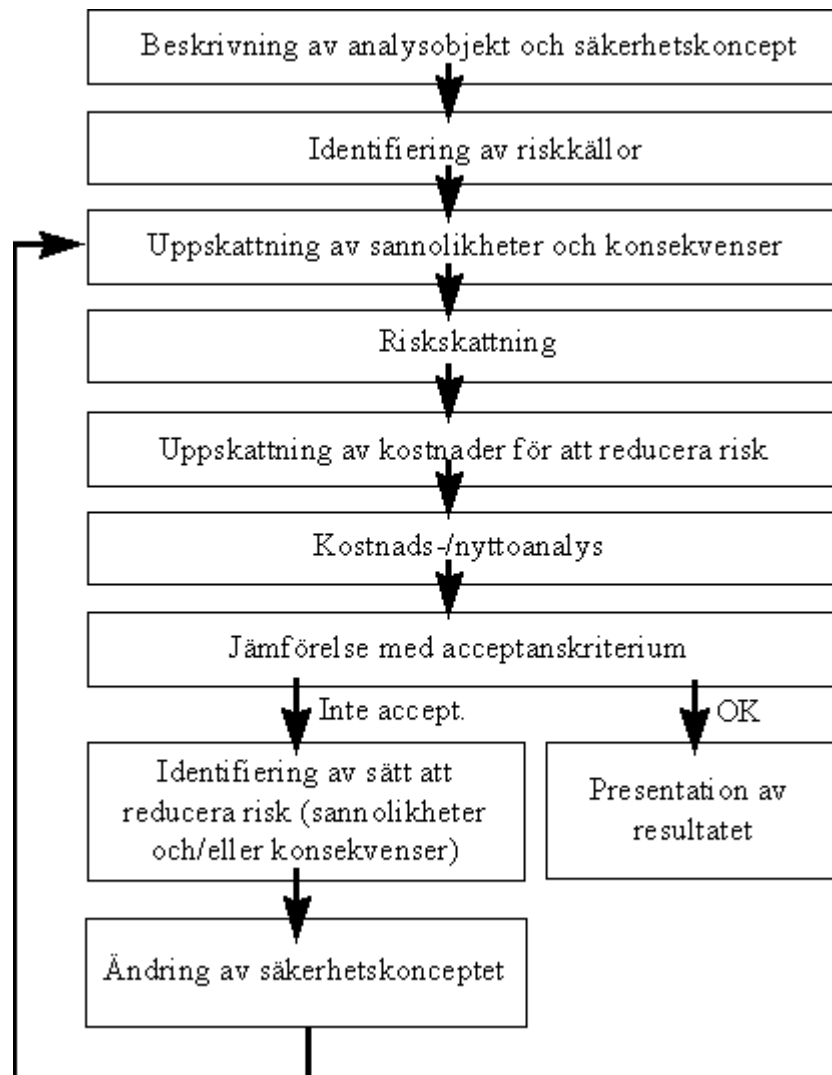
Acceptabel risk	Acceptabel risk kan för en enskild anläggning exempelvis formuleras genom jämförelser med andra anläggningar med god och accepterad standard.
Acceptanskriterium	Kriterium som baseras på normkrav, policy, föreskrifter, erfarenhet och/eller teoretisk grund som används som stöd för beslut om acceptabel risknivå. Acceptanskriterium kan uttryckas verbalt eller numeriskt.
Känslighetsanalys	Systematiskt förfarande för att beskriva och/eller beräkna inverkan på det slutliga resultatet av förändringar i ingångsvärden.
Riskmatris	Presentation av sannolikhet och konsekvens för identifierade risker. Se handboken Att skydda och rädda liv, egendom och miljö (Räddningsverket).
Riskprofil	Presentation av risken med angivelse av sannolikhet för konsekvenser i olika storleksklasser. Enskilda olycksscenarier inom den totala risken kan redovisas med sin sannolikhet och konsekvens. En mer illustrativ framställning av riskprofilen, och lämplig vid kvantitativ riskanalys, kan göras i ett dubbellogaritmiskt f-N diagram i vilket riskbilden framstår som en ackumulerad kurva, där frekvenser ackumuleras för avtagande konsekvenser. Kurvans form ger en uppfattning om riskens fördelning på stora och små konsekvenser. Ytan under kurvan anger den totala medelrisken (per år).

.2 Metoder

Arbetsgången vid en riskanalys framgår av Figur 1.

Bilaga 8

Risikanalys kan utföras enligt två metoder, kvantitativ risikanalys respektive riskrevision.



Figur 1 Arbetsgång vid risikanalys

.21 Kvantitativ risikanalys

Kvantitativ risikanalys (A) omfattar skattning av sannolikheter för att identifierade oönskade händelser inträffa samt deras konsekvenser. Metoden används när det finns statistiskt underlag från liknande objekt eller då det går att göra kvalificerade bedömningar av sannolikheter. Risken kan beräknas som produkt av sannolikheten och konsekvensen. Om möjligt bör konsekvenser uppskattas i ekonomiska termer. För personskador skall Vägverkets

Bilaga 8

schablonvärden för riskreduktion tillämpas, se EVA - Effektberäkning vid VägAnalyser: användarhandledning (Vägverket).

Risکانالys bör genomföras iterativt. Efter en första beräkning kan viktiga riskbidrag och osäkerheter i ingångsdata identifieras. Detta kan leda till att dataunderlaget måste detaljeras för att minska osäkerheten i resultatet. Med variationer i förutsättningarna vad gäller riskreducerande åtgärder eller andra utformningsdetaljer kan sedan nya riskberäkningar utföras. Resultaten jämförs med varandra och med acceptanskriteria. Kostnad-nyttjämförelser kan därefter göras om kostnaden för de riskreducerande åtgärderna beaktas. På det sättet kan alternativen rangordnas efter kostnadseffektivitet.

Känslighetsanalys bör genomföras på risکانالysens resultat för att se hur osäkerheter i ingångsdata påverkar slutresultatet. Analysen genomförs på så sätt att värdet på de osäkra parametrarna varierar och resultatets känslighet för dessa förändringar kontrolleras.

Vid granskning och utvärdering av resultaten kan det vara till hjälp att förutom den årliga medelrisken även presentera riskprofilen i ett så kallat f-N diagram som visar fördelningen av risken på olika stora konsekvenser.

.22 Riskrevision

Riskrevision (B) genomförs efter i princip samma arbetsgång som den kvantitativa risکانalysen enligt ovan men kan tillämpas när siffermaterial saknas för att möjliggöra en konsekvent och med statistiska metoder rationell skattning av risken. Analysen utförs med hjälp av checklistor, kvalitativ bedömning av sannolikhet och konsekvens. Identifiering av möjliga storskador. Förteckning av riskbegränsande åtgärder (förebyggande och avhjälpande).

Kvalitativ bedömning av sannolikheter och konsekvenser kan också genomföras med syfte att förbereda den mer arbetskrävande kvantitativa analysen. Flergradiga skalor används för bedömning av sannolikhet och konsekvens se Att skydda och rädda liv, egendom och miljö, Handbok i kommunal risکانalys inom räddningstjänsten, (Räddningsverket).

För de händelser som studeras kan risken sedan redovisas i en riskmatris. Resultatet av en genomförd risکانalys kan också redovisas i tabellform där identifierade händelser och bedömda risker kompletterats med föreslagna eller vidtagna åtgärder.

Bilaga 8

Riskanalyser kan utföras i alla skeden av ett projekts genomförande. I Tabell 1 t o m ges förslag på situationer då riskanalys kan vara till stöd för beslut. I tabellerna lämpliga metoder avser kvantitativ riskanalys (A) respektive riskrevision (B).

Tabell 1 Riskanalys i utredningsskede

Typ av risk Projekt som stoppas upp utgör en ekonomisk risk och prestigerisk		
Syften	Lämplig metod	Kommentar
Kontrollera genomförbarheten med avseende på bl a plan- och miljölagstiftning. Utredda om tunnel är bästa alternativet med hänsyn till risk jämfört med exempelvis bro/färja/befintlig väg etc Utredda om tunnelalternativet introducerar oacceptabla risker.	A, B	Analysen kan avse både utförande- och driftskedet 20 år efter anläggningens färdigställande.

Bilaga 8

Tabell 2 Riskanalys i projekteringskedde

Typ av risk Person-, egendoms- och miljörisk med en kostnad för beställaren eller samhället		
Syften	Lämplig metod	Kommentar
<p>Beslut om säkerhetsfilosofi och acceptansnivåer (ev lokal anpassning eller tolkning av generell riskpolicy). Underlag för diskussion med räddningstjänsten. Ge svar på vilken säkerhetslösning (materialval, utformning, geometri, utrustning) som ger en hög säkerhetsnivå till lägsta möjliga investeringskostnad. Värdering av räddningstjänstens insatsmöjligheter vid alternativa säkerhetstekniska lösningar. Val av typ och storlek av dimensionerande olyckslaster. Utformning och placering av säkerhetstekniska installationer. Inventering och värdering av risker i samband med utförandet, exempelvis acceptabel vibrationsnivå vid sprängning¹⁾.</p>	<p>- A, B A A, (B) A A, B A, B</p>	<p>Analysen kan avse både utförande- och driftskedet 20 år efter anläggningens färdigställande.</p>

1) : Den typ av "riskanalys" som normalt utförs i samband med sprängningsarbeten och följer riktlinjer enligt SS 460 48 66 är egentligen en bedömning av omkringliggande byggnaders känslighet kopplat till acceptabla nivåer för vibrationer vid sprängning. Denna utförs för att minska/kontrollera risken för egendomsskador för tredje man i utförandeskedet.

Bilaga 8

I avsnitt .3 redovisas ett exempel på struktur för en riskanalys avseende utförandeskedet för ett tunnelarbete.

Tabell 3 Riskanalys i utförandeskede

Typ av risk Person-, egendoms- och miljörisker inklusive tredje man i utförandeskedet med en kostnad för entreprenör eller beställare		
Syften	Lämplig metod	Kommentar
Ge underlag för entreprenörens val av förundersökningar, arbetsmetoder, material och kontroll- och skyddsåtgärder. Ge underlag för beställarens beslut och besked till entreprenören i relation till entreprenadavtalet.	A, B	Både beställaren och entreprenören kan behöva utföra riskanalys med avseende på de egna riskerna i byggprojektet. Riskerna för beställare och samhälle är beroende av hur entreprenadavtalet är utformat.

Tabell 4 Riskanalys i driftskede

Typ av risk Avbrottsrisk, risker orsakade av fallerande tekniska system		
Syften	Lämplig metod	Kommentar
Hur ofta måste anläggningsdelarna underhållas? Hur påverkas risken ifall säkerhetsfunktioner inte är i drift? Kan man tillåta trafik i tunneln ifall vissa säkerhetsfunktioner är urkopplade?	A, B	

Bilaga 8

Tabell 5 Riskanalys i avvecklingskede

Typ av risk		
Byggrisker och långsiktiga risker med anläggning som inte underhålls		
Syften	Lämplig metod	Kommentar
Hur stor är risken för skador på omgivningen, grundvatten, ovanliggande hus m m. Vilka åtgärder måste till för att förhindra olyckor.	A, B	Exempelvis arbetstunlar

.3 Exempel på struktur för en riskrevision avseende utförandeskedet för ett tunnelarbete.

.31 Önskade händelser

Tänkbara önskade händelser och olyckor för byggande av bergtunnel kan grupperas enligt Tabell 6.

Tabell 6 Gruppering av olyckor och huvudsakliga orsaker till olyckor.

Gruppering av önskade händelser	Tänkbara orsaker
I Ras, brott	Felaktig/olämplig konstruktion eller metod
II Vibrationsskador	Vibrationer
III Sättningar, skador på vegetationen	Grundvattenförändringar
IV Vattengenombrott i tunnel	Tunnel når vattenförande sprickzon Vattengenombrott från VA-tunnel
V Brand	Brand i arbetsfordon
VI Olyckor inom arbetsområdet samt på ytgatunätet utanför tunneln	Byggtransportolycka
VII Sabotage	Protestaktioner

Inom varje grupp görs en förfinad uppdelning på arbetsdel, arbetsmoment, objekt etc efter vad som bedöms riktigt, och till lämplig detaljeringsnivå, samt

Bilaga 8

med hänsyn till de åtgärder som man överväger att vidta för att begränsa risken.

.32 Sannolikheter

Sannolikheter för önskade händelser måste bedömas med hänsyn till det analyserade objektet. Ett exempel på lämplig gradering av sannolikhet framgår av Tabell 7.

Tabell 7 Sannolikheter för önskade händelser

Sannolikhet	Beteckning	Sannolikhet för inträffande, p
Liten	3	10^{-3}
Mycket liten	2	10^{-5}
Extremt liten (osannolik)	1	10^{-6}

.33 Konsekvenser

Konsekvenser som kan följa av de önskade händelserna tillhör tre typer:

Tabell 8 Typer av konsekvenser

Typ av konsekvenser	Beskrivning
E egendomsskada, ekonomisk konsekvens	Omfattar skada på konstruktioner och installationer som fordrar reparation och därmed innebär ekonomisk förlust, exempelvis skador på konstruktionsdelar och installationer i tunneln på grund av brand.
P personskada, kan omfatta byggpersonal och tredje man	Omfattar både sårade och omkomna.
M miljöskada	Omfattar skador på natur, grundvatten eller miljöfarlig påverkan.

Bilaga 8

För varje typ av konsekvens skattas olyckans omfattning enligt Tabell 9.

Tabell 9 Beskrivning av konsekvensklasser

Om- fattning	Beteck- ning	E	P	M
Lindrig	1	< 100 000 kr	Enstaka lindrigt skadade	Liten utbredning, kan återställas utan större problem
Stor	2	100 000- 1 miljon kr	Flera lindrigt eller enstaka allvarligt skadade	Stor utbredning, kan återställas
Mycket stor	3	> 1 miljon kr	Dödsfall	Stor utbredning, kan återställas med stora insatser

I Tabell 10 redovisas exempel på hur resultatet av en genomförd riskanalys kan presenteras. Tabellen visar dels vilka risker, händelser, som identifierats, dels den sannolikhet och konsekvens som skattats för varje identifierad händelse.

Tabell 10 Exempel på en sammanställning av identifierade risker

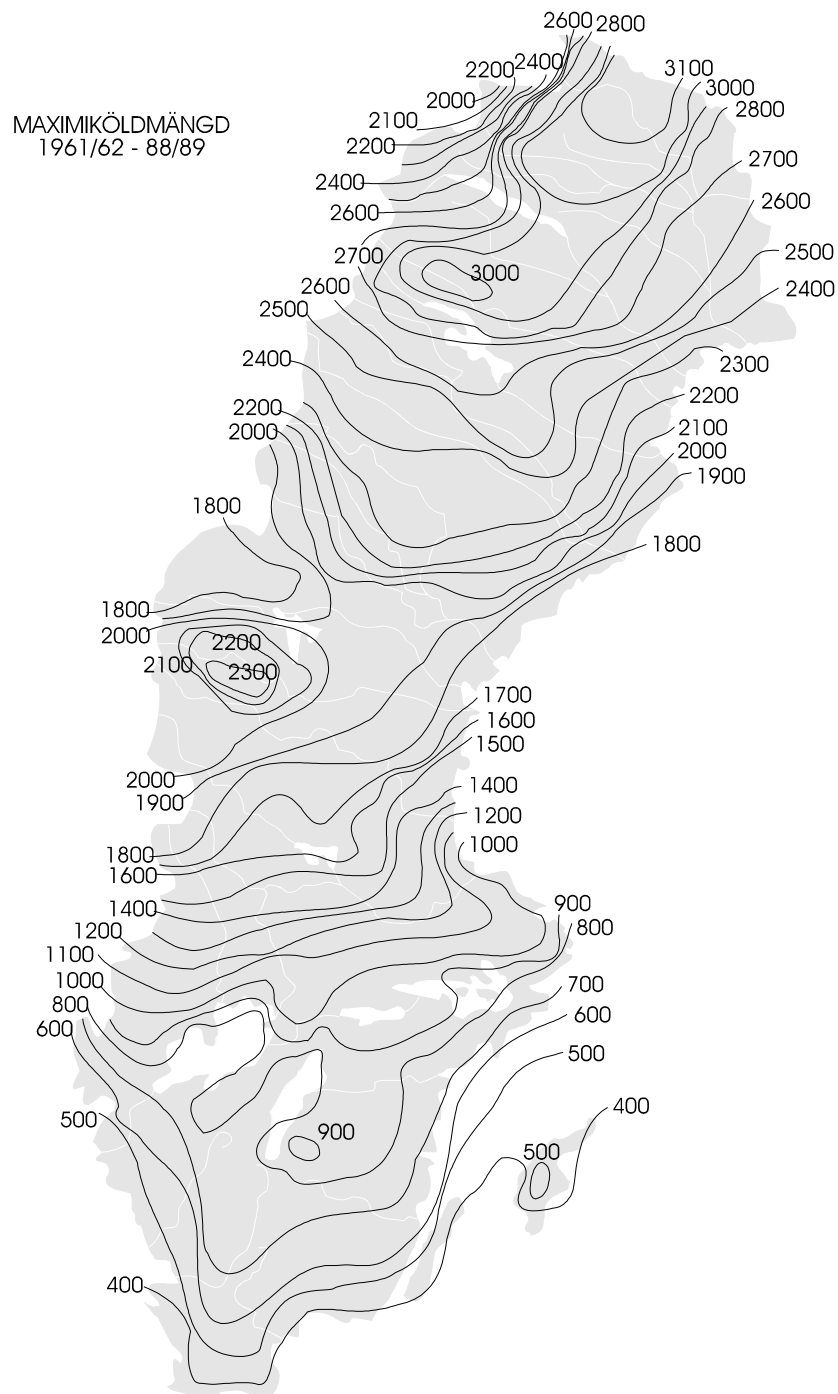
Olyckor - grupp I	Sannolikhet	Konsekvensklass		
		E	P	M
Ras i jord:				
1.1 Påfartstunnel	3	2	2	1
1.2 Schakt	1	1	1	-
etc				

Ytterligare kolumner kan läggas till för redovisning av de åtgärder som planeras för att begränsa de identifierade riskerna, ansvarsfördelning m m.

Bilaga 9

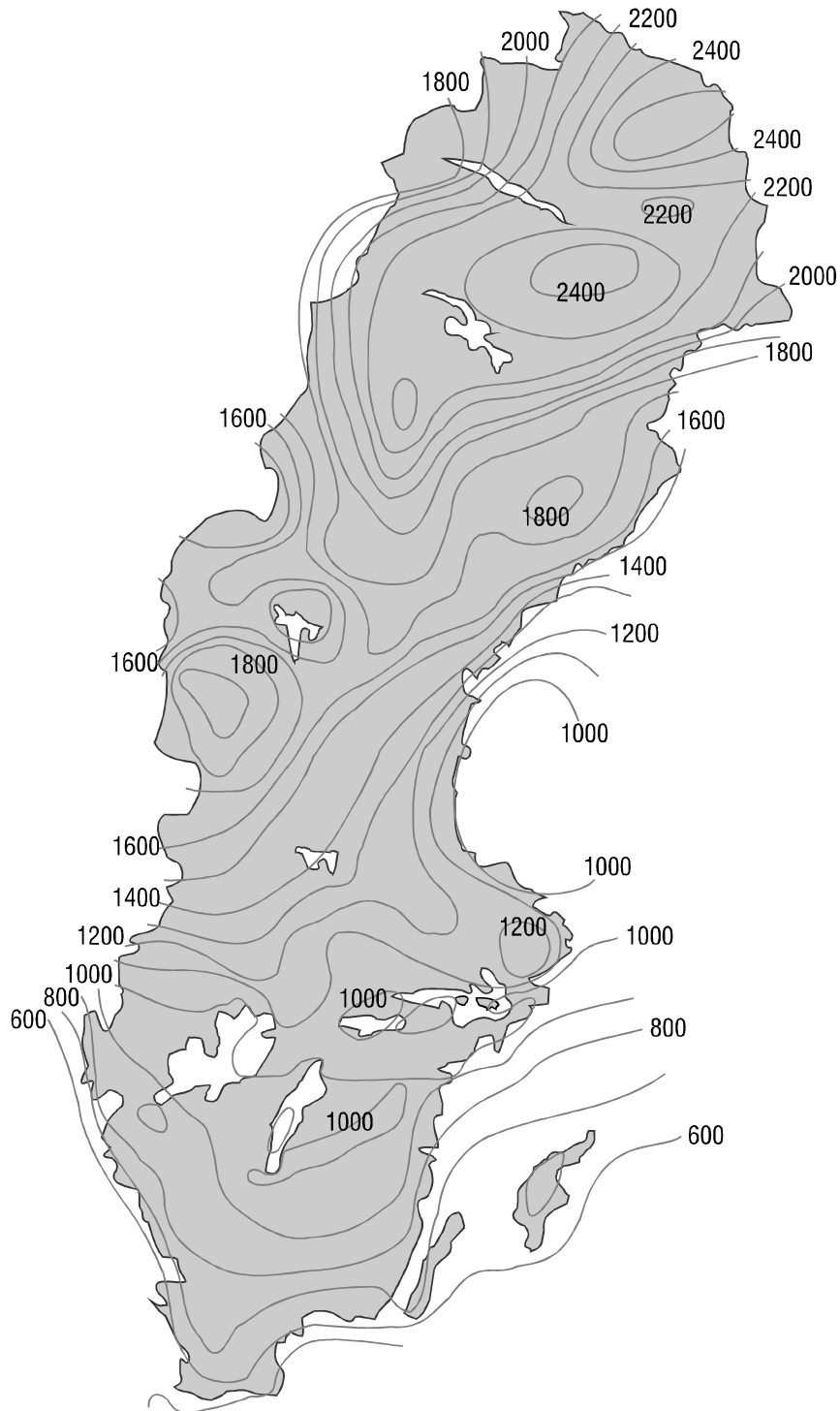
Maximiköldmängd

Det största värdet som erhålls ur nedanstående två kartor skall tillämpas.



Maximiköldmängd 1961/62 - 88/89 (negativa dygnsgrader)

Bilaga 9



Köldmängd 1941/42 (negativa dygnsgrader)