1 HENSIKT OG OMFANG 3
2 NORMALPROFIL OG TEORETISK SPRENGNINGSPROFIL 4
2.1 Normalprofil 4
2.2 Teoretisk sprengningsprofil 4
3 FORUNDERSØKELSER 6
3.1 Ingeniørgeologiske forundersøkelser 6
4 KRAV TIL OMGIVELSENE 7
4.1 Funksjonskrav 7
4.2 Måleprogram, registreringer 7
4.3 Utslipp 7
5 TUNNELDRIFT 8
5.1 Drivemetode 8
5.2 Driftskrav 8
5.3 Forskjæring og påhugg 8
6 STABILITETSSIKRING 10
6.1 Rensk 10
6.2 Bolting 10
6.2.1 Dimensjonering 11
6.2.2 Korrosjonsbeskyttelse og kontroll 11
6.3 Fjellbånd og nett 11
6.4 Sprøytebetong 11
6.4.1 Materialkrav 12
6.4.2 Nettarmert sprøytebetong 12
6.4.3 Etterbehandling 12
6.5 Full utstøping 13
6.6 Injeksjon 13
7 VANN- OG FROSTSIKRING VED AVSKJERMING 14
7.1 Funksjonskrav til vann- og frostsikring 14
7.2 Konstruksjonstyper 14
7.3 Dimensjonering av frostisolasjon 14
7.3.1 Generelt 14
7.4 Tilleggskrav 14
7.4.1 Beskyttelsesjording 14
7.4.2 Forholdet til stabilitetssikring 15
7.4.3 Tetting og seksjonering 15
7.4.4 Metode for vanntetting 15
7.4.5 Valg av membran 15
7.4.6 Bolter og festedetaljer 15
7.4.7 Hvelv av betongelementer 16
7.4.8 Hvelv av armert sprøytebetong 16
7.5 Frostreduserende løsninger 17
7.6 Ventilasjon i driftsfasen 17
7.7 Utførelse 17
8 SPESIELLE DIMENSJONERINGSREGLER 18
8.1 Konstruksjoner for vann- og frostsikring 18
8.1.1 Generelt 18
8.1.2 Dimensjonerende lastvirkning 18
8.1.3 Nyttelast 19
8.1.4 Ulykke 20
8.2 Tekniske installasjoner, vindlast på frittstående utstyr 20
8.2.1 Generelt 20
8.2.2 Lufthastighet i tunnelens lengderetning 21
8.2.3 Lufthastighet i tunnelens tverretning 22

8.3 Avgrensende/lukkede konstruksjoner 23
8.3.1 Generelt 23
8.3.2 Forenklet framgangsmåte 23
9 UNDERBYGNING I TUNNEL 24
9.1 Rensk og frostsikring av tunnelsåle 24
9.1.1 Frostsonen 24
9.1.2 Frostfri del 24
9.2 Oppbygging opp til formasjonsplan (FP) 24
9.3 Drenering 24
10 KRAV TIL SIKKERHETSTILTAK 25
10.1 Klassifisering av tunneler 25
10.2 Minimumstiltak 26
10.2.1 Avsporingsindikatorer 26
10.2.2 Rømningsveier 26
10.2.3 Atkomstvei til tunnelåpninger 27
10.2.4 Brannslokkingsapparater i utstyrsrom 27
10.2.5 Gangbaner 27
10.2.6 Nødlys 28
10.2.7 Anvisningsskilt 28
10.2.8 Nødkommunikasjon 28
10.2.9 Jordingsstenger i åpningene 29
10.2.10 Strømuttak 29
10.2.11 Brannbeskyttelse av konstruksjoner 30
10.3 Aktuelle supplerende tiltak 31
10.3.1 Ventilasjonsanlegg 31
10.3.2 Utvidelse av tverrsnitt for å gi plass til motoriserte kjøretøy 31
10.3.3 Landingsplass for helikopter 31
10.3.4 Ledeskinner 31
10.3.5 Skinnegående transportmiddel for evakuering 32
10.3.6 Høybrekk 32

1 HENSIKT OG OMFANG

Dette kapitlet omhandler spesielle regler for prosjektering og bygging av nye jernbanetunneler for hastighet V ≤ 250 km/t. Reglene skal i utgangspunktet også benyttes ved oppgradering av eksisterende tunneler, men her må det i tillegg tas spesielle tekniske/økonomiske hensyn.

For en del spesifikke detaljer og tekniske løsninger er det valgt å henvise til allmenne publikasjoner og standarder.

Det er i hovedsak beskrevet forhold som gjelder konvensjonell tunneldrift i fjell.

I tillegg omfatter regelverket tiltak for sikkerhet i jernbanetunneler. Kravene er minimumskrav, og spesielle forhold kan gjøre at supplerende tiltak er nødvendig. Slike forhold kan f.eks. være stasjonsområder inne i tunnelen, lavbrekk eller når store mengder farlig gods vanligvis vil bli fraktet gjennom tunnelen.

Vurderingen av tiltak for sikkerhet i jernbanetunneler skal starte i hovedplanfasen.

Alle mål som gis er fra skinnetopp for laveste skinne dersom annet ikke er angitt.

2 NORMALPROFIL OG TEORETISK SPRENGNINGSPROFIL

Ved prosjektering av nye tunneler skal profiler angitt i kapittel 5 legges til grunn.

2.1 Normalprofil

Tunnelens normalprofil er det profil som skal holdes fritt for faste gjenstander unntatt spor, signal og kontaktledningsanlegg. I tillegg skal normalprofilet ha tilstrekkelig tverrsnitt til å ivareta gitte komfort- og sikkerhetskrav. Normalprofilet regnes fra skinnetopp laveste skinne, jf. figur 12.2 og kapittel 5.

2.2 Teoretisk sprengningsprofil

Teoretisk sprengningsprofil av tunnel er det profil som angir begrensningene for sprengning av tunnelen, jf. figur 12.2.

Mellom omgrensningen for teoretisk sprengningsprofil og normalprofil skal det være avsatt plass for stabilitetssikring inkludert vann- og frostsikring. Denne avstanden vurderes i hvert enkelt tilfelle, men ligger normalt i området 250 - 500 mm.

I sålen bestemmes teoretisk sprengningsprofil av overbygningstykkelse, valgt underbygning og krav til tverrfall på tunnelsålen, samt ev. dypsprengning. Krav til underbygning i tunnel er gitt i avsnitt 9. Krav til overbygning er gitt i [JD 530].

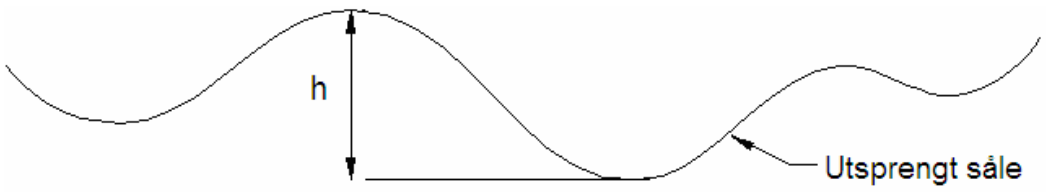
Den råsprengte sålen skal ha et tverrfall på minst 5 % mot hovedgrøft.

Det skal vurderes om grøfteprofilet skal inngå som en del av teoretisk sprengningsprofil, eller betraktes som egen operasjon.

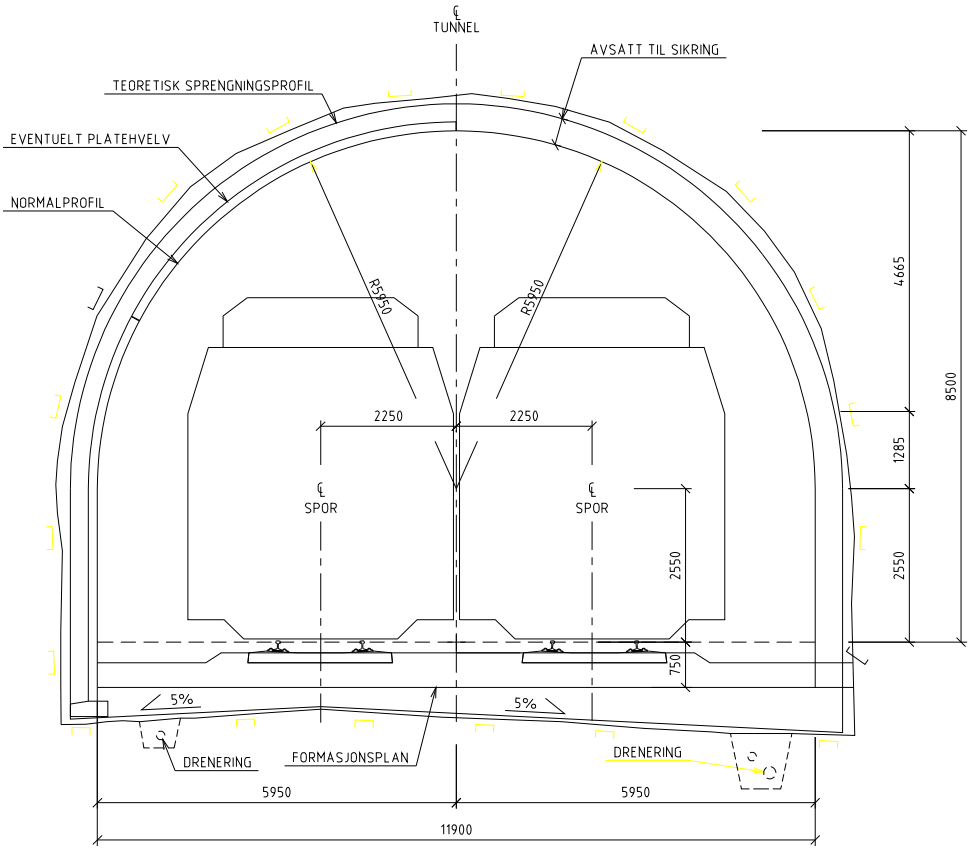
Vertikal høydeforskjell mellom laveste og høyeste utsprengte punkt på tunnelsålen skal ikke overstiger høyden h, der h for hastighet V er gitt ved :

For V ≤ 160 km/t h ≤ 0,5 m
For 160 km/ t < V ≤ 250 km/t h ≤ 0,25 m

For å redusere høyden h skal det vurderes tiltak som at fjellknølene sprenges/pigges bort, og/eller at gropene støpes igjen. Se figur 12.1.



Figur 12.1 *Høydeforskjell mellom laveste og høyeste punkt på tunnelsålen*



Figur 12.2 *Sammenheng mellom normalprofil og teoretisk sprengningsprofil. Eksempel fra dobbeltsporet tunnel (V = 200 km/t).*

3 FORUNDERSØKELSER

3.1 Ingeniørgeologiske forundersøkelser

Ved prosjektering av jernbanetunneler er det nødvendig å utføre ingeniørgeologiske forundersøkelser langs en korridor i det aktuelle området. Omfanget av undersøkelsene skal tilpasses tunnelens kompleksitet og gi tilstrekkelig grunnlag for den type beslutning som skal fattes. Det bør foretas en nytte-/kostnadsvurdering av undersøkelsesomfanget.

Hensikten med ingeniørgeologiske undersøkelser er å framskaffe tilstrekkelige geologiske kunnskaper om aktuelt område, som et beslutningsgrunnlag for trasévalg. Aktuelle problemstillinger og beslutninger skal defineres tidligst mulig i planprosessen.

Omfanget av ingeniørgeologiske undersøkelser i de forskjellige planfaser skal bestemmes av prosjektets problemstillinger og hvilket beslutningsgrunnlag det er behov for.

Et eksempel på omfang av ingeniørgeologiske undersøkelser som bør inngå i de forskjellige plannivåer er gitt i Statens vegvesens Håndbok 021 Vegtunneler.

Den største verdiskapningen ved ingeniørgeologiske undersøkelser oppnås normalt når resultatene foreligger på utredningsnivå. Hovedvekten av kartlegging og vurderinger bør legges på tunge og kostnadskrevende elementer (områder med liten overdekning, markerte svakhetssoner, områder med spesielle krav til tetthet, påhugg mv.), samt gjennomførbarhetskriterier.

4 KRAV TIL OMGIVELSENE

4.1 Funksjonskrav

Det skal stilles krav som sikrer at forholdet til omgivelsene er ivaretatt. Normalt vil dette gjelde:

- støy fra boring, sprengning, pigging, massetransport, ventilasjonsanlegg mv.
- rystelser fra sprengning
- setninger som følge av grunnvannssenkning
- utdrenering av brønner
- utslipp fra anlegget (drensvann, luft fra tunnelventilasjon, støv m.v.)

Tunnelen skal prosjekteres og bygges slik at fastsatte krav ivaretas.

4.2 Måleprogram, registreringer

Tunnelarbeidet skal utføres slik at nærliggende bebyggelse ikke påføres uakseptable skader. Det må i den forbindelse foretas en risikovurdering av hvilke skader som kan oppstå. Ut fra en kartlegging av forholdene skal følgende tiltak vurderes og organiseres:

- Omfang og behov for bygningsbesiktigelse og registrering. Utføres normalt så nær opp til sprengningstidspunktet som praktisk mulig.
- Program for rystelsesmålinger.
- Behov for setningsbolter for senere kontrollmålinger.
- Behov for poretrykksmålere. Erfaring har vist at lekkasjer til tunnel vanskelig lar seg måle som lekkasjer i selve tunnelen. Det er kun tunnelens innflytelse på omgivelsene som kan måles. Det må derfor etableres målepunkter i form av poretrykksmålere langs traseen. Nivå for plassering av målere vurderes i hvert enkelt tilfelle. Poretrykksmålerne bør settes ned så tidlig som mulig for å få best mulig bilde av lokale variasjoner før tunneldrivingen påvirker forholdene.
- Behov for vanninfiltrasjon i byggetida.

I tillegg skal det vurderes om det er spesielle forhold som krever registrering/kontrollmåling.

Basert på vurderingene skal det utarbeides et måleprogram. Målingene inngår i den løpende vurdering av salveoppdeling, injeksjonsomfang m.v. Målingene skal også gi sikker dokumentasjon av reelle skader i forbindelse med ev. erstatningssaker. I tillegg skal målingene sikre at anlegget ikke belastes med påståtte skader som ikke har sammenheng med arbeidene.

Maksimalt rystelsesnivå skal fastsettes ut fra opplysninger om type bygning, byggemateriale og fundamenteringsforhold for bygninger eller konstruksjoner i sonen som berøres av sprengningsarbeidet, samt erfaringer fra tidligere sprengningsarbeider ved tilsvarende forhold.

4.3 Utslipp

Det skal søkes om utslipp av drensvann for midlertidig og permanent situasjon.

5 TUNNELDRIFT

5.1 Drivemetode

Avsnittet omfatter konvensjonell drift.

Driving med fullprofilboring kan i spesielle tilfeller være alternativ til konvensjonell drift. Ved vurdering av drivemetode skal det tas hensyn til følgende faktorer:

- tverrsnittsforhold og geometri
- stufflengde
- trasévalg og omgivelser
- tidsforbruk
- totale kostnader
- spesielle forhold som følge av endret tverrsnitt og geometri (trykk-/sugkrefter, komfortkrav, energiforbruk for togmateriell, beredskapsplaner m.v.)

5.2 Driftskrav

Tunneldrivingen planlegges ut fra foreliggende data og gitte restriksjoner.

Ved konvensjonell drift skal:

- Det settes toleransekrav ved sprengning av konturen. Normalt gjelder at ansett kan plasseres inntil 200 mm utenfor teoretisk sprengningsprofil. Ansett og retningsavvik skal samlet ikke gi større avvik fra teoretisk sprengningsprofil enn +500/-0 mm. Kravene gjelder uavhengig av valgt salvelengde.
- Det sprenges med redusert ladning og tettere borhullsmønster i konturen.
- det før sprengningsarbeider tar til, utarbeides sprengningsplan inneholdende alle data som er nødvendig for å bedømme salvens virkninger på omliggende fjell og de nærmeste omgivelser. Sprengningsplanen skal vise borehullsplassering, ladning pr. hull, spesifikk ladning og tenningsrekkefølge.

5.3 Forskjæring og påhugg

Under planlegging av forskjæring og påhugg skal følgende forhold vurderes:

- hensyn til omgivelsene, estetiske forhold
- eventuell rasfare i det aktuelle området
- snøforhold
- overflatevann, berørte bekker o.l.
- portallengde
- kostnader

Ved detaljutforming av forskjæring og påhugg skal det tas spesielle hensyn til topografiske forhold og eventuelle svakhetsplan i bergarten, knusningssoner o.l. som vil få konsekvenser for drivingen.

Sprengning bør legges opp slik at en unngår underkutting av potensielle glideplan og dermed får ustabile skjæringer.

På grunn av liten overdekning og ofte dårligere fjellkvalitet ved påhuggene (dagfjell), skal de første salvene drives med redusert salvelengde inntil stabilt påhugg er etablert. Alternativt kan det først drives en mindre pilotstoll eller et delsnitt av profilet med etterfølgende utstrossing til fullt profil.

Det bør vurderes om en forskyvning av påhugget vil gi driveteknisk gunstigere forhold.

Utforming av portaler ved tunnelpåhuggene skal være slik at portalen får en god terrengtilpasning. For å oppnå et vellykket resultat, kan det være aktuelt å tilpasse terrenget rundt portalen.

Nødvendig bredde til forskjæring vurderes ut fra snø- og isforhold, samt andre driftsmessige hensyn.

6 STABILITETSSIKRING

Ved valg av sikringsmetode skal følgende vektlegges:

- fjellets egenskaper
- lekkasjeforhold, frostmengde
- metode for vann- og frostsikring
- trafikkmengde og toghastighet
- krav til vedlikehold

All sikring skal om mulig utføres slik at den kan inngå i den permanente sikringen.

6.1 Rensk

Rensk skal om mulig utføres før annen fjellsikring installeres, og skal gjennomføres for å hindre nedfall av stein eller løse blokker.

Driftsrensk omfatter all rensk som utføres som en del av tunneldriften. Driftsrensk omfatter den rensk som skal utføres etter at hver salve er sprengt. I tillegg til rensk av utsprengt fjellflate, kontrolleres og etterrenskes bakenforliggende salvestrekninger. Spesielt gjelder dette inntil 3 - 5 salver bak stuff.

Partier med bomt fjell skal merkes for bolting eller eventuell annen sikring.

Det skal spesielt påses at stuffen renskes godt for å unngå at stein og blokker løsner og faller ned, særlig under ansett.

Der det er avskalling som følge av bergtrykk utføres begrenset rensk, og fjellet sikres snarest mulig med endeforankrede bolter, fjellbånd, nett og/eller sprøytebetong.

Rensken skal som hovedregel utføres som manuell rensk. Mekanisk rensk eller rensk med høytrykksspyling kan benyttes der det er egnet ut fra en vurdering av fjellforholdene. Dette gjelder særlig ved grovblokket fjell. Mekanisk rensk og spylerensk skal alltid avsluttes med manuell rensk.

Etter at all sprengning er utført skal vegger og tak renskes grundig. For å avdekke svakheter i fjellet kan konturen spyles før sluttrensk. Sluttrensken kan utføres seksjonsvis etter hvert som tunnelen ferdigstilles.

6.2 Bolting

Bolting utføres for å feste løse blokker eller lag i fjellkonturen.

Boltesikringen suppleres med sprøytebetong på de partier der bolter og rensk ikke gir tilfredsstillende sikkerhet. Dette gjelder ved småfallent, oppsprukket eller blokkig fjell som er lite vannførende.

Ved etablering av påhugg og ved driving i svakhetssoner er det aktuelt å benytte forbolting for å bedre stabiliteten.

6.2.1 Dimensjonering

Boltetype, lengde, antall, retning og plassering skal være slik at boltingen stabiliserer det berget som skal sikres.
Etter virkemåte skilles det mellom forspente bolter (aktive), innstøpte bolter (passive) og friksjonsbolter. I tillegg fins det kombinasjonsbolter som er både innstøpt og forspent.

For beskrivelse av boltetyper henvises til Statens vegvesens Håndbok 215 Fjellbolting.

6.2.2 Korrosjonsbeskyttelse og kontroll

Bolter med diameter 20 mm og større, skal minst korrosjonsbeskyttes ved varmforsinking som følger:

- midlere tykkelse 70 μm
- minste lokale tykkelse 65 μm

Underlagsplater, halvkuler og muttere skal ha samme korrosjonsbeskyttelse som boltene.

Det skal utarbeides prosedyrer for kontroll av bolter. Kontrollomfanget kan bestemmes etter Norsk Standard for stikkprøvekontroll, NS-ISO-2859 ”Prosedyre for prøvetaking for attributtkontroll”.

I forbindelse med kontroll skal nødvendig ettertrekking av plate og mutter, og etterstramming av forspente bolter utføres.

6.3 Fjellbånd og nett

Fjellbånd benyttes lokalt i kombinasjon med bolter i grovblokket fjell, og som supplement til sprøytebetong i spesielt svake partier. Fjellbånd skal være varmforsinket.

Ved mindre partier med høy sprekktetthet eller oppknuste svakhetssoner kan nett brukes for å hindre nedfall av mindre stein mellom boltene. I dårlig fjell bør avstanden mellom boltene ikke være for stor, slik at dannelse av store lommer i nettet unngås.

6.4 Sprøytebetong

Ved forsterkning av fjell med sprøytebetong mellom fjell og betong skal det kontrolleres at fjellet er tilstrekkelig rengjort før sprøyting.

Sprøytebetongen skal påføres når flatene er drypptørre, dvs. fuktige. Om nødvendig skal avfettingsmiddel brukes. Ved bruk av avfettingsmiddel må det sikres tilstrekkelig reaksjonstid før vasking starter. Avfetting er spesielt aktuelt hvis det har gått lang tid fra sprengning til sikring utføres.

Hvis sprøyting er nødvendig som umiddelbar sikring skal det utføres etterfølgende bolting. Hvis nødvendig kartlegging av fjelloverflaten ikke er utført før sprøyting, skal etterfølgende bolting utføres som systematisk bolting. Behov for full utstøping skal vurderes fortløpende.

I områder med leirslepper, i sprakefjell og der sprøytebetong benyttes som alternativ til full utstøping, skal sprøytebetongen normalt armeres med nettarmering eller fiber.

Ved dimensjonering skal følgende bestemmes:

- materialkvalitet
- behov for fiber eller armering, type og mengde
- omfang og tykkelse
- metode for sikring av herdebetingelser
- krav til minimumstykkelse

Normalt skal det ikke benyttes mindre tykkelse enn 60 mm.

Sprøyting skal ikke foretas på flater med lavere temperatur enn + 2 °C. Sprøytebetong skal beskyttes mot frost inntil en min. fasthet på 5 MPa er oppnådd.

Ved armering av sprøytebetongen skal det vurderes konsekvenser mht.:

- induserte spenninger
- elektriske kretser for signalsystemer
- berøringsfare

6.4.1 Materialkrav

Ved valg av materialsammensetning og utførelse skal det benyttes en materialsammensetning som er tilpasset bruksområdet, og som sikrer god innstøping av armering og festedetaljer. Det skal også vektlegges at materialsammensetningen gir redusert svinn.

Delmaterialene i sprøytebetongen skal tilfredsstille Norsk Standard. Betongkvaliteten skal tilsvare minst C40 ferdig på tunnelvegg. Sprøytebetongen skal tilfredsstille miljøklasse MA iht. NS 3420. Bøyestrekkfastheten skal være minst 4,4 MPa. Dokumentasjon av oppnådd fasthetsklasse skal skje i henhold til NS 3420.

Når det benyttes fiberarmert sprøytebetong, skal fibertilsetningen minst være som angitt i Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 7 ” Sprøytebetong til bergsikring”.

Det skal settes krav til seighetsindeks og seighetsklasser når det har betydning for dimensjoneringen.

6.4.2 Nettarmert sprøytebetong

Toleransekrav for tykkelse etter sprøyting skal være bestemt i hvert enkelt tilfelle, men skal min. tilfredsstille miljøklasse NA (NS 3473).

Ved skjøting av armeringsnett, innstøpte ståldeler m.v. kan det være nødvendig å øke tykkelsen lokalt for å ivareta krav til overdekning.

6.4.3 Etterbehandling

Sprøytede flater skal holdes fuktige i minst 1 uke etter påsprøyting. Alternativt kan min. 0,5 l/m^2 membranherder brukes dersom denne påføres umiddelbart etter påsprøyting.

6.5 Full utstøping

Utstøping benyttes som sikring ved større ustabile partier og ved soner med svelleleire.

Utstøping utføres på og bak stuff og benyttes som permanent sikring ved større ustabile partier og ved soner med svelleire.

Normalt benyttes uarmert betong med minstetykkelse 300 mm og kvalitet C45. Behov for armering og forankring samt utstøping av såle, skal kontrolleres i hvert enkelt tilfelle.
Armering/forankring kan være nødvendig ved f.eks. sidetrykk eller ved flate partier i hengen. I spesielle tilfeller vil også utstøping av tunnelsålen være nødvendig.

Utstøping skal føres ned til rensket såle. Det kan være nødvendig med egen fundamentstøp.

Uarmert betongutstøping i tunnel vil normalt ikke fungere som vannsikring på grunn av sprekker og riss.

Utstøping på stuff skal utføres slik at det er plass til eventuell membranisolering og ny permanent støp eller å føre vann- og frostsikringen forbi utstøpingen. Ved denne metoden vil det normalt ikke være nødvendig med injeksjon av fjell eller betong.

For utstøping bak stuff skal utstøpingen normalt følge normalprofilet. Vannsikringen ivaretas da ved at det før utstøping legges inn drenerende plater eller membran mellom fjell- og betong for å unngå lekkasjer gjennom støpeskjøter og riss. Slik drenering kan legges over hele flaten eller som felt eller striper.

6.6 Injeksjon

Injeksjon utføres normalt som forinjeksjon. Etterinjeksjon benyttes kun unntaksvis. Forinjeksjon benyttes ved følgende forhold:

- Der det settes krav til maksimale vannlekkasjer for å hindre skader på bebyggelse og omgivelser som følge av en grunnvannssenkning.
- Der vannlekkasjen inn i tunnel er så stor at den vil skape problemer både i anleggsfasen og i driftsfasen.
- Stabilisering av partier med dårlig fjell.

Før injeksjonsarbeidene starter, skal det foretas en vurdering av bergartens oppsprekking, vannføring og strømretning i fjellet rundt tunnelen. På dette grunnlag settes det opp en plan for injeksjonsarbeidene.

7 VANN- OG FROSTSIKRING VED AVSKJERMING

7.1 Funksjonskrav til vann- og frostsikring

Lekkasjevannet skal føres frostfritt ned i dreneringssystemet

I frostsonen skal tunnelen ha en isolert kledning som hindrer vanndrypp og isdannelse.

I frostfri del skal det være en vannavskjerming som sikrer at det unngås vanndrypp. Vannavskjermingen skal gå over hele tunnelens lengdeprofil og tverrprofil over sålen.

For dimensjonering og valg av materialer for vann- og frostsikring skal det tas utgangspunkt i en levetid på 50 år.

7.2 Konstruksjonstyper

Valg av metode for vann- og frostsikring bestemmes ut fra tunnellengde, tunnelstandard, togtetthet, frostmengde og krav til økonomi/vedlikehold.

Følgende konstruksjonstyper er aktuelle:

- hvelv av betongelementer
- hvelv av armert sprøytebetong
- godkjente vann- og frostsikringskonstruksjoner

7.3 Dimensjonering av frostisolasjon

7.3.1 Generelt

Frostisolasjonen dimensjoneres i henhold til frostmengden på stedet. Ved fastsettelse av dimensjoneringskriterier er frostmengden F_{100} (h°C) lagt til grunn. F_{100} defineres som den frostmengde som statistisk sett overskrides en gang i 100-års perioden. Kart over frostmengder finnes i kapittel 9.

Frostmengden innover i tunnelen skal vurderes i hvert enkelt tilfelle.

I tilfeller hvor det kan dokumenteres lavere frostmengde innover i tunnelen, kan frostmengden i tunnelen legges til grunn for en avtrapping av isolasjonstykkelser, F_{100T} (h°C).

Lokale forhold kan gi større frostmengde enn F_{100} angitt i kapittel 9. Dimensjonerende frostmengde bør da fortrinnsvis baseres på lokale målinger.

7.4 Tilleggskrav

7.4.1 Beskyttelsesjording

I hvert enkelt tilfelle skal det vurderes om det er nødvendig med spesielle tiltak for å ivareta krav til jording, f.eks. ved seksjonering. Jf. kap.6 [JD 510].

7.4.2 Forholdet til stabilitetssikring

For de deler av tunnelen som gis en full innkledning, gjelder at stabilitetssikring må legges på et slikt nivå at senere inspeksjon og rensk er unødvendig.

Nivået må også ses i sammenheng med konstruksjonens styrke.

7.4.3 Tetting og seksjonering

Konstruksjonene skal hindre vannlekkasje inn i tunnelen.

I tillegg skal konstruksjonene være dimensjonert for de store trykk- og sugkrefter som oppstår ved togpassering.

Konstruksjonene bør utføres med inspeksjonsluker. Normalt plasseres lukene vekselvis på hver side av tunnelen.

7.4.4 Metode for vanntetting

For hvelv av betongelementer skal det generelt benyttes en heldekkende membran med sveiste skjøter. Som membran skal det benyttes en uarmert eller armert PVC-membran, iht. Statens vegvesens Håndbok -163 “Vann- og frostsikring i tunneler”.

For godkjente vann- og frostsikringsmatter er det ikke krav om membran.

Hvis konstruksjonen er bygget opp med en egen ytterkledning (mot fjell) som gir tilsvarende tetthet som en membran, gjelder ikke kravet om en heldekkende membran.

7.4.5 Valg av membran

Valg av membran bestemmes av bruksmåte og praktiske funksjonskrav. Faktorer av betydning vil være montasjemåte, vekt, krav til styrke, behov for tilpasninger, detaljer og kontrollhensyn. Uarmerte og armerte membraner kan kreve forskjellige tekniske løsninger ved detaljer som gjennomføringer, tilpasninger m.v.

Skjøting av membranen skal utføres med varmsveising. All skjøting på anlegget skal utføres med dobbel sveis. Inntekking av detaljer kan utføres med enkel sveis. Tetthetskontroll av dobbel sveis skal utføres med trykkluftprøving.

For sveiser utført av leverandør på fabrikk aksepteres overlappsveis forutsatt at styrke og tetthet kan dokumenteres. Minste effektive bredde for overlappsveis skal være 30 mm.

Sveiset PVC-membran skal ved strekkprøving ikke ryke i sveisen men ved side av. Det skal ikke oppstå delaminering i sveis eller membran i forbindelse med prøvingen.

Lagring og håndtering av membran skal være i henhold til leverandørs anvisninger (f.eks. UV-beskyttelse, beskyttelse mot fuktopptak m.v.).

7.4.6 Bolter og festedetaljer

Bærende forankringsbolter skal ha sikker forankring i fast fjell. I forbindelse med montasje skal forankringen kontrolleres ved prøving iht. prosedyrer gitt i NS-ISO-2859 ”Prosedyre for prøvetaking for attributtkontroll”.

Det skal bare benyttes bolter med rullede gjenger. Bolter med mutter og skive som utsettes for pulserende last skal sikres slik at mutter ikke løsner.

Forankringsbolter og festedetaljer av stål skal minst korrosjonsbeskyttes ved varmforsinking som angitt i avsnitt 6.2.2.

Bolter med diameter 12 og 16 mm skal minst korrosjonsbeskyttes ved varmforsinking som følger:

- midlere tykkelse 55 μm
- minste lokale tykkelse 50 μm

I spesielt korrosjonsfarlig miljø skal alle bolter i tillegg pulverlakkeres med epoksy.

7.4.7 Hvelv av betongelementer

Det skal benyttes miljøklasse MA i henhold til Håndbok 026 fra Statens vegvesen, prosesskode 2, prosess 84.4.

Elementene skal være plassert i forhold til referanselinjer i tunnelen som utsettes iht. NS 3463. Ferdig montert hvelv skal ikke ha større avvik enn det som er angitt i tabell 12.1. Hvis ikke annet angis spesielt, skal en fugebredde på 20 mm legges til grunn.

Tabell 12.1 Toleranser

Type avvik	Tillatt avvik (mm)
Fugebredde	± 12
Fugesprang begge sider	± 20
Plassering horisontalt i forhold til en sekundærlinje	± 25
Plassering vertikalt i forhold til en sekundærlinje	± 25

Vanntetthet mot avrenning sikres primært med heldekkende membran, jf. avsnitt 7.4.4. I tillegg skal alle fuger være tette som ekstra sikkerhet mot lekkasjer som følge av skader på membranen og som tetting mot luftveksling. Fugetettingen skal utføres som en totrinns tetting.

I tillegg til fugetetting skal fugen forsegles mot trafikksiden med egnet fugemasse.

Fugetettingen med forsegling skal i tillegg tilfredsstille følgende krav:

- oppta de aktuelle toleranser
- oppta bevegelser i fugen som følge av temperaturvariasjoner
- tåle temperaturvariasjonene
- tåle trykk- og suglaster, iht. avsnitt 8.

7.4.8 Hvelv av armert sprøytebetong

Toleransekrav for tykkelse etter sprøyting skal være bestemt i hvert enkelt tilfelle.

Krav til minimumstykkelse som brannsikring er gitt under pkt.10.2.11.

For konstruksjoner av sprøytebetong gjelder spesielt at toleransene skal tas hensyn til ved beregning av egenlast og dimensjonering. Dette innebærer at maksimal tykkelse benyttes for beregning av egenvekt og minimum tykkelse benyttes ved dimensjoneringskontroll.

For konstruksjoner med armeringsnett skal avstanden mellom nett og isolasjonsmateriale være min. 25 mm. Overdekningen skal minst tilsvare miljøklasse NA (NS 3473).

Ved skjøting av armeringsnett, innstøpte ståldeler m.v. kan det være nødvendig å øke tykkelsen lokalt for å ivareta krav til overdekning.

Ved valg av materialsammensetning og utførelse skal følgende vektlegges:

- Det skal tilstrebes betong med redusert svinnpotensiale
- Ved nettarmert sprøytebetong skal det velges en materialsammensetning som sikrer god innstøping av armering og festedetaljer.
- Det skal sikres gode herdebetingelser.
- Hvis det benyttes membranherder skal det benyttes minst 0,5 l/m^2 (2 lag).

For kontrollert å kunne oppta svinn- og temperaturbevegelser, skal det etableres dilatasjonsfuger i tverretningen. Senteravstand vurderes mht. forventet svinn og temperaturforhold. Fugene skal utføres slik at tetthet ivaretas ved bevegelser i fugen.

7.5 Frostreduserende løsninger

For å redusere behovet for frostsikring i tunneler kan automatiske frostporter være en aktuell løsning.

Styring av naturlig trekk ved langslufting fra vifter bør unngås på grunn av høye driftsutgifter og begrenset mulighet for å komme til og utføre vedlikehold på slike vifter.

7.6 Ventilasjon i driftsfasen

Ventilasjon i driftsfasen kan ha ulike funksjoner:

- Temperaturkontroll for å unngå/redusere frostinntrengning i tunnelene.
- Som sikkerhetstiltak for å styre luftstrømmen ved en ev. brann i tunnelen. Se forøvrig avsnitt 10.
- Brenngass kontroll i driftsfasen av tunnelen

7.7 Utførelse

Produksjon og montasje skal organiseres slik at det først gjøres ferdig et definert parti av tunnelen for kontroll av at prosedyrer, metoder og øvrige forhold fungerer etter forutsetningene og at gitte krav er tilfredstilt. Full produksjon og montasje kan først starte når eventuelle korrigerende tiltak er foretatt.

8 SPESIELLE DIMENSJONERINGSREGLER

8.1 Konstruksjoner for vann- og frostsikring

8.1.1 Generelt

Det skal dokumenteres at konstruksjonene tilfredsstiller de statiske og dynamiske dimensjoneringsforutsetningene.

Det gjøres spesielt oppmerksom på at det skal velges konstruksjoner og forbindelser som er godt egnet for vekslende lastvirkning/vibrasjoner.

Dette omfatter beregninger som viser at alle krav gitt i de aktuelle konstruksjonsstandarder og spesielle krav gitt i disse dimensjoneringsreglene er oppfylt.

I tillegg kreves dokumentasjon av gitte funksjonskrav. Dokumentert langtidserfaring kan erstatte teoretisk dokumentasjon.

For forhold som ikke automatisk er dekket av Norsk Standard eller hvor bruksfunksjonen er vesentlig endret i forhold til Norsk Standard, kreves en spesiell vurdering.

Generelt er laster, grensetilstander, symboler m.v. definert i NS-ENV 1990 og NS 3491. Lastkoeffisienter er gitt i avsnitt 8.1.2.

Normalt opptrer følgende laster:

- egenlast
- nyttelast
- laster fra produksjon, transport og montasje

For egenlast og laster fra produksjon, transport og montasje henvises til NS-ENV 1990 og NS 3491.

I avsnitt 8.1.2 - 8.1.4 er angitt ekvivalente laster for nyttelast. De ekvivalente lastene erstatter tilsvarende laster i NS-ENV 1990 og NS 3491. Lastene skal bl.a. benyttes til dimensjonering av vann- og frostsikring ved avskjerming, jf. avsnitt 7.

Beregning av temperaturpåvirkninger, svinn, kryp m.v. utføres i henhold til de gitte konstruksjonsstandarder.

Ulykkesituasjonen skal vurderes som beskrevet i avsnitt 8.1.4.

I tillegg skal det i hvert enkelt tilfelle vurderes om det opptrer andre laster eller om det skal benyttes høyere verdi for angitte laster.

8.1.2 Dimensjonerende lastvirkning

Usikkerheter i laster og kombinasjoner uttrykkes ved at lastene multipliseres med lastkoeffisientene i tabell 12.2. Hvilken lastkombinasjon som skal benyttes er angitt under den enkelte grensetilstand.

Tabell 12.2 Lastkoeffisienter

Kombinasjon	Permanente laster	Variable laster
A	1,2	1,6
b	1,0	1,0

Reduksjonen av lastfaktorer ved kombinasjon av flere variable laster som gitt i NS 3490, tabell 5, skal ikke benyttes.

Bruddgrensetilstanden

For dimensjonering i bruddgrensetilstanden skal kombinasjon a i tabell 12.2 benyttes.

Utmattingsgrensetilstanden

For dimensjonering i utmattingsgrensetilstanden skal lastkoeffisienter iht. kombinasjon b i tabell 12.2 benyttes. Karakteristiske trykk-/suglaster er gitt i tabell 12.4.

For enkeltsporet tunnel dimensjoneres konstruksjonen for det antall lastvekslinger som er gitt i tabell 12.3.

For dobbeltsporet tunnel dimensjoneres konstruksjonen uavhengig av togtetthet for $1 \cdot 10^7$ lastvekslinger. Vekslingstallet er en ekvivalent togtetthet, hvor det er tatt hensyn til at togmøter har vesentlig betydning.

Tabell 12.3 Lastvekslinger. Gjelder for enkeltsporet tunnel.

Togtetthet. Antall tog pr. døgn.	Antall lastvekslinger
Inntil 50	$2 \cdot 10^6$
50 – 150	$5 \cdot 10^6$
Over 150	$1 \cdot 10^7$

I spesielle tilfeller kan det kreves at utmattingskapasiteten for detaljer også dokumenteres ved forsøk.

Ulykkesgrensetilstanden

For dimensjonering i ulykkesgrensetilstanden skal kombinasjon b i tabell 12.2 benyttes.

Bruksgrensetilstanden

For dimensjonering i bruksgrensetilstanden skal kombinasjon b i tabell 12.2 benyttes.

8.1.3 Nyttelast

Trykk-/suglaster fra togtrafikk

Trykk/sug fra trafikk er en variabel last. Konstruksjonen skal dimensjoneres for trykk-/suglast som virker over hele tverrsnittet. Karakteristiske trykk-/suglaster er gitt i tabell 12.4.

Tabell 12.4 Karakteristiske trykk-/suglaster

Last fra togtrafikk	Enkeltsporet tunnel (kN/m^2)	Dobbeltsporet tunnel (kN/m^2)
Trykklast	+ 1,8	+ 1,3
Suglast	- 2,4	- 1,7

De gitte laster gjelder for toghastigheter opp til 200 km/h og toglengder opp til 250 m. For tunneler som bygges med "tett" såle (helisolert såle, fast-spor, mv.) skal størrelsene av trykk-/suglaster vurderes spesielt.

Generell nyttelast

Generell nyttelast skal sikre en økt kapasitet i konstruksjonen for å ivareta forhold som islast, fallast og spesielle forhold knyttet til trykk-/suglaster fra trafikk.

Generell nyttelast defineres som variabel last. Størrelsen settes til

$$q_g = 3{,}0 \text{ kN/m}^2$$

Lasten regnes som en jevnt fordelt last virkende på horisontal- og/eller vertikalprojeksjonen av konstruksjonen. Lasten skal påføres symmetrisk og kun på den ene halvdelen av tverrsnittet.

Innhengt last

Innhengte laster er laster fra kontaktledning, skilt og annet utstyr som henges opp i konstruksjonene. Innhengt last defineres som variabel last.

Laster fra ventilatorer blir normalt ført til fjell.

I tillegg til egenlast skal det tas hensyn til vindlast som følger av vindtrykk på utstyret.

Vindlasten beregnes iht. avsnitt 8.2.

8.1.4 Ulykke

Det skal foretas en helhetsvurdering av konsekvenser og konstruksjonens virkemåte i ulykkessituasjonen. Her inngår også en vurdering av konsekvenser når deler av konstruksjonen fjernes (brutt sammen).

Konstruksjonen skal være utformet på en slik måte at skadeomfanget er begrenset til ulykkesstedet.

8.2 Tekniske installasjoner, vindlast på frittstående utstyr

8.2.1 Generelt

Alt utstyr som monteres i tunneler skal dimensjoneres for egenlast og nyttelast fra de vindlaster som oppstår ved passering av tog. I tillegg skal det i hvert enkelt tilfelle vurderes om det opptrer andre nyttelaster.

Vindlastene beregnes ut fra opptredende lufthastigheter. Det må tas hensyn til lufthastigheten i tunnelens lengderetning og i tverretningen.

Følgende konstruksjoner i tunneler er utsatt for vindlaster:

- kontaktledning og kontaktledningsoppheng
- signallys
- skilt
- lysarmatur
- andre konstruksjoner

Vindlaster er en variabel last. Dimensjonerende statisk vindlast på konstruksjoner beregnes etter NS 3491 "Prosjektering av konstruksjoner. Dimensjonerende laster".

Kraft på konstruksjonselementet beregnes etter følgende formel:

$$F = \mu \cdot q \cdot A(N)$$

μ formfaktor

kontaktledning	$\mu = 1,2$
kontaktledningsoppheng	$\mu = 0,9$
skilt/signallys	$\mu = 1,15$
skiltstang	$\mu = 1,2$

q hastighetstrykket $q = 0,5 \cdot \rho \cdot U^2_{dim}$

$\rho = 1,25\ kg/m^3$

A arealet av konstruksjonen

8.2.2 Lufthastighet i tunnelens lengderetning

Lufthastighet i lengderetningen U_{dim} finnes i figur 12.3. Blokkeringsgraden, β, er gitt som arealforholdet mellom tog og tunnel:

β arealforholdet A_{tog}/A_{tun}

For dobbeltsporet tunnel er blokkeringsgraden gitt som:

$\beta = (A_{tog1} + A_{tog2})/A_{tun}$

Vindhastigheten skifter retning for hver togpassering.

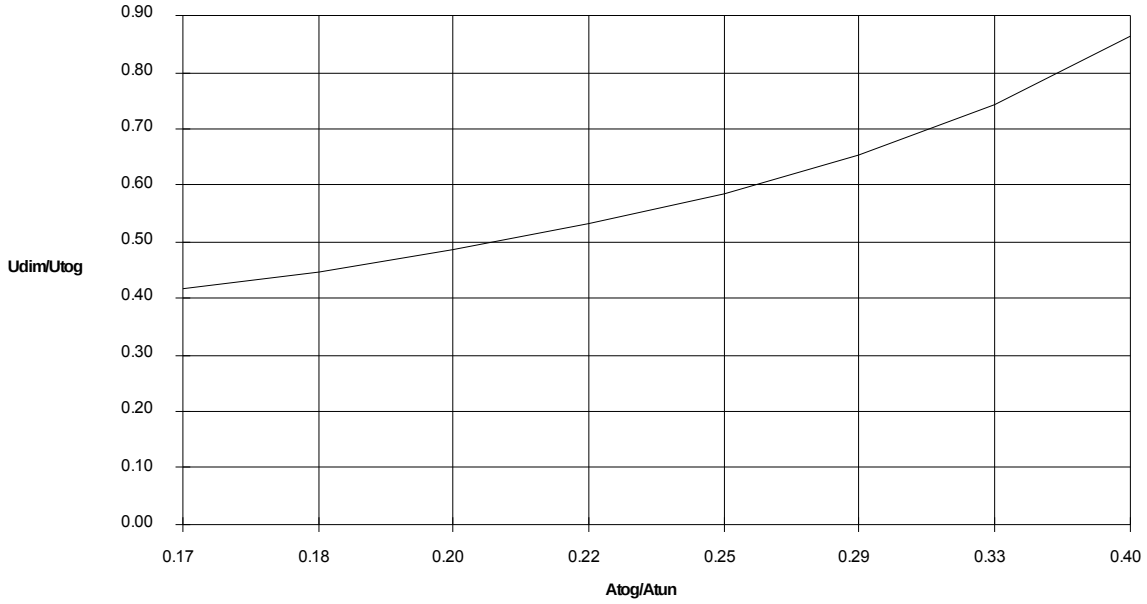
Figur 12.3 gjelder når de tekniske installasjoner ikke står nærmere enn 0,5 m fra minste tverrsnitt, jf. kapittel 5. For utstyr montert nærmere enn 0,5 m fra minste tverrsnitt øker vindhastigheten i togretningen lineært opp til toghastigheten.

Vindhastigheten mot togretningen skal ikke økes.

Antall lastvekslinger tas ut fra tabell 12.5. Tabellen gjelder både for enkelt- og dobbeltsporet tunnel.

Tabell 12.5 Lastvekslinger for vindlast på tekniske installasjoner

Togtetthet. Antall tog pr. døgn.	Antall lastvekslinger
Inntil 50	$2 \cdot 10^6$
50 – 150	$5 \cdot 10^6$
Over 150	$1 \cdot 10^7$



Figur 12.3 Maksimal lufthastighet i enkelt- og dobbeltsporet tunnel

8.2.3 Lufthastighet i tunnelens tverretning

Lufthastigheten i tverretning skal settes lik 30 % av toghastigheten. Dette gjelder uavhengig av avstanden mellom tog og tekniske installasjoner.

Vindlasten skal da regnes virkende over en lengde på 10 m i hver ende av toget, som trykk ut fra toget ved front og sug inn mot toget ved togets ende.

Antall lastvekslinger tas ut fra tabell 12.5.

8.3 Avgrensende/lukkede konstruksjoner

8.3.1 Generelt

Konstruksjoner i tunneler eller i arealer direkte tilknyttet tunnelen skal dimensjoneres for virkning av trykk-/suglaster. Eksempel på slike konstruksjoner er:

- Vegger og endevegger i tverrslag
- Dører og porter i vegger
- Vann- og frostsikringskonstruksjoner i tilstøtende arealer i tunnelen
- Rom i tunnelen, tverrslag og inntilliggende arealer

Det foreligger begrensede måleresultater for å dokumentere lastvirkning på avgrensede konstruksjonselementer. Lastene er avhengig av flere forhold, bl.a.:

- Resonanseffekter i tverrslag
- Stående bølger i tverrslag
- Geometrisk utforming av tverrslag
- Toghastighet ved passering av tverrslag
- Inn-/utkjøringshastighet ved tunnelportaler
- Toglengde
- Tunnellengde

Lastene skal kombineres med andre trykk-/sugvirkninger fra f.eks. vind fra utside.

Konstruksjoner vil være utsatt for laster med vekslende retning. Bevegelige konstruksjonselementer skal derfor sikres/låses i lukket tilstand. Porter og dører skal sikres med dørpumpe eller ved andre tiltak slik at de får en kontrollert bevegelse når de åpnes og lukkes.

Dersom det ikke benyttes målinger, eller at nøye vurderinger gjennomføres, kan ovennevnte konstruksjoner dimensjoneres etter forenklet framgangsmåte jf. avsnitt 8.3.2.

8.3.2 Forenklet framgangsmåte

Karakteristiske laster
Det skal benyttes trykk-/suglaster gitt i tabell 12.4. Det skal i tillegg vurderes om generell nyttelast jf. avsnitt 8.1.3 skal inkluderes.

Vekslende laster
Konstruksjonselementene skal dimensjoneres for utmatting, med verdier for trykk-/suglaster gitt i tabell 12.4. Antall lastvekslinger skal være i henhold til avsnitt 8.1.2.

9 UNDERBYGNING I TUNNEL

9.1 Rensk og frostsikring av tunnelsåle

9.1.1 Frostsonen

I frostsonen skal det utføres rensk av tunnelsålen. Rensken skal utføres slik at det ikke på noe sted ligger igjen mer masse enn 50 mm tykkelse over fast fjell. Fjell som stikker over teoretisk sprengningsprofil skal fjernes.

Frostmotstanden beregnes for den aktuelle underbygning. Dersom sålen ligger høyere enn dimensjonert frostdybde, skal stillestående vann i groper dreneres ut. Alternativt kan gropen støpes ut.

9.1.2 Frostfri del

I frostfri del skal det utføres rensk ned til topp fjellknøler. Stillestående vann i groper på fjellknølene skal dreneres ut, ev. støpes gropen ut. Fjell som stikker over teoretisk sprengningsprofil skal fjernes.

I partier med dårlig fjell foretas rensk som i frostsonen.

9.2 Oppbygging opp til formasjonsplan (FP)

Massene under formasjonsplan (FP) skal bygges opp av gode friksjonsmaterialer, dvs. godt drenerende og frostsikre masser. Formasjonsplanet skal avrettes med egnet fraksjon.

Graderingen skal normalt ligge innenfor området 20 - 120 mm.

9.3 Drenering

Dreneringssystemet skal dimensjoneres i henhold til kapittel 11.

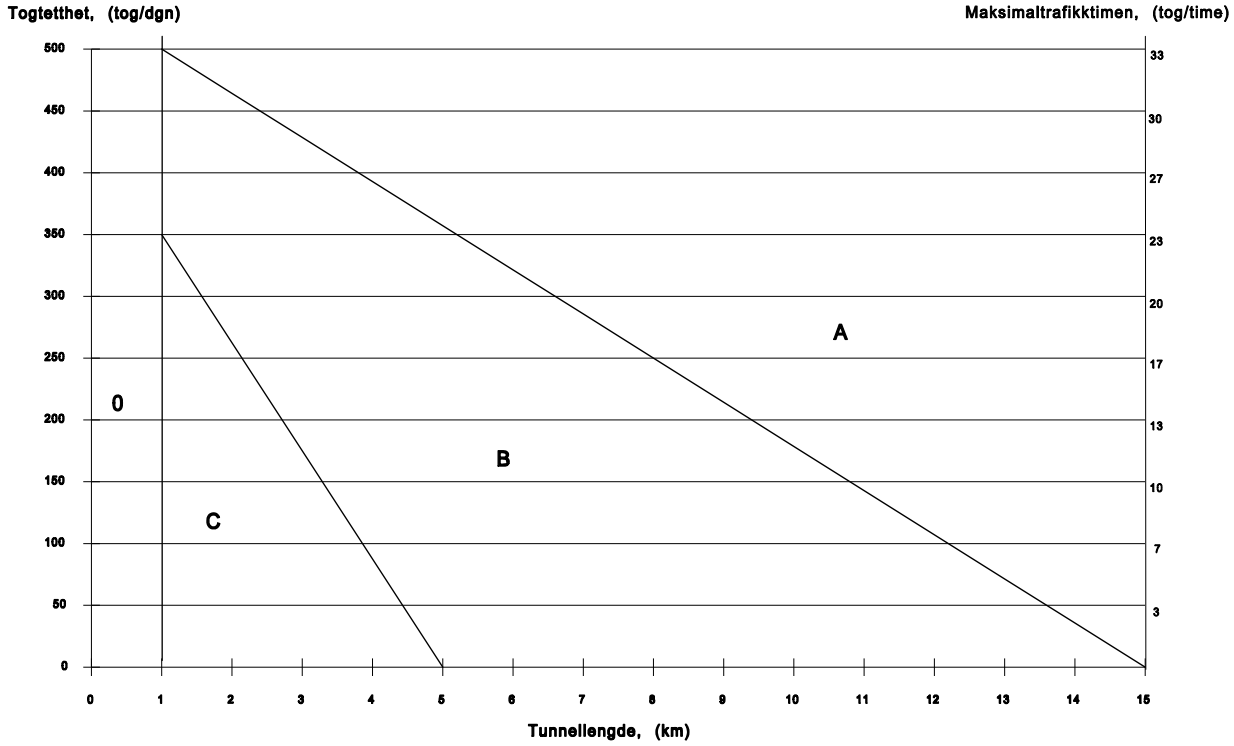
Dreneringssystemet skal dimensjoneres slik at alt lekkasjevann i tunnelen føres frostsikkert ut av tunnelen. I frostsonen sikres dette ved isolert grøft på begge sider av tunnelen. I frostfri del er det generelt tilstrekkelig med gjennomgående grøft på den ene siden av tunnelen. I våte partier legges dobbel grøft, som føres over i enkel gjennomgående grøft ved hjelp av tverrgrøfter.

Det bør benyttes lukket drenering i tunneler.

I frostfri del av tunnelen bør dreneringssystem og kabelkanal ligge på hver sin side av tunnelen.

10 KRAV TIL SIKKERHETSTILTAK

10.1 Klassifisering av tunneler



Figur 12.4 Klassifisering av tunneler

Togtetthet for døgn og maksimaltrafikktime plottes i diagrammet i figur 12.4, og tunnelen klassifiseres etter strengeste klasse.

For klassifisering av tunneler i klasse A, B, C og 0 defineres tunnellengden som den totale lengde målt mellom tunnelåpningene. Dersom atkomst til tunnelen kan skje via tverrslag, defineres tunnellengden som største lengde mellom tverrslagsåpning og en av tunnelåpningene, ev. mellom tverrslagsåpningene. For at tunnellengden skal kunne måles fra tverrslagsåpning skal tverrslaget oppfylle følgende krav:

- tverrslaget skal utrustes som rømnings- og atkomstvei
- det skal være atkomstvei til tverrslaget for beredskapspersonell til enhver tid (for tunneler hvor atkomstvei er lite hensiktsmessig på grunn av avstanden til beredskapsressurser, kan atkomstvei erstattes med landingsplass for helikopter).

Enkeltsporet tunnel med krysningsspor inne i tunnelen skal klassifiseres en klasse høyere enn hva lengde og togtetthet skulle tilsi.

10.2 Minimumstiltak

Krav til minimumstiltak for de ulike tunnelklassene er gitt i tabell 12.6.

Tabell 12.6 Krav til minimumstiltak i de ulike tunnelklassene

Minimumstiltak	Gjelder tunneler lengre enn:	Krav gitt i avsnitt:
Rømningsveier	1000 m	10.2.2
Atkomstvei til tunnelåpninger	1000 m	10.2.3
Brannslokkingsapparater i utstyrsrom	1000 m	10.2.4
Gangbane	500 m	10.2.5
Nødlys	500 m	10.2.6
Anvisningsskilt	100 m	10.2.7
Nødkommunikasjon		10.2.8
Jordingsstenger i åpningene	1000 m	10.2.9
Strømuttak	1000 m	10.2.10
Brannbeskyttelse av konstruksjoner	Alle	10.2.11

10.2.1 Avsporingsindikatorer

Avsporingsindikatorer skal monteres i forbindelse med tunneler i klasse A, B og C ved følgende tilfeller:

- foran alle dobbeltsporede tunneler eller foran dobbeltsporede tunnelrike strekninger
- foran tunneler med kryssingsspor
- ved veksler/sporsløyfer inne i tunnelen
- i forbindelse med øvrige innkjørssignal inne i tunnelen

Avsporingsindikator skal monteres på hvert spor i forbindelse med innkjørssignal.

Utførelsen er beskrevet i [JD 551].

10.2.2 Rømningsveier

Ved valg av tunnelløsning skal det legges til rette for selvberging og evakuering av passasjerer og togpersonale om det skulle inntreffe en hendelse i tunnelen.

En av tre følgende løsninger velges:
- Rømningsveier til overflaten hver 1000 m.
- Tverrpassasjer mellom tunnelløp hver 500 m. Kun aktuelt der man bygger to enkeltsporede tunneler i stedet for en dobbelsporet tunnel.
- Alternativ teknisk løsning som gir tilgang til sikkert område

Et sikkert område er et sted inne i eller utenfor en tunnel hvor:
- Forholdene er overlevbare
- Man har atkomst med eller uten hjelp
- Man kan evakuere ut på egen hånd eller bli berget av redningstjeneste.
- Det er lagt til rette for kommunikasjon, enten med mobiltelefon eller med fasttelefon til togledersentral.

Vanligvis vil tverrslag fra tunneldrivingen utrustes som rømningsveier såframt dette er hensiktsmessig. Ved behov, og hvor dette er hensiktsmessig, bør også spesiallagde sjakter vurderes som rømningsveier.

For rømningsveier gjelder følgende krav:

- Lysåpningen på rømningsveien i tverrslaget skal være minst 2,5 x 2,5 m.
- Rømningsveien skal ha port i utgangen som gjør det mulig å få beredskapskjøretøy inn og ut. Porten skal minimum være 1,40 m bred og 2,0 m høy. I porten skal det være en dør som kan åpnes innenfra uten nøkkel og være sikret mot uautorisert tilgang utenfra. Døra skal åpne utover og ha en lysåpning på minst 0,90 x 2,0 m.
- Tverrpassasjer mellom nabotunneler skal være minimum 1,5 m bred og 2,25 m høy. Port i tverrpassasjen skal være minst 1,4 m bred og 2,0 m høy.
- Port og utslående dør skal monteres slik at de ikke kan blokkeres av utenforliggende oppsamling av snø.
- For spesielt bratte rømningsveier, bør trapp vurderes inn mot den ene veggen.
- Rømningsveien skal være utstyrt med lys og skilt. Belysningen skal kunne slås på fra togledersentral og ved inn- og utgang til rømningsvei.
- Rømningsveien skal forøvrig ha minst de samme sikkerhetstiltak som tunnelen for øvrig (kommunikasjon, rekkverk, anvisningsskilt etc.).

10.2.3 Atkomstvei til tunnelåpninger

For tunneler lengre enn 1000 m skal det, hvor det er praktisk/økonomisk mulig, være atkomstvei til tunnelåpninger for beredskapspersonell, og atkomstveiene skal være tilgjengelige gjennom hele året.

I tilknytning til atkomstveiene skal det etableres redningsområder på minst 500 m^2. Eksisterende veier kan benyttes til redningsområde.

Hvis dette ikke er mulig skal andre løsninger vurderes, f.eks. landingsplass for helikopter, se avsnitt 10.3.3.

10.2.4 Brannslokkingsapparater i utstyrsrom

I tunneler i klasse A, B og C skal brannslokkingsapparater plasseres i utstyrsrom.

10.2.5 Gangbaner

I alle tunneler skal avstanden fra veggen og til stillestående tog være minst 1,5 m og tilgjengelig høyde 2,25 m. Signaler og utstyrsinstallasjoner skal ikke stikke ut mer enn 0,5 m fra tunnelveggen, og slike innsnevringer skal ha utstrekning ≤ 2 meter.

Gangbaner skal finnes på minst én side av tunneler med enkeltspor og på begge sider av tunneler med dobbeltspor. I enkeltsporede tunneler skal gangbane plasseres på samme side som nødlys og skilt.

Gangbanens normale bredde skal være 0,75 m, og hindringer som beskrevet over skal ikke gjøre gangbanen smalere enn en minstebredde lik 0,7 m.

Høyden til gangbanen skal minst være lik skinnetopp for nærmeste skinne.

Ledeanordning (håndløper) for rømning skal monteres langs gangbanen i en høyde på ca. 1 m. Håndløperen skal plasseres utenfor gangbanens minstebredde. Der håndløperen føres mot en hindring, skal den vinkles med mellom 30° og 40° i forhold til tunnelens lengderetning.

Håndløperen skal bestå av materiale som ikke er elektrisk ledende.

10.2.6 Nødlys

Nødlys skal monteres i alle tunneler lengre enn 500 m. Nødlys skal finnes på minst én side av tunneler med enkeltspor og på begge sider av tunneler med dobbeltspor. I enkeltsporede tunneler skal nødlys monteres på samme side som gangbane.

Nødlys skal sikre:
- lys under evakueringsperioden
- tilstrekkelig lys til at sikker evakuering kan gjennomføres

Lysstyrken skal være minimum 1 lux på gangbanenivå.

For prosjektering av elektrisk nødlys vises til kapittel 7 [JD 543]. For bygging av elektrisk nødlys vises til kapittel 7 [JD 544].

Nødlys basert på annen teknologi enn elektrisitet kan også benyttes, så lenge dette oppfyller de nødvendige funksjonene over.

Nødlys kan bygges inn i håndløper jf. 10.2.5.

10.2.7 Anvisningsskilt

Skilt som viser retning og avstand til de to nærmeste åpninger skal installeres i alle tunneler lengre enn 100 m. Skilt skal monteres minst hver 50 m.

Anvisningsskilt skal vise
- retning og avstand til nærmeste tunnelåpning/rømningsvei
- stigningsretning for tunnelen
- retningsbetegnelse, A og B.

Skiltene skal være etterlysende.

10.2.8 Nødkommunikasjon

Radiokommunikasjon mellom tog og togledersentral med GSM-R vil være tilgjengelig i alle tunneler som følge av kravene til GSM-R-dekning i [JD 560].

Andre kommunikasjonssystemer, som for eksempel nødtelefon, skal ikke etableres dersom det ikke er et særskilt behov for dette. Et slikt behov skal i så fall dokumenteres. Se for øvrig avsnitt 10.3.7

Det skal tilrettelegges for kontinuerlig radiodekning, med signalmating fra to sider, slik at beredskapspersonell kan kommunisere med sin beredskapsledelse. Beredskapspersonell skal kunne benytte eget kommunikasjonsutstyr.

10.2.9 Jordingsutrustning i og utenfor tunneler

Tunneler i klasse A, B, og C på elektrifiserte strekninger skal ha jordingsbryter plassert ved hvert spor i begge tunnelåpningene. I tillegg skal det finnes en jordingsutrustning nær enden av hver kontaktledningsseksjon: I tunneler med lengde $\geq$ 5 km hvor signalanlegget tillater mer enn ett tog på samme spor inne i tunnelen samtidig, skal kontaktledningen ha seksjoner med lengde $\leq$ 5 km.

En jordingsutrustning bør også plasseres i tverrslagstunnel tilrettelagt som atkomstveg for beredskapspersonell.

Jordingsutrustningen skal være utstyrt med de lys- og kommunikasjonsløsninger som er nødvendige for å utføre jordingen.

10.2.10 Strømuttak

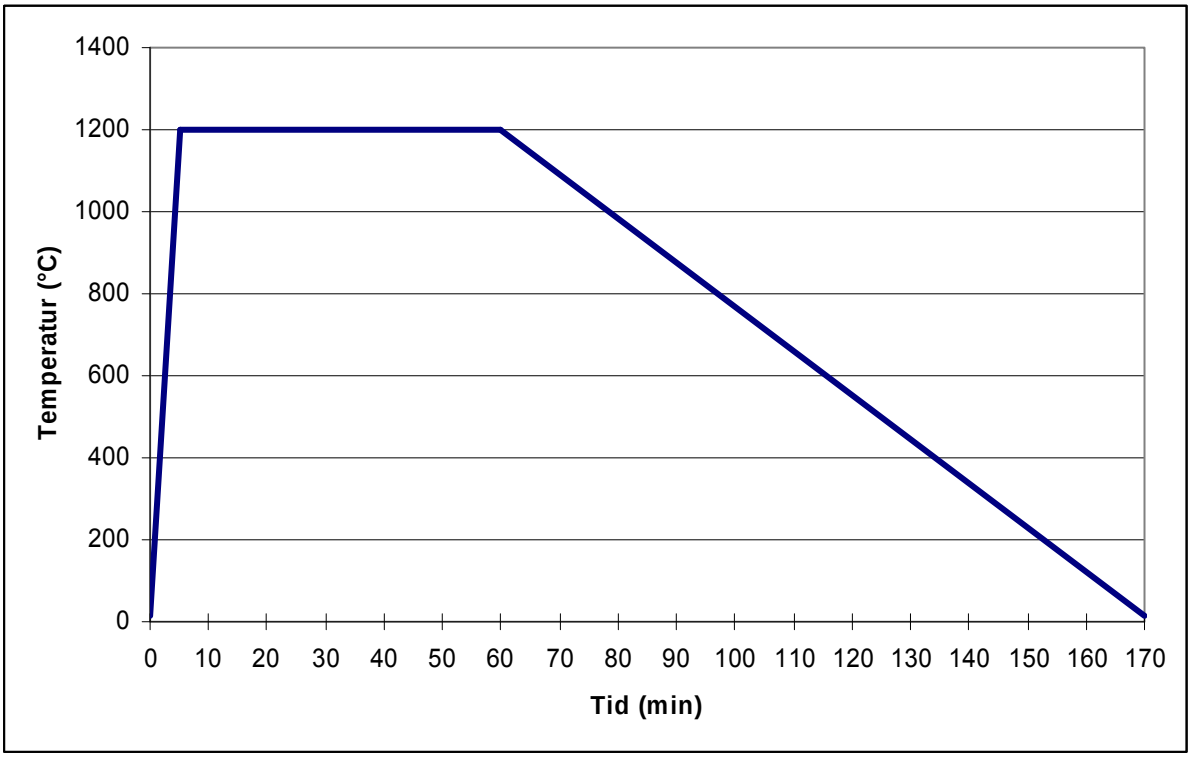
Tunneler i klasse A, B og C skal ha strømuttak for lysutstyr og redningsverktøy plassert ved rømningsveiene. Uttakene skal ha spenning 220 - 230 V (1-fase) og bør dimensjoneres for 16 A.

10.2.11 Brannbeskyttelse av konstruksjoner

Følgende funksjonskrav skal være tilfredsstilt:

- Konstruksjoner skal ikke bidra aktivt i en togbrann, ikke spre en slik brann og ikke brenne videre etter at togbrannen har opphørt.
- Konstruksjoner skal ikke bidra til ekstra røykutvikling mens brannen pågår og må ikke utvikle giftige gasser.

I tilfelle brann, skal konstruksjonenes styrke opprettholdes lenge nok til at selvberging og evakuering av passasjerer og togpersonale kan gjennomføres uten risiko for strukturell kollaps. For betongkonstruksjoner kan temperatur-tid kurven i figur 12.5 benyttes.



Figur 12.5 Temperatur-tid kurve (EUREKA-kurve)

10.3 Aktuelle supplerende tiltak

Aktuelle supplerende sikkerhetstiltak er gitt i tabell 12.7.

Tabell 12.7 Aktuelle supplerende tiltak

Aktuelle supplerende tiltak	Tunnelklasse		
	A	B	C
Ventilasjonsanlegg	x	x	
Utvidelse av tverrsnitt for å gi plass til motoriserte kjøretøy	x		
Landingsplass for helikopter	x	x	
Ledeskinner	x	x	x
Skinnegående transportmiddel for evakuering	x	x	
Høybrekk	x	x	x
Nødtelefoner	x	x	x

10.3.1 Ventilasjonsanlegg

Ventilasjonsanlegg skal vurderes for tunneler i klasse A og B. Behovet for ventilasjonsanlegg vurderes ut fra tunnelens beliggenhet, stigning, lengde og andre sikkerhetstiltak.

Ved montering av ventilasjonsanlegg skal det tilstrebes styrt ventilasjonsanlegg som kan styre eventuell røyk i den mest hensiktsmessige retningen.

For strekninger med dieseldrift skal tunneler over 2000 m vurderes mht. luftkvalitet og avtrekk for å unngå konsentrasjon av CO og CO_2.

10.3.2 Utvidelse av tverrsnitt for å gi plass til motoriserte kjøretøy

For tunneler i klasse A kan utvidelse av tverrsnittet for å gi plass til motoriserte kjøretøy vurderes med hensyn til evakueringsmuligheter. Behovet for tverrsnittsutvidelse vurderes ut fra tunnelens beliggenhet, lengde og andre sikkerhetstiltak.

10.3.3 Landingsplass for helikopter

For tunneler av klasse A og B hvor atkomstvei til tunnelåpninger anses som lite effektivt, kan landingsplass for helikopter tilrettelagt ved alle tunnelåpninger være en alternativ løsning hvor dette er praktisk/økonomisk mulig.

Landingsplassene skal være minst 15 m i diameter.

10.3.4 Ledeskinner

Ledeskinner kan vurderes i tunneler i klasse A, B og C.

Ledeskinnene monteres gjennomgående i hele tunnelen, eller eventuelt ved inngangspartiene til tunnelen samt på partier inne i tunnelen.

For montering av ledeskinner vises til regelverk [JD 530].

10.3.5 Skinnegående transportmiddel for evakuering

Skinnegående transportmiddel for evakuering kan være aktuelt for tunneler i klasse A og B. Utforming og plassering, samt tilgjengelig utstyr på transportmiddelet, skal inngå i beredskapsplanen for tunnelen.

10.3.6 Høybrekk

For å bedre forholdene for at rullende materiell kan rulle ut av tunnelen i nødssituasjoner, kan tunnelen anlegges med høybrekk. Fallet på begge sider av høybrekket skal være større enn samlet kjøremotstand. Kjøremotstand settes ofte til 0,3 %.

10.3.7 Nødtelefon

Tunneler i klasse A, B og C kan ha nødtelefoner med et nærmere angitt intervall. I dobbeltsporede tunneler monteres telefonene på begge sider, mens de i enkeltsporede tunneler monteres på samme side som rømningsveien. Skilt som viser retning til nærmeste nødtelefon plasseres i forbindelse med anvisningsskilt for rømningsveier. Telefonene plasseres i skap eller boks. Ved skapet angis i tidels km hvor på linja man befinner seg.