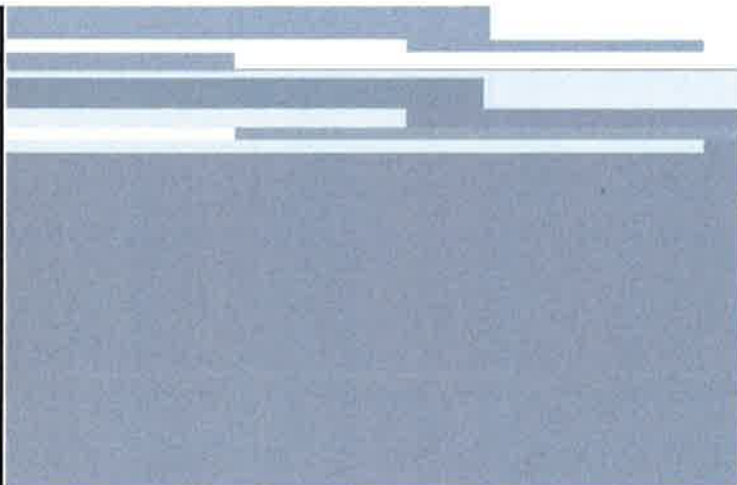


Vestfold Fylkeskommune

Holmestrandtunnelen

Sikkerhetskrav ved alternativ gjenbruk

2015-03-25 Oppdragsnr.: 5150801



Sammendrag

I forlengelsen av FT sak 89/14 er Norconsult AS engasjert for å vurdere tekniske krav til tunnelen samt krav til sikring av bygg- og bergkonstruksjonen.

I tillegg til styrende dokumenter som teknisk forskrift, håndbøker og retningslinjer er også avtalen med JBV om fremtidig bruk av tunnelen som rømningskorridor og atkomst for teknisk utstyr gjeldende. Dersom tunnelen kan defineres som «sikkert sted» vil det kunne legges til rette for en kombinasjon av skitunnel og sambruk uten store begrensninger i sambruken. Annen bruk vil gjøre det vanskelig å definere tunnelen som sikkert sted, og fysiske skiller mellom tunnelen og rømningskorridor må etableres. I tillegg er det plasskrevende å etablere atkomst for liten lastebil slik at utnyttelsesgraden ved annen bruk vil bli begrenset.

Ved å definere tunnelen som et brannklasse 4 bygg/objekt, er det mulig å dokumentere at kravene til brannikkerhet blir ivaretatt ved analyse og ikke etter preaksepterte løsninger. Dette er uavhengig av risikoklasser. Tunnelens geometri med inntil 470 m til nærmeste rømningsvei/utgang betinger en slik tilnærming. Det finnes gode parametere å vurdere sikkerhetsnivået etter hvilket også er gjengitt senere i rapporten.

Holmestrandtunnelen er ved inspeksjon av berg og bergsikring, utført av Statens vegvesen i 2008 og 2015, vurdert å være undersikret etter dagens nivå for stabilitetssikring av vegtunneler. Manglende tilkomstmuligheter bak og oppå hvelvkonstruksjonen umuliggjør videre en fullverdig inspeksjon for vurdering av detalj- og totalstabiliteten, og medfører usikkerheter i forhold til stabiliteten da store deler av tunnelen er tildekket uten inspeksjonsmulighet. Observasjoner gjort under befaring utført av Norconsult februar 2015 underbygger denne konklusjonen.

Ved all etterbruk av tunnelen synes det å være et behov for ettersikring. Supplerende boltesikring for ivaretagelse av total- og detaljstabiliteten i tunnelen vil være nødvendig for alle tilfeller, men sikringsnivået i tunnelen utover dette vil til en viss grad kunne tilpasses bruken av denne. For en skitunnel vurderes sikringsnivået å være likestilt med sikringsnivået i en vegtunnel, der det vil være lite aksept for nedfall pga. personers oppholdstid og konsekvenser ved eventuelle hendelser. Behovet for overflatesikring med sprøytebetong vil derfor være høyt, med gjennomgående sikring både i heng og vegg for å forhindre også små nedfall. Ved tilfelle bruk av tunnel som lager eller annen bruk der oppholdstiden for personer vil være liten og konsekvensen ved mindre nedfall vil være noe mindre, kan trolig overflatesikringen begrenses i vegger eller der bergkvaliteten er god.

Bruken av tunnelen vil også sette føringer for valg og omfang av løsning for vannavskjerming og frostsikring av tunnelen, men dette vil i første rekke være funksjonskrav. Nødvendige tiltak må utføres lokalt eller gjennomgående i tunnelen for å ivareta sikkerhet mot nedfall også av is.

-	2015-03-25	Til bruk for oppdragsgiver	AnOng/Tko <i>AnOng Tko</i>	RBe/EBe <i>RBe/EBe</i>	TKo <i>TKo</i>
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innhold

1	Sikkerhetskrav til ulike aktiviteter	4
1.1	Vurdering av sikkerhetskrav gitt i teknisk forskrift	4
1.2	Konstruksjonssikkerhet	4
1.2.1	Ingeniørgeologi og stabilitetssikring i Holmestrandtunnelen	5
1.3	Sikkerhet ved brann	6
1.3.1	Dokumentasjon av tilstrekkelig sikkerhetsnivå	8
2	Handlingsrom	10
2.1	Dialog med tilsynsmyndighet	10
3	Påvirkning på berget	11
3.1	Vegtunnel	11
3.2	Lager	11
3.3	Skitunnel	11
4	Inspeksjoner av bergkonstruksjon	13
4.1	Vegtunnel og skitunnel	13
4.2	Lager	13
5	Andre forhold vedrørende sikkerhet	14
5.1	Vurdering av akseptabelt nivå på stabilitetssikringen	14
5.1.1	Vegtunnel	15
5.1.2	Skitunnel	15
5.1.3	Lager	16
6	Vurdering av notat N-RA-291 «Tilstandsvurdering Holmestrandtunnelen»	17
6.1.1	Innledning	17
6.1.2	Metode	17
6.1.3	Generell vurdering av notat N-RA-291	17
7	Konklusjoner og anbefalinger	19
8	Referanser	20

1 Sikkerhetskrav til ulike aktiviteter

1.1 VURDERING AV SIKKERHETSKRAV GITT I TEKNISK FORSKRIFT

Holmestrandtunnelen vil etter opphør som vegtunnel falle inn under Plan og bygningsloven, og defineres som et objekt med krav til sikkerhet gitt i Teknisk Forskrift (TEK 10) med tilhørende veiledning (VTEK). Det kan også være andre krav utover TEK 10 som er dimensjonerende, for eksempel Arbeidsmiljøloven, men i dette oppdraget er det kun sikkerhetskravene som er vurdert.

Fra TEK10 vil spesielt kapittel 2 «Dokumentasjon av oppfyllelse av krav», kapittel 10 «Konstruksjonssikkerhet» og kapittel 11 «Sikkerhet ved brann» være dimensjonerende for utforming og bruk av tunnelen. Avtalen med Jernbaneverket (JBV) om sambruk av tunnelen gir også dimensjonerende utslag i forhold til tekniske krav.

Geologi og bergsikring vil i tillegg måtte forholde seg til Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. I tillegg kommer retningslinjer for sikring av tunneler gitt i Statens vegvesens Håndbok N500 [1] samt i håndbok Bruk av Q-systemet - Bergklassifisering og bergforsterkning fra NGI [2].

1.2 KONSTRUKSJONSSIKKERHET

I tillegg til de styrende dokumentene nevnt i kapittel 5.1, er generelle krav til sikkerhet i konstruksjoner gitt i Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Selv om denne først og fremst er skrevet med tanke på tradisjonelle byggverk, må kravene til kvalitet, utforming og sikkerhet som fastsettes her også antas å gjelde for de alternative brukene av Holmestrandtunnelen som omtales i denne utredningen. Krav til sikkerhet i konstruksjoner er beskrevet i forskriftens Kapittel 10. Konstruksjonssikkerhet, som gjengis i det følgende.

Kapittel 10. Konstruksjonssikkerhet

Innledning

Kapittel 10 har bestemmelser om konstruksjonssikkerhet. Hensikten med kravene er å ivareta liv og helse til personer og husdyr som oppholder seg i eller på byggverk.

§ 10-1. Personlig og materiell sikkerhet

Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet for personer og husdyr, og slik at det ikke oppstår sammenbrudd eller ulykke som fører til uakseptabelt store materielle eller samfunnsmessige skader.

§ 10-2. Konstruksjonssikkerhet

(1) Materialer og produkter i byggverk skal ha slike egenskaper at grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet blir tilfredsstillt.

(2) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot brudd og tilstrekkelig stivhet og stabilitet for laster som kan oppstå under forutsatt bruk. Kravet gjelder byggverk under utførelse og i endelig tilstand.

(3) Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.

§ 10-3. Nedfall fra og sammenstøt med byggverk

(1) Tak- og fasadematerialer med påmontert utstyr og innretninger skal utføres og festes slik at de ikke faller ned under forutsatte klimatiske forhold og dimensjonerende laster.

(2) Byggverk skal sikres slik at is og snø ikke kan falle ned på steder hvor personer og husdyr kan oppholde seg.

(3) Avstand fra underliggende terreng til takutspring og andre overliggende faste eller bevegelige deler av byggverket skal være tilfredsstillende slik at sammenstøt unngås.

I veiledningen til § 10-1 er det i tillegg spesifisert at "Forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet vil være oppfylt for konstruksjoner dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard som angitt i dette kapittel." Ettersom ettersikringen som anbefales for bruk som veg- eller skitunnel er direkte dimensjonert etter gjeldende regler, er kravene i TEK10 automatisk oppfylt.

Når det gjelder bruk av tunnelen som lager, vurderes de anbefalte tiltakene og rutineene å gi tilfredsstillende sikkerhet for personer og materiell.

1.2.1 Ingeniørgeologi og stabilitetssikring i Holmestrandtunnelen

Informasjon om Holmestrandtunnelens geologi og eksisterende bergsikring er beskrevet i foreliggende grunnlagsmateriale. Se kapittel 8 for referanser.

Tunnelen går gjennom sedimenter og vulkanske bergarter fra Permtiden. Lagdelingen i området står nær parallelt med tunnelen. Fallet ligger mellom 15-25°, omtrent mot vest. Tunnelen går stort sett gjennom basalter og mellomliggende agglomerater fra pel 1050 i nord og omtrent til pel 2600-2700 i sør. Videre mot pel 2850 går tunnelen i underliggende konglomerat og kalkstein, siltstein og leirskifer. Denne delen er i all hovedsak fullt utstøpt.

Berget i tunnelen er relativt oppsprukket og det er observert en del leire både som sprekkefylling samt leirinfisert og forvitret berg. Sprekkes tettheten er generell mellom 30-50 cm, men varierer en del. Bergmassen er moderat til tett oppsprukket og vurdert å ligge i bergmasseklasse C/D (middels – dårlig) i henhold til tabell 7.1 i Statens Vegvesens Håndbok N500 [1]. Ved driving av tunnelen ble berget i hovedsak sikret med bolter samt mindre felter med sprøytebetong og nettsikring, hovedsakelig i hengen.

Noe ettersikring ble anbefalt etter ingeniørgeologisk inspeksjon av tunnelen utført i 2008 [4]. I området hvor det i 2009 gikk et ras, mellom profil 2609-2711, er det ettersikret med tykk sprøytebetong og tett bolting [5]. I de delene av tunnelen hvor Jernbaneverket har revet eksisterende sikring er berget sikret med 10 cm fiberarmert sprøytebetong og boltet systematisk med boltetetthet c/c 2,5 m [6].

Tunnelen er i stor grad kledd inn med aluminiumshvelv, men det er også mindre deler som er uten vann-/frosstsikringshvelv, en mindre strekning med glassfiberhvelv samt et par delstrekninger som er støpt ut. Det er også delstrekninger med PE-skumhvelv av nyere dato som ble etablert etter raset i 2009 og av JBV i forbindelse med deres arbeider med jernbanetunnelen.

Ifølge Statens Vegvesens rapport [6] etter inspeksjon av tunnelen 10. februar 2015, der det også delvis ble gjort inspeksjon bak hvelv via luker, er tunnelen undersikret, med fare for ytterligere blokknedfall og også større nedfall flere steder i tunnelen. Behovet for ettersikring i tunnelen beskrives å være stort.

Bergsikringen bak hvelv ble ikke vurdert av Norconsult ved befarings 11. februar 2015. Tilstanden på sikringen bak hvelvet er dermed noe usikker. Det kan forutsettes at sprøytebetong, nett og bolter har vært mer utsatt for fukt og rennende vann bak hvelv enn på de feltene i tunnelen der det ikke er hvelv.

Opprinnelige sikringsbolter i feltene uten hvelv syntes å være korrosjonsbeskyttet med varmforsinking. Det ble observert korrosjon (rust) på enkelte bolteskiver, men ikke noe omfattende angrep. Tilstand på kamstålet i bolten som går inn i berget er ikke kjent. En nærmere vurdering av bolter bak hvelv vil være nødvendig for med sikkerhet å kunne si noe om boltene gjenværende levetid, men miljøet i tunnelen ansees generelt ikke å være spesielt korrosivt mot sikringen. Nyere bolter montert av Jernbaneverket har dobbel korrosjonsbeskyttelse (varmforsinking og epoksy pulverlakk), og er innstøpt i boltemørtel.

Det var lite sprøytebetong å registrere i tunnelen. Mye av den sprøytebetongen som ble registrert, er utført i forbindelse med Jernbaneverkets arbeider.

Ifølge Vegvesenets rapport [6] ble sprøytebetongen bak hvelv inspisert der adkomstmulighetene gjorde det mulig. Denne beskrives i de fleste tilfellene som tynn og av gammel dato, og det stilles spørsmål ved sprøytebetongens gjenværende sikringseffekt.

Det ble ikke registrert mye korrosjon på sikringsnett i heng, men en del hull i nettene. Sikringsnettet syntes å være av type flettverksnett som rakner om det går brudd i en eller flere tråder. Hvilken stålqualität det er på nettet, eller om det er korrosjonsbeskyttet, er ikke kjent.

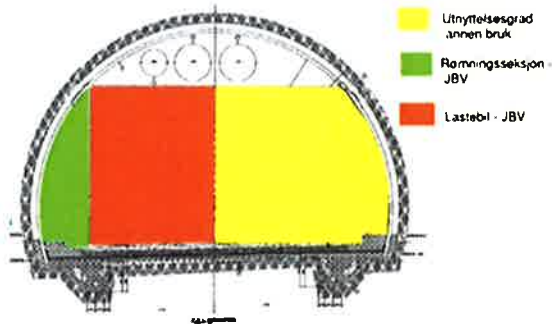
1.3 SIKKERHET VED BRANN

Teknisk forskrift med veiledning angir i kapittel 2 krav som stilles til dokumentasjon av funksjoner og verifikasjoner av ytelseskrav. Videre er det i kapittel 11 angitt krav til sikkerhet ved brann, hvor også kravet til brannteknisk prosjektering er beskrevet. Innledningsvis angis det at oppfyllelse av forskriftens funksjonskrav enten gjøres ved forenklet prosjektering (preaksepterte ytelser) eller analytisk prosjektering som viser at forskriftens krav er oppfylt. Det stilles også krav til teknisk utforming av tunnelen som en konsekvens av sambruken med JBV.

Risikoklassene i VTEK angir en slags rangering av personlig risiko vurdert i klasser 1-6, hvor den laveste defineres som klasseløs og den høyeste som hotell, sykehus og andre institusjoner. Ut i fra definert risikoklasse stilles det deretter krav til sikkerhetsnivå for å etablere tilstrekkelig sikkerhet.

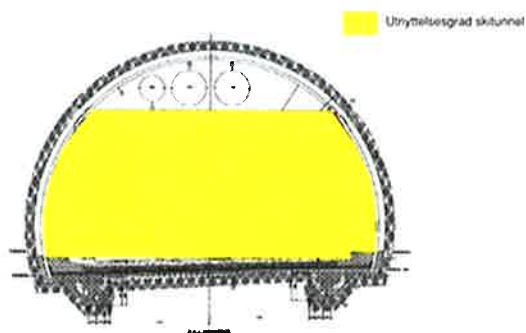
Grunnet tunnelens utforming vil det ikke være mulig å oppfylle kravene i teknisk forskrift etter preaksepterte løsninger. Som eksempel kan nevnes at avstand til nærmeste rømningsvei ikke skal overstige 50 m, hvilket ikke kan tilfredsstilles da eksisterende avstand mellom nærmeste rømningsvei er i overkant av 900 m. Teoretisk kan dette løses ved å dele tunnelen inn i brannseksjoner (REI 120 M) for hver 100 m, men dette vil bli svære upraktisk da det samlet vil bli

18 brannseksjoner med tilhørende krav til brannporter og sluser. Videre vil fremkommeligheten til de innerste seksjonene bli vanskelig da det i tillegg til egen rømningstunnel for JBV også stilles krav til fremkommelighet for servicebiler med bredde 3 m hvilket i sum gjør at det legges beslag på over halve bredden av tunnelen.



Figur 1 Illustrasjon av lukket sambruk, annen bruk enn skitunnel

Ved alternativ bruk av tunnelen må det også tas hensyn til sambruk da den også er del av rømningkonseptet for den nye jernbanetunnelen. I forhold til dette er det et poeng å søke en type sambruk som ikke medfører økt brannenergi eller sannsynlighet for at brann oppstår. Sett i lys av dette vil en skitunnel være godt egnet til sambruk da den vil medføre en negativ brannenergi. Den vil også kunne utformes som en rømningssvei og tilfredsstillende krav til ubrennbare overflater, nødbelysning, kommunikasjon osv. slik at hele tunnelen i praksis vil være et sikkert sted. Det må undersøkes videre hvorvidt en slik utforming i kombinasjon med faste gangsoner kan være tilstrekkelig for JBV, slik at en unngår innsnevring av tunnelen for utforming av egen rømningstunnel inne i tunnelen. På denne måten kan hele bredden av tunnelen være åpen og tilgjengelig.



Figur 2 Illustrasjon av åpen sambruk, skitunnel/skytebane

Sambruk kan oppsummeres slik:

Ingen økt brannenergi

- Skitunnel/skytebane
- Lagring av ubrennbare materialer

Økt brannenergi:

- Lagring, brennbare materialer
- Datasenter
- Treningsanlegg for løpshester
- Oppbevaring av kunst
- Produksjonslokaler for film
- Båtopplagsplasser

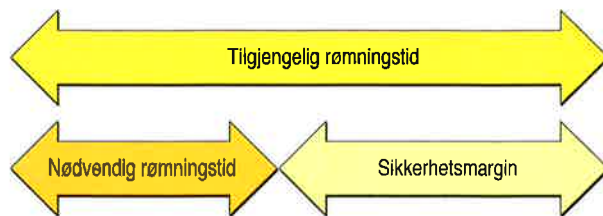


Figur 3 Foretrukket alternativ for sambruk

Før det innledes samtaler med JBV bør det velges et hensiktsmessig alternativ som gir minst innvirkning på øvrig bruk av tunnelen. Figur over er hentet fra notat N-RA-289 *Brannteknisk vurdering av rømning og bruk av Holmestrandtunnelen* utarbeidet av Rambøll for JBV. Figuren viser ett av alternativene for sambruk.

1.3.1 Dokumentasjon av tilstrekkelig sikkerhetsnivå

Som nevnt tidligere kan det benyttes preakseptert eller analytisk tilnærming til et brannkonsept for beskrivelse av sikkerhetsnivået. Overordnet er kravet om at det skal dokumenteres tilstrekkelig sikkerhetsmargin ved evakuering. Dette betyr at tilgjengelig rømningstid må være større en nødvendig rømningstid, hvor sikkerhetsmarginen utgjør differansen mellom disse.



Ved å definere anlegget i brannklasse 4 åpnes det for å finne alternative løsninger til de preaksepterte. For å vurdere hvorvidt et sikkerhetsnivå er tilstrekkelig eller ikke, finnes det retningslinjer som f.eks NS 3901 «Risikovurdering av brann i byggverk». Her er det definerte akseptkriterier for hva som skal dokumenteres og tilhørende grenseverdier. Med dette som utgangspunkt kan det utføres scenariobaserte brannsimuleringer som har til hensikt å se på om kravene til personsikkerhet er ivarettatt.

Med akseptkriterier som

- Røyk
- Sikt
- Stråling
- Gass

og definerte grenseverdier for hvert enkelt akseptkriterie kan en ved hjelp av simuleringverktøy beregne/simulere brannutvikling for å se hvordan nevnte kriterier ivaretas.

Da Holmestrandtunnelen er en relativt lukket konstruksjon med små muligheter for vertikal røykventilering, vil det være vanskelig å bli kvitt røyk på annen måte enn horisontal evakuering i samme område som rømning foregår. Av den grunn er det vanskelig å se for seg annen bruk enn ubrennbar aktivitet, alternativt at det sikres ubrennbar atmosfære på annen måte. Dette kan for eksempel gjøres ved å fylle tunnelen med slokkeluft som Inergen. Denne metoden er benyttet på ubåter, men er lite egnet for denne tunnelen grunnet størrelse og behovet for kontinuerlig fylling av slokkeluft. Dersom rømningsforholdene ellers var til stede kunne denne type slokkeanlegg vært benyttet for å slokke en brann, men målet med brannsikring her er å unngå at brann oppstår, og konseptet sees dermed på som lite relevant.

Det anbefales også å se nærmere på muligheten av å flytte eksisterende trafo i tverrslaget mot Nyveien ut til det fri. Alternativt seksjonere den inn mot tunnel løpet.

2 Handlingsrom

2.1 DIALOG MED TILSYNSMYNDIGHET

Brannvesenet

Det er avholdt informasjonsmøte med Vestfold Interkommunale brannvesen, hvor ulike alternativer for bruk ble presentert. I dette møtet ble det fra brannvesenets side påpekt at etterbruk som skitunnel ville gi positiv effekt for brannvesenet ved en eventuell innsats i forbindelse med hendelse i parallell gående jernbanetunnel.

Andre funksjoner som medfører økt brannenergi gir behov for å dele tunnelen inn i seksjoner à 100 m lengde, hvilket gir ca. 18 seksjoneringskonstruksjoner med tilhørende brannporter. Dette er upraktisk og samtidig funksjon på 18 seksjoneringsporter vil gjøre det vanskelig å iverksette slokkeinnsats for brannvesenet. En vil også risikere at tilgangen til Jernbanetunnelen blokkeres ved feil på en av de 18 portene.

Ved bruk som skitunnel ser ikke brannvesenet behov for organisering av egen slokkeinnsats i tunnelen. Men de forutsetter at det ved evt. drift legges til rette for egen innsats dersom det oppstår sykdomstilfeller. Motorisert transport i form av egnet transportmiddel (løypemaskin, ATV) må det for eget behov være beredskap for, og dette må være utstyrt med eget slokkemiddel.

Dersom det legges opp til ubrennbar aktivitet som skitunnel, er brannvesenet enig i at tunnelen vil fungere godt i sambruk med behovet for rømning fra jernbanetunnelen. Dette kan løses med et langsgående «fortau» i form av en rist og rekkverk som holdes snø og isfri.

Jernbaneverket

I forhold til avtalen med JBV er det viktig at nødvendige forutsetninger avklares. Når eksisterende bruk av tunnelen går over til en beredskapsperiode er det av stor nødvendighet at sambruken blir spesifisert. Trykkpåkjenning fra liten lastebil (7,5 t) er et eksempel på kriterier som vil påvirke utformingen av et kjøleanlegg som skal ligge i bakken. Men viktigst er å kartlegge hvorvidt krav og forutsetninger for sambruk harmonerer med samtidig bruk som skitunnel, slik at det ikke legges begrensninger på bruken. Ideelt sett bør skitunnelen tilfredsstillende kravene som JBV stiller til rømningskorridor slik at en unngår innsnevring av tunnellopet.

Utgangspunktet for krav til sambruk og anbefalinger er utarbeidet for JBV av Rambøll i notat N-RA-289 [8], hvilket er grunnlag for avklaringer med JBV/Rambøll.

3 Påvirkning på berget

I det følgende beskrives påvirkning på berget og bergsikringen med forskjellige bruksområder

3.1 VEGTUNNEL

Ved en eventuell gjenåpning av tunnelen for trafikk vil miljøet i tunnelen i stor grad være likt dagens forhold når det gjelder temperatur og fukt, og ikke skille seg spesielt fra det som er vanlig for lignende tunneler. En slik gjenåpning vil, som diskutert tidligere, kreve en omfattende oppgradering av både bergsikring og vann- og frostsikring. Disse vil være i henhold til Håndbok N500, og dermed være dimensjonert for å tåle forholdene som kan forventes ved bruk av Holmestrandtunnelen som en vanlig biltunnel.

3.2 LAGER

Bruk av tunnelen som lager, der tunnelen avstenges i begge ender, vil kunne bringe inn nye elementer i forhold til dagens situasjon (som for eksempel noe økt luftfuktighet, mindre temperaturendringer som følge av et fysisk skille mellom luften utenfor tunnelen og innenfor tunnelen, og redusert naturlig luftgjennomstrømning). Den endrede bruken til evt. lager forventes ikke å medføre endringer av tunnelmiljøet i et omfang som påvirker berget eller bergsikringen i negativ grad. Påvirkningen vil også avhenge av i hvilken grad tunnelhvelvet reetableres. Bak et tunnelhvelv vil det normalt være høyere luftfuktighet og en mer konstant temperatur enn det er utenfor hvelvet.

3.3 SKITUNNEL

Av de foreslåtte mulighetene for fremtidig bruk av Holmestrandtunnelen er det bare skitunnelalternativet som medfører en betydelig endring av miljøet inne i tunnelen, ettersom dette vil kreve en forholdsvis konstant og lav temperatur. Det finnes en del erfaringer fra bygging og drifting av berganlegg ved lave temperaturer i Norge, som for eksempel Svalbard Globale Frøhvelv, stoller og tunneler drevet av Store Norske Spitsbergen Kulkompani, diverse vannkraft- og gruveanlegg bygget på høyfjellet og i områder med permafrost, og flere bergrom for lagring av kjølevarer.

I tørt og godt berg gjør frosten sjelden skade, og har faktisk i de fleste tilfeller vist seg å ha en stabiliserende virkning på bergmassen. Temperaturer under frysepunktet virker heller ikke negativt på sikringsmidlene som er forutsatt benyttet for ettersikring av berget. Det er først og fremst i forbindelse med vått berg og vannlekkasjer, og gjentatte sykluser med frysing og tining, at frost i tunneler kan by på vanskeligheter. Stabilitetsproblemene som vil kunne oppstå som følge av dette er

- Frostsprengning av berg på grunn av volumutvidelse av vann i sprekker
- Nedfall av isvuller fra heng og vegger

- Isdannelse i sålen som vil kunne føre til ujevn overflate og teleproblemer

I en vanlig forholdsvis kort tunnel vil temperaturen i berget være ganske konstant gjennom året, mens lufttemperaturen vil variere avhengig av frostinntrengningen i tunnelen om vinteren. Hvorvidt det vil dannes en nedfrost sone i bergmassen rundt tunnelen vil avhenge av lufttemperaturen i tunnelrommet; hvor mye kulde som tilføres luftrommet og det omkringliggende berget.

Hvorvidt det bør legges opp til full reetablering av hvelvet i tunnelen etter utført ettersikring vil i hovedsak være et spørsmål om hvilke funksjonskrav som settes for skitunnelen, i tillegg til vedlikeholdsbehov og økonomi.

Dersom det legges opp til gjennomgående isolert hvelv i tunnelen vil dette effektivt beskytte berget og sikringen fra frost og temperatursvingninger. Berget avgir varme slik at det ikke vil være kuldegrader på baksiden av hvelvet forutsatt at dette er isolert tilstrekkelig. Risikoen for at frostsprengning av berg, isnedfall og teleproblemer vil finne sted vurderes dermed som minimal.

Dersom det ikke legges opp til gjennomgående isolert hvelv, men kun behovsrettet vann- og frostsikring der det er større vannlekkasjer, forutsetter dette at luftrommet i tunnelen har tilstrekkelig lav og konstant temperatur til at bergmassen nærmest tunnelen holdes konstant nedfrost. Dette for å unngå temperatursvingninger og fryse-/tineprosesser i bergmassen nærmest tunnelen med påfølgende potensiale for frostsprengning av berg og isproblemer. Ettersikring av tunnelen som beskrevet i kapittel 5.1 dimensjoneres for å kunne tåle påkjennningene som isdannelse i sprekker vil gi. I tillegg må det også sikres mot nedfall av issvuller, og utføres rensk av is ved behov.

I seksjonene med full utstøpt profil vil det kunne være aktuelt å tette støpeskjøtene hvor det observeres fukt med fugemasse, eller ved at det lokalt kontaktinjseres gjennom støpen for å stoppe vannlekkasjer som kan gi isdannelse. Det kan og benyttes PE-skum som boltes til betongen og dekkes med sprøytebetong.

4 Inspeksjoner av bergkonstruksjon

4.1 VEGTUNNEL OG SKITUNNEL

De forskjellige alternativene for etterbruk vil gi forskjellige behov for inspeksjoner av bergkonstruksjonen.

Som beskrevet i kapittel 5.1, anbefales det at bergsikringen i tunnelen oppgraderes i henhold kravene i Håndbok N500 [1] ved bruk som vegtunnel eller skitunnel, eller annen tilsvarende bruk der personer oppholder seg over tid. Statens Vegvesen er per februar 2015 i gang med en revisjon av håndboken, som blant annet vil innebære at kravet om tilrettelegging for inspeksjon av bergsikring bak hvelv vil kunne utgå. Berg sikret i henhold til retningslinjene i någjeldende versjon av håndboken vil framover måtte betraktes som en varig konstruksjon, uten krav til jevnlig inspeksjon og oppgradering.

Den eksisterende bergkonstruksjonen må kontrolleres grundig av personell med ingeniørgeologisk kompetanse etter at gammelt hvelv er fjernet og før ettersikringsarbeidene settes i gang, for å forsikre seg om at ettersikringen dimensjoneres etter de faktiske bergforholdene.

Et eventuelt nytt vann- og frostsikringshvelv forventes ikke måtte dimensjoneres for senere framkomst i rommet mellom hvelv og berg. Det kan allikevel være nyttig å etablere luker for visuell inspeksjon av berget ved bruk av Holmestrandtunnelen som skitunnel. Dette for å kunne følge med på eventuell isdannelse på baksiden av hvelvet.

4.2 LAGER

På grunn av den mindre omfattende ettersikringen som forventes å være nødvendig om bruken av tunnelen begrenses til lagerareal, vil dette alternativet kreve jevnlig inspeksjoner av bergforholdene. Det vil også være behov for periodisk vedlikeholdsrensk av berg som ikke er sikret med sprøytebetong.

Dersom det eksisterende hvelvet erstattes med en enklere drypphvelvløsning, tunnelduk eller lignende, gjennomgående eller der det er behov for dette, vil det fortsatt være behov for å gjennomføre inspeksjon av berg og bergsikring bak hvelvet hvis det ikke sikres på et nivå tilsvarende som for vegtunnel. Det bør da legges til rette for inspeksjoner av berg og bergsikring, i form av luker og tilstrekkelig rom for inspeksjon.

Inspeksjon av berg og bergsikring bør gjennomføres minst hvert 5. år.

5 Andre forhold vedrørende sikkerhet

5.1 VURDERING AV AKSEPTABELT NIVÅ PÅ STABILITETSSIKRINGEN

Følgende dokumenter er styrende ved prosjektering av anlegg i og på berg

- Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering med tilhørende rettelsesblad, nasjonale tillegg og veiledninger.
- For vegtunneler gjelder i tillegg Håndbok N500, utarbeidet av Statens Vegvesen. Normalen gjelder for nye tunneler, og skal også legges til grunn ved oppgradering av eksisterende tunneler.
- Gjeldende praksis for norske forhold har generelt vært basert på å dimensjonere bergsikringen basert på bergmassens kartlagte kvalitet, anleggets spennvidde og dimensjoner, og kravet til sikkerhet. Norsk praksis for bergmasseklassifisering og dimensjonering av bergsikring er beskrevet i dokumentet Håndbok: Bruk av Q-systemet – Bergklassifisering og bergforsterkning utarbeidet av NGI.

I forbindelse med bygging og sikring av berganlegg skilles det mellom totalstabilitet og detaljstabilitet.

Førstnevnte omfatter helhetlig stabilitet med hensyn til konstruksjoners eller delkonstruksjoners funksjon. For ivaretagelse av totalstabilitet kreves at omfang av deformasjon, brudd eller forskyvning ikke overskrider prosjektdefinerte akseptable grenser og ikke medfører varig nedsatt stabilitet eller progressiv destabilisering av konstruksjonen/delkonstruksjonen. Raset som gikk i Holmestrandtunnelen i 2009 er et kjent eksempel på en hendelse som omfattet tunnelens totalstabilitet.

Med detaljstabilitet menes lokal stabilitet av mindre element av en konstruksjon eller delkonstruksjon, hvor eventuell deformasjon, brudd eller forskyvning ikke påvirker totalstabilitet som definert over, samt ikke overskrider prosjektdefinerte akseptable grenser for detaljstabilitet. Nedfallet av småstein observert langs veggene i tverrslagstunnelen under befaringen 11. februar (vist i Figur 4) er et eksempel på stabilitetshendelser som omfattes av dette begrepet.

I vurderingene som følger i dette delkapittelet er det tatt utgangspunkt i at tunnelens totalstabilitet skal være ivarettatt over hele tunnelens lengde og til enhver tid for alle vurderte bruksalternativer. Kravene til detaljstabilitet vil derimot til en viss grad kunne tilpasses anleggets funksjon og bruksområder.

For alle brukstilfeller er det en forutsetning at eksisterende (gammelt) tunnelhvelv rives så det kan utføres en grundig ingeniørgeologisk vurdering av tunnelstabiliteten.

5.1.1 Vegtunnel

Ved en eventuell gjenåpning av Holmestrandtunnelen for ordinær biltrafikk, vil tunnelen måtte oppgraderes for å møte kravene til sikkerhet som stilles i Håndbok N500 for vegtunneler av tilsvarende lengde og med tilsvarende trafikkgrunnlag.

Størsteparten av bergmassen vurderes av Statens Vegvesen å ligge i kvalitetsklassene C eller D, basert på visuell inspeksjon av bergmassen ved tunnelpartier med synlig berg og gjennom lukene i hvelvet [6]. Synlig berg utenfor hvelv er av Norconsult vurdert i hovedsak å ligge i klasse B/C.

Kravene til sikkerhet mot nedfall av berg i vegtunneler er betydelig skjerpet i forhold til praksisen som var gjeldende under tunnelens byggefase. De fleste områdene som per i dag er sikret med spredt bolting og lett nett, vil måtte ettersikres med sprøytebetong og systematisk bolting for å tilfredsstillе dagens regelverk. Dette da heller ikke mindre nedfall av stein fra heng eller vegg vil være akseptabelt.

Tabell 1 viser krav til permanent sikring i vegtunneler i bergmassekvalitetsklasser A til D. For Holmestrandtunnelen innebærer dette i praksis et behov for systematisk bolting av berget, samt overflatesikring med sprøytebetong av alt synlig berg ned til såle eller ved lite oppsprukket berg godt ned på veggene. Dette for å sikre mot både store og små nedfall i tillegg til å ivareta totalstabiliteten i tunnelen.

Tabell 1: Sammenheng mellom bergmasseklasser i Q-systemet og bergsikringsklasse i vegtunneler (utdrag fra Tabell 7.1 i Håndbok N500 [1])

Bergmasse klasse	Bergforhold Q-verdi ⁽¹⁾	Sikringsklasse Permanent sikring
A/B	Lite oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand > 1m. Q = 10 – 100	Sikringsklasse I - Spredt bolting - Sprøytebetong B35 E700 tykkelse 80 mm, ned til 2 m over såle
C	Moderat oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand 0,3 – 1 m. Q = 4 – 10	Sikringsklasse II - Systematisk bolting (c/c 2 m), endeforankrete, forspente, gyste - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm, sprøytes ned til såle
D	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt skifrig bergmasse. Midlere sprekkeavstand < 0,3 m. Q = 1 – 4	Sikringsklasse III - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 100 mm eller mer. - Systematisk bolting (c/c 1,5 m), endeforankrete, endeforankrete som gyses i ettertid, eller gyste

5.1.2 Skitunnel

Ingen av de tidligere nevnte styrende dokumentene for prosjektering av anlegg i berg gir konkrete rettingslinjer for prosjektering av skitunneler.

Håndbok N500 gjelder imidlertid også for gang- og sykkel-tunneler og for gang- og sykkel-felt som er en del av vegtunneler, samt rømningstunneler. Konsekvensene som følge at et eventuelt ras i en gangtunnel og i en skitunnel vil være tilnærmet identiske, noe som tilsier at det samme sikringsnivået bør benyttes for begge bruksområdene.

Q-systemet [2] inneholder generelle anbefalinger for bestemmelse av sikringsomfang av bergsikring i ulike typer underjordsanlegg, basert på anleggets formål. Inndelingen i typer anlegg er forholdsvis grov. Klassen under det som er vanlig klasse for vei- og tog-tunneler omfatter for

eksempel kloakktunneler, trykkammer for vannkraft og perifere samferdselstunneler, mens klassen over omfatter blant annet underjordiske atomkraftverk og store publikumshaller. En skitunnel vurderes dermed å tilhøre samme klasse som større vei- og togtunneler. Bruk av Holmestrandtunnelen som skitunnel forutsetter altså ettersikring tilsvarende det som er beskrevet under forrige punkt.

Hvorvidt det bør legges opp til gjennomgående isolert hvelv eller hvelv kun lokalt der det er større vannlekkasjer, vil i første rekke være forbundet med funksjonskrav og vedlikeholdskrav for tunnelen, sett i sammenheng med bruken. Detaljstabiliteten og sikring med hensyn til nedfall av stein og is må imidlertid være ivaretatt.

Bergoverflate som vil være blottlagt (dersom noen deler av tunnelen beholdes uten hvelv) forutsettes som øvrige deler av tunnelen sprøytes inn med fiberarmert sprøytebetong for å unngå nedfall og frostsprengning, og for å øke den generelle trygghetsfølelsen for publikum. Det kan i tillegg være nødvendig å montere steinsprangnett utenpå sprøytebetongen i partier med mye fukt som en sikring mot nedfall av issvuller som kan dannes utenpå sprøytebetongen.

5.1.3 Lager

Ved bruk av tunnelen som lager vil den totale oppholdstiden av personer i tunnelen reduseres betraktelig i forhold til alternativene beskrevet ovenfor, og kravene til sikringsomfanget vil kunne reduseres tilsvarende.

Sikringsnivået i et lager under jord vil normalt kunne tillates å legges noe lavere enn i en trafikk- eller publikumstunnel. En systematisk overflatesikring av alt berg med sprøytebetong, også i vegger, vil ikke være nødvendig der berget er av god nok kvalitet. Mindre nedfall som måtte skje lavt fra vegg vil heller ikke utgjøre noen særlig risiko dersom ferdsel av personell og maskiner i tunnelen vil være begrenset til sporadiske og korte opphold. Sikringsomfanget må sees i sammenheng med behovet for periodisk vedlikeholdsrensk av usikret bergoverflate.

Ved bruk av Holmestrandtunnelen som lager må sikringsomfanget være tilstrekkelig for å ivareta totalstabiliteten. Videre må detaljstabiliteten ivaretas minimum ved rensk og bolting av heng og vegg etter forholdene. Overflatesikring (nett eller sprøytebetong) mot nedfall av ustabil stein og blokk fra heng og vederlag der bergkvaliteten er dårlig bør også være et minimumsnivå for sikringen.

Hvorvidt det bør legges opp gjennomgående eller seksjonsvis hvelv eller annen enklere løsning for avskjerming av vann vil for tilfeller der det ikke tilføres frost være forbundet med funksjonskrav og vedlikeholdskrav for tunnelen, og ikke direkte forbundet med sikkerheten (mot nedfall).

6

Vurdering av notat N-RA-291 «Tilstandsvurdering Holmestrandtunnelen»

6.1.1 Innledning

I forbindelse med prosjektet "Modernisering av Vestfoldbanen Parsell 5.3 Holmestrand-Nykirke har det blitt sprengt ut en jernbanetunnel med tilhørende stasjonshall, tverrslag/rømningstunneler og tekniske rom langs den eksisterende Holmestrandtunnelen.

NGI ved Panayiotis Chryssanthakis har på oppdrag fra Rambøll vurdert tilstanden til Holmestrandtunnelen etter avsluttet sprengningsarbeid i jernbanetunnelen med tilhørende sidetunneler og bergrom.

I det følgende er det gjort en vurdering av arbeidet presentert i notatet N-RA-291 [3], som spesifisert i punkt 6 i oppdragets kravspesifikasjonsliste. I tillegg gis noen supplerende kommentarer om de ingeniørgeologiske forholdene i tunnelen. Vurderingene er basert på befaringsnotat ved tunnelen foretatt onsdag 11. februar av Norconsult ved Andreas Ongstad og Erik Martinelli.

6.1.2 Metode

Hele veitunnelen inkludert tverrslaget ut til Nyveien ble inspisert til fots fra veibanenivå, med start ved søndre påhugg. Partiene med eksponert berg ble inspisert visuelt. Det ble også sett etter skader på hvelv og betongutstøpning som kunne skyldes bergnedfall/deformasjoner. Det ble ikke inspisert bak hvelv, med unntak av enkle observasjoner gjennom lukene som var åpne og tilgjengelige på befaringsdagen.

6.1.3 Generell vurdering av notat N-RA-291

Notatet N-RA-291 vurderes generelt å gi en dekkende beskrivelse av de ingeniørgeologiske forholdene i tunnelen.

De anbefalte tiltakene i notatet synes å være i samsvar med de observerte forholdene Norconsult registrerte under befaringsdagen. Ingen av tiltakene så imidlertid ut til å være iverksatt på befaringsdatoen 11. februar 2015.

Det ble ved befaringsdagen registrert noen forhold som ikke nevnes i notat N-RA-291. Tverrslagstunnelen ut til Nyveien er ikke kommentert i notatet, og kommenteres derfor spesielt. Tunnelen er etter dagens standard undersøkt, og sikringstiltak på lik linje med resterende deler av tunnelen vil være nødvendig om tunnelen forutsettes benyttet i forbindelse med det nye anlegget.

Det understrekes at både NGIs og Norconsults ingeniørgeologiske vurderinger er basert på observasjoner av de få tilgjengelige partiene med eksponert berg mellom de lengre partiene med

hvelv. Disse partiene antas å ha generelt bedre bergmassekvalitet enn hva som er gjennomsnittet for Holmestrandtunnelen, noe som i stor grad bekreftes av observasjonene i Vegvesenets rapporter *Statusrapport Holmestrandtunnelen – Delrapport Geologi* av 2015-02-13 [6] og *Rv313 Holmestrandtunnelen. Ing.geologisk inspeksjon* av 2008-06-30 [4]. Det er generelt knyttet stor usikkerhet rundt bergforholdene i områdene av Holmestrandtunnelen som er dekket av hvelv.



Figur 4: Mindre nedfall av berg i tverrslagstunnelen ved Nyveien

7

Konklusjoner og anbefalinger

Forutsetningene for tilstrekkelig sikkerhet mot brann og sambruk betinger bruk av tunnelen som ikke bidrar til øket brannenergi dersom en skal unngå plasskrevende skiller allokert til JBV.

Lagt til grunn vurdering av utnyttelsesgrad og brannsikkerhet er tunnelen mest egnet til bruk som skitunnel, gjerne i kombinasjon med skytebane.

Ved å definere anlegget i brannklasse 4 kan sikkerhetsnivået dokumenteres med analyse, hvor utgangspunktet er at tunnelen tilfredsstiller kravene til sikkert sted. Forholdet må drøftes videre med JBV.

Vestfold interkommunale brannvesen er positive til bruk av tunnelen som skianlegg. Også med hensyn til innsats for brann i nabotunnel.

Annet bruk som ikke øker brannenergien kan være lagring av ubrennbare materialer som stål, stein, glass o.l., men dette blir plasskrevende og gir liten utnyttelseskapasitet.

Velges det en aktivitet som øker brannenergien må tunnelen seksjoneres med vertikale seksjoneringsvegger og brannporter for hver 100 m, totalt 18 stk. I tillegg må det sikres transportmuligheter innbyrdes mellom seksjonene, og kapasiteten til tunnelen vil bli mindre enn 50%. En slik løsning betinger også at JBV aksepterer å bruke felles atkomstsystem som øvrig tunnelbruk betinger.

Uavhengig av etterbruken vil det være behov for å utføre en grundig inspeksjon av berg og eksisterende bergsikring av hele tunnelen. Det vil også være behov for ettersikring av tunnelen iht. dagens standard for stabilitetssikring, sett i forhold til den tiltenkte etterbruken.

For alle alternativer for etterbruk vil det være nødvendig at eksisterende gammel hvelvkonstruksjon (aluminiumshvelv og glassfiberhvelv) rives i sin helhet for å få enkel tilkomst til berget bak hvelvet for inspeksjon og utførelse av stabilitetssikring. Sprøytebetonghvelv og utført stabilitetssikring i bakkant er av nyere dato og kan forutsettes å beholdes.

Ved bruk av tunnelen til publikumsformål (skitunnel, skytebane) vurderes nødvendig sikringsnivå å være i tråd med Statens vegvesens praksis for vegtunneler, dvs. spredt til systematisk sikring med bolter i heng og vegg, i kombinasjon med overflatesikring av hele heng pluss vegger med sprøytebetong. Ved bruk av tunnelen som lager vil omfanget av overflatesikring kunne reduseres noe i forhold til dette der bergkvaliteten er god, samt i veggene der evt. mindre nedfall vil ha små konsekvenser.

Vann- og frostsikring av tunnelen vil i hovedsak være et spørsmål om hvilke funksjonskrav som stilles i forhold til bruken av tunnelen. Ved bruk som skitunnel, der frost tilføres tunnelrommet, vil det i tillegg være et vedlikeholdsspørsmål mht. rensk av is.

8 Referanser

- [1] Statens vegvesen Vegdirektoratet: Håndbok N500 Vegtunneler. 2014.
- [2] NGI: Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning. 2013.
- [3] Rambøll Norge v/NGI: Notat N-RA-291 Tilstandsvurdering Holmestrandtunnelen. 2014-09-22.
- [4] Statens vegvesen, Vegteknisk seksjon, Region sør, Ressursavdelingen: Rv313 Holmestrandtunnelen. Ing. Geologisk inspeksjon. Rapport nr. 2005040747-108. 2008-06-30.
- [5] Statens vegvesen, Vegteknisk seksjon, Region sør, Ressursavdelingen: Rv313\Hp04\km 1380-3240. Ras i Holmestrandtunnelen, Holmestrand kommune i Vestfold. Rapport nr. 2005040747-128. 2009-05-25.
- [6] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Veg- og transportavdelingen. Stab Veg- og transportavdelingen. Mulighetstudie. Mulig åpning av Holmestrandtunnelen for offentlig trafikk. Delrapport 8: Geologi. 2015-02-13.
- [7] Grimstad, E.: Ingeniørgeologi ved Holmstrandtunnelen. Fjellsprengeteknikk – bergmekanikk – geoteknikk, Oslo 1981. Side 30.1 – 30.8. Trondheim, Tapir.
- [8] Rambøll Norge: Notat N-RA-289 Brannteknisk vurdering av rømning og bruk av Holmestrandtunnelen.