Nødlysanlegg Ulvintunnelen

Vurdering av komponentsvikt, sannsynligvis etter tordenvær

Bakgrunn

Etter to hendelser med lynaktivitet i 2019 har komponenter knyttet til nødlysanlegget i Ulvintunnelen sviktet. Dette notatet tar en gjennomgang av systemets oppbygning og vurderer hvor lynspenningen kan ha kommet inn i anlegget og hvilke tiltak man kan gjøre mot slik utstyrssvikt i framtiden.

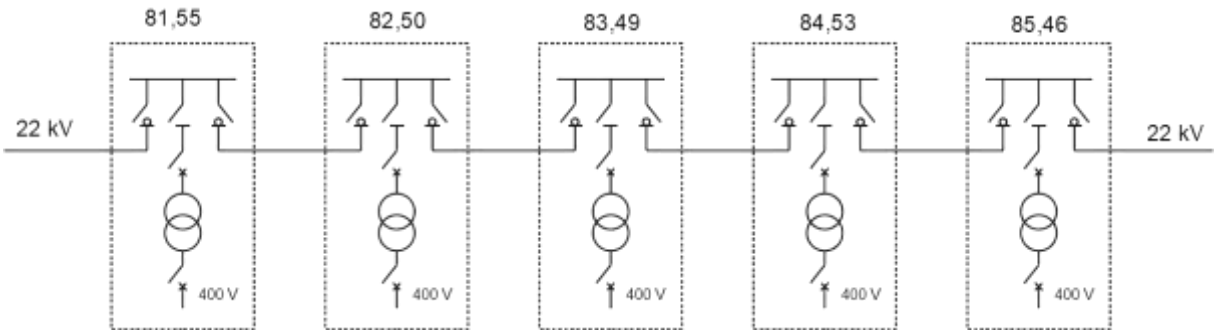
Anleggets oppbygning

Ulvintunnelen går fra km 81,50 til km 85,50 (4,00 km). Tunnelen har et teknisk bygg ved hver munning og en inne i tunnelen for hver kilometer.

- Km 81,55
- Km 82,50
- Km 83,49
- Km 84,53
- Km 85,46

Jordingsanlegget for de tekniske byggene er koplet til returkretsen (kjøreskinnene) på stedet.

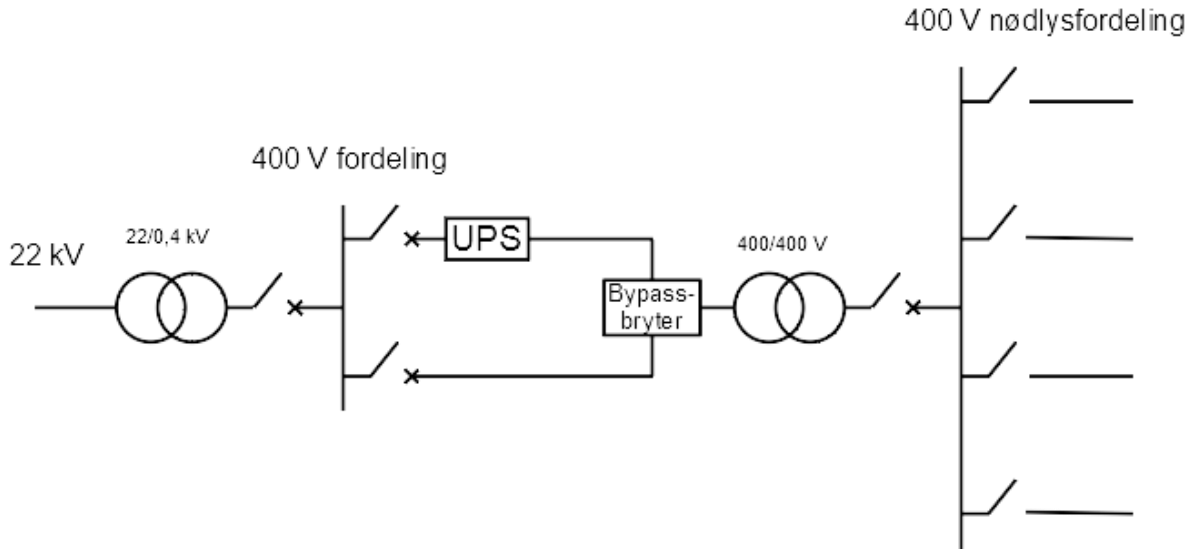
Strømforsyningen til de tekniske byggene kommer fra 22 kV langsgående strømforsyning. Strømforsyningen mellom de tekniske byggene er kablet med 3 x 1 x 150 mm2 Al 22 kV-kabel. Innmatingspunkter til 22 kV-systemet er ved Molykkja, km 79,10 og ved Strandlykkja, km 90,10. Nettet driftes elektrisk adskilt mellom innmatingspunktene, og kan driftsmessig deles opp ved hvert bryteranlegg. Nettet er normalt delt ved teknisk bygg km 83,49 i Ulvintunnelen, slik at teknisk bygg 83,49 blir matet nordfra mens 81,55 og 82,50 blir matet sørfra.



Figur 1. Prinsipiell oppbygning av 22 kV strømforsyning i Ulvintunnelen

Fra 400 V-forsyningen er det en kurs til nødlysanlegget i hvert tekniske bygg. Det er en egen UPS med bypass til nødlysanlegget. På utgangen fra UPS-en er det en skilletransformator 400 / 400 V (TN-S på begge sider av transformatoren). Fra skilletransformatoren er det en egen 400 V nødlysfordeling med en kabel for hver side av tunnelen i hver retning, totalt 2 eller 4 kurser.

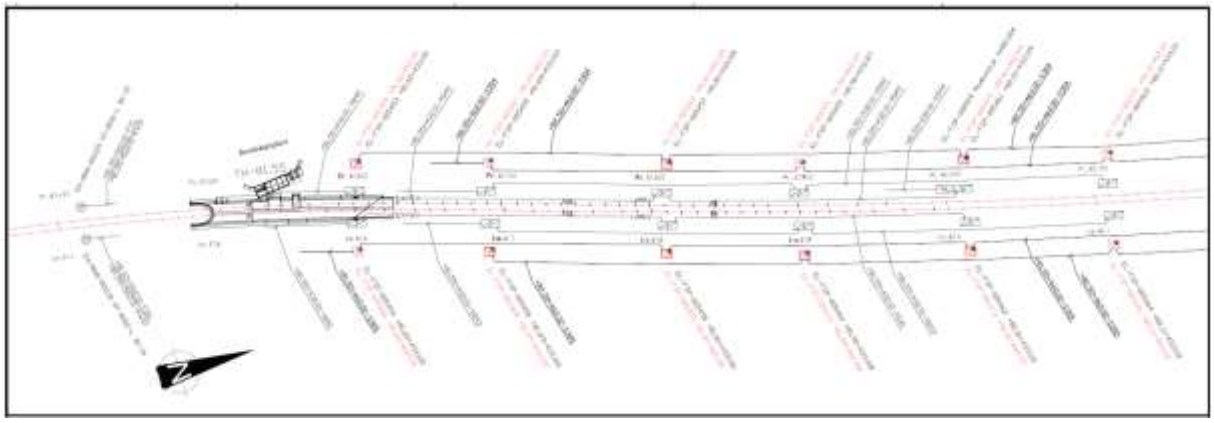
I 400 V nødlysfordelingen er det også installert overspenningsvern type Eaton SPCT2-284/4, med vernenivå Up på 1,4 kV. Det vil si at enheten garanterer at maksimal toppverdi for overspenning som kan oppstå mellom en fase og jord i denne forsyningen er 1,4 kV.



Figur 2. prinsipiell oppbygning av strømforsyning til nødlys i tekniske bygg

Kursene forsyner nødlyssentraler med 400/230 VAC strømforsyning helt fram til motstående tekniske bygg, og har overlappende forsyningsområde med motstående tekniske bygg. Hver 100 m er det et en nødlyssentral som forsynes med 400/230 VAC vekselvis fra teknisk bygg nordfra og sørfra.

Figur 3 viser oppbygningen av strømforsyning til nødlyssentraler fra teknisk hus ved portal syd.



Figur 3. Strømforsyning til nødlyssentraler fra teknisk hus portal syd, km 81,55

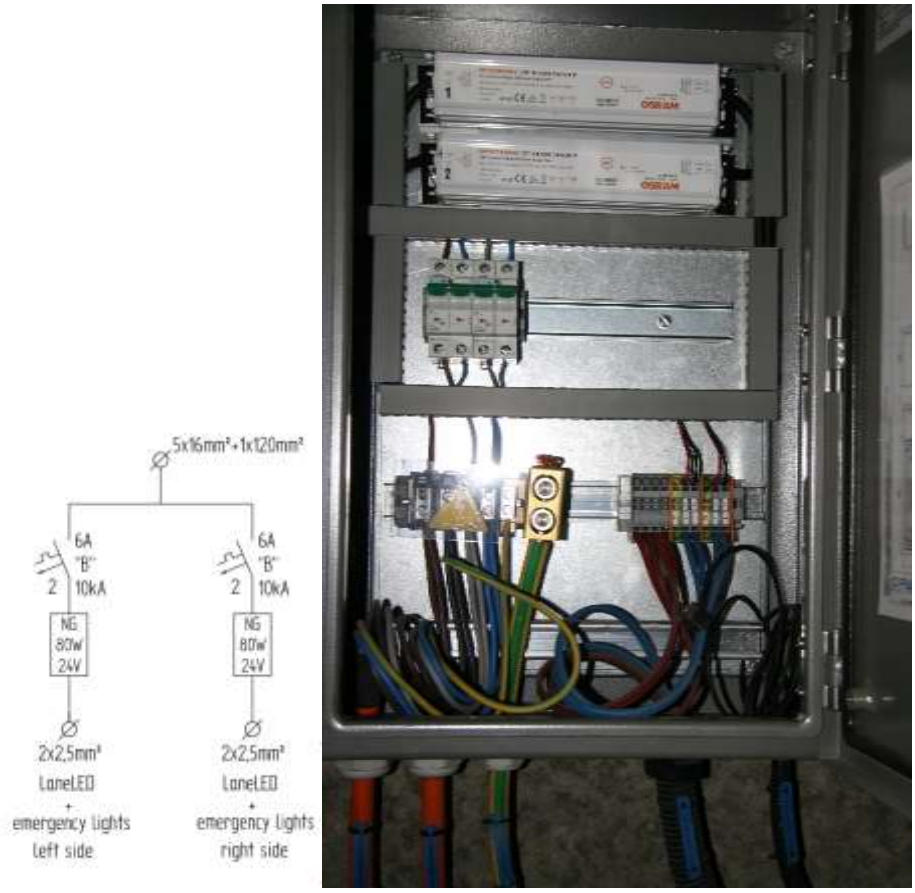
Tabell 1 gir oversikt over nødlyskursene mellom tekniske hus TH 81,55 og TH 82,50.

	Venstre side av tunnelen (stigende km)		Høyre side av tunnelen (i stigende km)	
Forsynt fra teknisk hus	TH 81,55	TH 82,50	TH 81,55	TH 82,50
Kursnummer	+81,55=462.02 S304	+82,50=462.02 S304	+81,55=462.02 S305	+82,50=462.02 S305
Nødlyssentral km	81,7 81,9 82,1 82,3	82,4 82,2 82,0 81,8 81,6	81,6 81,8 82,0 82,2 82,4	82,3 82,1 81,9 81,7
Kabellengde	800 m	900 m	900 m	800 m

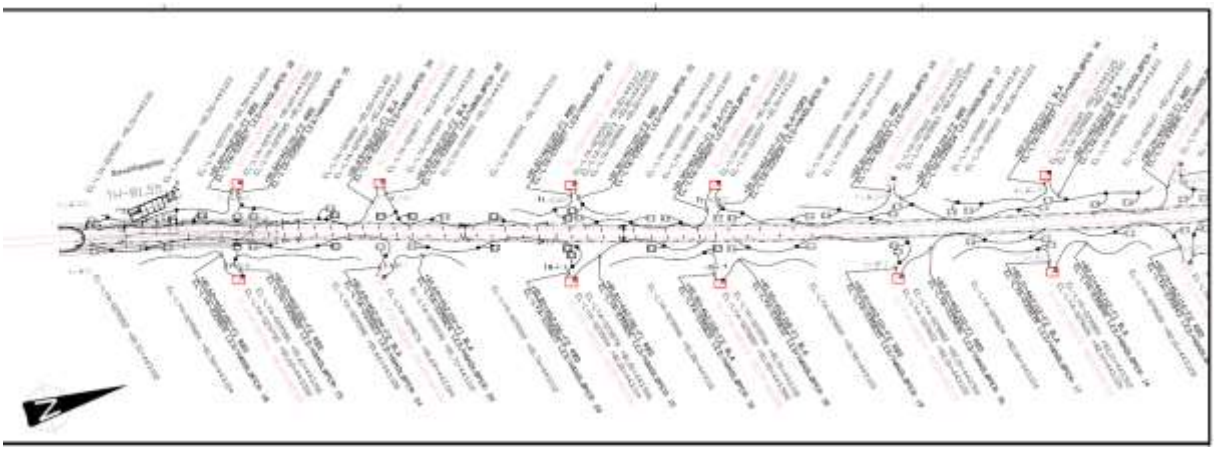
De aktuelle kablene for 400 V kursene er angitt til BFSI 5x10 mm2 Cu (funksjonssikker kabel med skjerm) i dokumentasjonen for underfordelingen, og til 5x16 mm2 Cu i dokumentasjonen for nødlysanlegget. Kabelskjermen og PE-lederen er seksjonert ved hver nødlyssentral og utjevnet til skapet/returkretsen i den enden som er nærmest forsyningen.

I hver av nødlyssentralene er det etablert en likeretter type Optotronic 80/220 – 240/24 P (80 W 24 V) for forsyning av 24 VDC nødlysarmaturer og skiltbelysning ca 100 m. i hver retning, overlappende med forsyning fra nødlyssentralen 100 m i hver retning som er forsynt fra motstående tekniske hus. Ved tunnelmunningene er enkelte 24 VDC kurser inntil 215 m lange.

Likeretteren er dimensjonert for en maksimal impulsspenning på 4 kV (L – N) og 6 kV (L/N – PE). Den er også dimensjonert for en galvanisk isolasjon på 3,75 kV mellom primær- og sekundærsiden. Monteringsanvisningen er tilgjengelig på nett, og denne angir at ettersom likeretteren er «Protection Class II» er det ikke nødvendig å tilkople enheten til jordpotensiale. Etter informasjon fra infrastruktureier likeretteren ikke tilkoplet PE, og likeretteren er elektrisk isolert fra skapet.



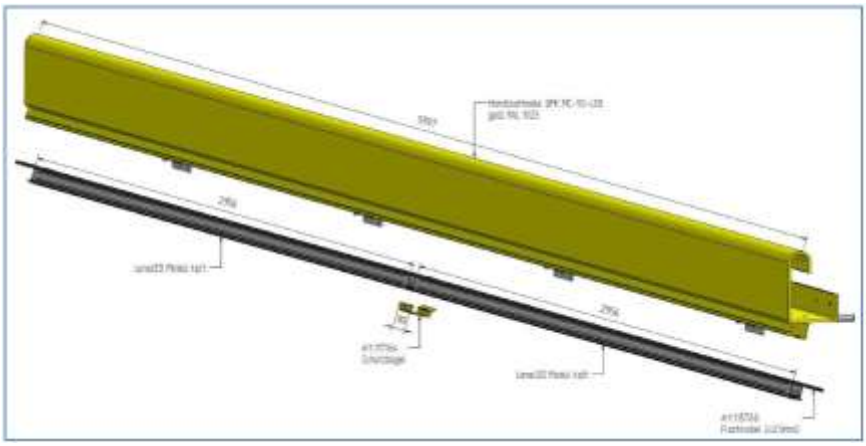
Figur 4. Nødlyssentralen forsyner nødlysarmaturer og skiltbelysning med 24 VDC ca. 100 m til hver side.



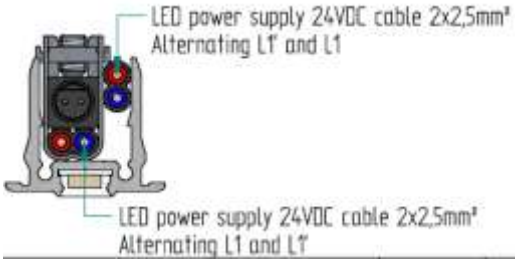
Figur 5. Oversikt over forsyning av nødlysarmaturer og skiltbelysning fra tunnelportal sør (TH 81,55)

Oppbygningen av nødbelysningen er som beskrevet under, hentet fra brukerdokumentasjonen.

Nødbelysningen er integrert i håndløperen. Håndløperen er i glassfiber, og i et spor på undersiden av håndløperen er det festet et aluminiumsprofil med 24 VDC strømforsyningskabler og lysarmatur. Aluminiumsprofilet kommer i lengder på 3 meter. Det er ikke elektrisk kontakt mellom profilene over skjøter. Profilene er festet over skjøtene med klips i glassfiber. De eneste gjennomgående ledende delene er dermed 24 VDC-kablene.



Figur 6. Håndløper og aluminiumsprofil.



Figur 7. Plassering av kabler og aluminiumsprofil inne i sporet på undersiden av håndløperen. Kablene veksler for hvert profil slik at annethvert 3 meter lange profil er forsynt fra hvert sitt tekniske hus.

Feilhendelser

To hendelser med stor lynaktivitet tidlig i juni og sent i august 2019 antas å ha ført til omfattende skader på nødlysanlegget. E-poster fra Bjørn Jensen og notat fra Yngvar Skilnand beskriver feilene detaljert.

Ved opptelling i juni ble det registrert skader på 356 led-moduler i håndløper og 18 skiltlys. Feilene omfatter moduler som er helt mørke, moduler som lyser delvis og moduler som lyser svakt. Feil på skiltbelysningen er i hovedsak at de lyser svakt etter hendelsene.

Under er det limt inn noen bilder som viser skader på nødlysarmaturene.









I tillegg var 6 likerettere defekte. Det var skader på nødlysarmaturer også i tilfeller der likeretterne var uskadet. Ingen overspenningsvern har løst ut. Overspenningsvern er kun plassert i tekniske bygg i 400 V nødlysfordeling. Begge sikringene for nødlysfordeling i Teknisk hus 81,55 (sikring F304 og F305) hadde løst ut.

De 6 defekte likeretterne er listet opp i tabellen:

Nødlyssentral og -kurs	**Side av tunnelen**	**Forsynes fra 400 V kurs**	**Forsyning fra teknisk hus**
+82,01=462.110-F1	Høyre	+81,55=462.02 S305	81,55
+82,19=462.114-F1	Høyre	+81,55=462.02 S305	81,55
+82,30=462.115-F1	Venstre	+81,55=462.02 S304	81,55
+82,30=462.116-F2	Høyre	+82,50=462.02 S305	82,50
+82,51=462.120-F2	Høyre	+83,49=462.02 S305	83,49
+82,80=462.126-F2	Høyre	+82,50=462.02 S307	82,50

Ved befaring den 15.09.2019 ble ytterligere skader konstatert, mulig etter nytt tordenvær sent i august. Blant annet var en strekning på 100 meter helt mørk. Det ble registrert størst skade på høyre side ved søndre portal, mellom ca. km. 81,5 – 82,0. I tillegg til skadde lysarmaturer ble følgende registrert:

- Sikring utløst i TH 81,55 og i TH 82,50:
  - +81,55=462.02-F305B (Høyre side)
  - +82,50=462.02-F304B (Høyre side)
  - Sikring på den samme kursen i teknisk hus 81,55 hadde løst ut også ved den første hendelsen.
- Vern utløst i nødlyssentraler
  - +82,19=462.114-F1 (Høyre side, forsynt fra TH 81,55)
  - +82,30=462.115-F1 (Venstre side, forsynt fra TH 81,55)
  - +83,39=462.138-F2 (Høyre side, forsynt fra TH 82,50)
- Defekte likerettere er angitt i tabellen.

Nødlyssentral og -kurs	**Side av tunnelen**	**Forsynes fra 400 V kurs**	**Forsyning fra teknisk hus**
+81,69=462.104 F1, mulig også F2	Høyre	+82,50=462.02 S305	82,50
+81,81=462.106 F1, mulig også F2	Høyre	+81,55=462.02 S305	81,55
+82,01=462.110-F1	Høyre	+81,55=462.02 S305	81,55
+82,19=462.114-F1	Høyre	+81,55=462.02 S305	81,55

De to siste av disse var byttet etter den første hendelsen, og ble altså defekt på nytt etter den andre hendelsen.

Vurdering

Generelt

I en begrenset gjennomgang som denne er det ofte ikke mulig å finne en konkret feil i utførelsen og si at «dette er årsaken til hendelsene». Gitt at man vet at de aktuelle feilene har skjedd er det likevel ofte mulig å gå gjennom anleggets utførelse og finne egenskaper ved utførelsen som kan gjøre anlegget sårbart for de feilene man har erfart. I dette avsnittet er det gjort en slik gjennomgang, og det er pekt på noen forhold som kan gjøre det aktuelle anlegget sårbart.

Feilmønstre

Det er ofte nyttig å sette opp oversikter over hvilket utstyr som har sviktet og undersøke hvilke felles egenskaper disse har som skiller dem fra utstyr som ikke har sviktet. I dette tilfellet er det forsøkt å sette opp slike oversikter ut ifra fysisk plassering i tunnelen og ut ifra hvor de ulike nødlyssentralene får strømforsyning fra. Ut ifra dette finner vi ikke entydige sammenhenger.

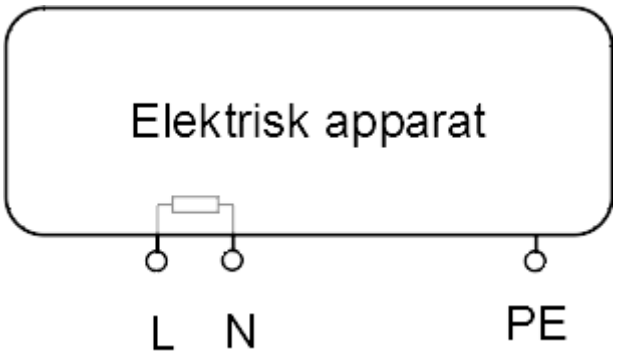
Vi finner at utstyr knyttet til ulike 24 VDC-kretser har sviktet, i hovedsak nær den søndre tunnelmunningen og ca. 1,5 km inn i tunnelen. Det defekte utstyret har strømforsyning fra 3 ulike tekniske hus: 81,55, 82,5 og 83,49. Det ser ut til å være mer defekt utstyr på høyre side enn på venstre side av tunnelen, selv om det også finnes en del defekt utstyr på venstre side.

Ut ifra dette kan det synes som om den fysiske plasseringen til det defekte utstyret har mer å si enn hvor utstyret er strømforsynt fra. Men dette bildet er altså ikke entydig.

Hva er årsaken til skader på utstyr?

Skader ved lynaktivitet oppstår som følge av overspenning mellom tilkoplingspunkter på utstyr. Lynspenninger vil normalt være så raske at de ikke løser ut sikringer. Utløste sikringer kan tyde på at overspenningen har forårsaket overslag og etterfølgende kortslutning i et elektrisk apparat, og denne kortslutningen har da løst ut sikringen.

Et tenkt elektrisk apparat er tegnet i figuren under med tilkoplingspunkter for strømforsyning: L og N, og tilkoplingspunkt for beskyttelsesjord, PE. Belastningen inne i apparatet er alltid koplet mellom L og N, mens det skal være tilstrekkelig stort isolasjonsnivå fra både L og N til PE. Standarder for beskyttelse av elektrisk utstyr stiller krav til hvor stor impulsoverspenning et apparat skal tåle mellom de ulike terminalene. For strømforsyningsterminaler i jernbanemiljø krever EN 50121-5 at strømforsyningstilkoplingene for elektriske apparater skal tåle minst 4,0 kV mellom PE og øvrige terminaler, og 2,0 kV mellom L og N. Det elektriske anlegget skal være utformet slik utstyret er beskyttet mot overspenninger som overstiger dette. Databladet for likeretteren angir at den er testet for en impulsoverspenning på 6 kV mellom L/N og PE, og 4 kV L og N, og den oppfyller derfor dette kravet i standarden med god margin.



Figur 8. Elektrisk apparat med tilkoplingspunkter for strømforsyning

Et lyn slår vanligvis ned i det høyeste punktet. Ofte er det høydepunkter i terrenget nær jernbanetraseen som overfører en overspenning til jernbaneanlegget galvanisk via jord, og induktivt i luft ved magnetfelter. Resultatet av dette blir en spenningsoppbygning i jernbaneanlegget, i hovedsak i kjøreskinner og i langsgående jordleder.

I noen tilfeller kan lynet slå direkte ned i jernbaneanlegget, da primært i det høyeste punktet. Den aktuelle strekningen utenfor Ulvintunnelen er utført med autotransformatorsystem der de tilhørende lederne (positivleder og negativleder) henger øverst på masta. Det er derfor sannsynlig at eventuelle lynnedslag vil treffe disse lederne. Isolatorene er dimensjonert for å holde på lynspenninger inntil 125 eller 170 kV.

En impulsspenning fra et direkte lynnedslag er normalt betydelig større enn dette, litteraturen angir at de største lynimpulsene kan anta verdier på flere hundre kV, i enkelte tilfeller opp mot 1 MV. Derfor forventes det at en impulsspenning fra et direkte lynnedslag vil slå over isolatoren til nærmeste mast. Masta er koplet til langsgående jordleder. Lynet vil derfor følge langsgående jordleder til nærmeste tilkopling til kjøreskinnene.

Resultatet av dette er at en lynspenning som er større enn 170 kV kan bli ledet inn i returkretsen ved mastepunkter i friluft. Utstyr som er tilkoplet returkretsen er derfor utsatt og må beskyttes mot slike lynspenninger. Spenningsimpulsen dempes langs jernbanen. Tidligere utredninger rundt dette antyder at 200 – 500 meter fra et nedslagssted kan det antas at lynimpulsen er dempet til noen få prosent. I returkretsen vil det også oppstå refleksjonspunkter ved koplingspunkter og liknende. Ved et refleksjonspunkt er det potensiale for at en innkommende impuls kan øke kraftig. En tommelfingerregel tilsier at en innkommende impuls omtrent kan dobles ved et refleksjonspunkt.

Vurdering av mulige veier for lynimpulsen

Det utstyret man vet har fått skader ved de aktuelle hendelsene, er flere likerettere for nødlysarmaturer i flere nødlyssentraler. Likeretterne har tilkoplingspunkter for innkommende strømforsyning L og N, PE, og for utgående 24 VDC mating (+ og -). PE er ikke tilkoplet og likeretteren er elektrisk isolert fra skapet. Utgående 24 VDC mating har ingen direkte kopling til returkretsen. Utstyr tilknyttet 24 VDC-kretsen som har blitt ødelagt tyder på at det også har blitt ledet en overspenning mellom + og - i 24 VDC-nettet. En slik overspenning har mest sannsynlig kommet fra likeretteren, selv om det ikke kan utelukkes at overspenningen kan ha blitt overført induktivt direkte til 24 VDC kabelen.

Lynimpulsen kan bli ledet galvanisk fra returkretsen og inn i all utrustning som er koplet til returkretsen. Det gjelder også jordingsanlegget for det tekniske bygget, som kan lede en impuls inn i

alle tilkoplete nøytralledere, PE-ledere og kabelskjermer, og på den måten føre en overspenning inn i kablene som går ut fra det tekniske huset. Overspenningsvernet i det tekniske huset har ikke løst ut, og det taler imot at lynimpulsen kan ha kommet via lavspenningskabelen fra det tekniske bygget. Det taler også imot denne teorien at skadene i større grad ser ut til å ha sammenheng med utstyrets fysiske plassering i tunnelen enn med hvilket tekniske hus og hvilken kurs utstyret er forsynt fra.

Lynimpulsen kan også bli ledet direkte inn i nødlyssentralene i tunnelen via utjevningsforbindelsen. Impulsen ledes da til innsiden av skapet, og kan ledes kapasitivt inn i chassis for likeretterne. Fordi det ikke er gitt at spenningen i strømforsyningslederne L og N øker like mye, kan dette føre til overslag mellom henholdsvis L eller N og chassis for likeretteren. Et slikt overslag fra en av fasene til chassis vil føre til en plutselig svært stor spenningsforskjell mellom L og N, som kan bli overført gjennom likeretteren og ut på 24 VDC-nettet.

Skilletransformator

Vi tar med en observasjon som sannsynligvis ikke har sammenheng med skadene, men som er verdt å nevne likevel.

Fra UPS-en i de tekniske byggene er det etablert en skilletrafo 400 V (TN) / 400 V (TN). Nullpunktet for primærsiden av transformatoren er jordet ved matende 22 / 0,4 kV transformator, og nullpunktet for sekundærsiden er jordet ved skilletransformatoren. Ved gjennomgang av dokumentasjonen er det ikke funnet beskrivelse av hva som er hensikten med denne skilletransformatoren. Normalt vil man forvente å finne en slik beskrivelse i risikovurderingen som prosjekterende er pliktig å utarbeide i henhold til FEF §2-2 og FEL § 16 som grunnlag for anleggets utførelse. Ved gjennomgang av arkivert anleggsdokumentasjon er det imidlertid ikke funnet noen slik risikovurdering.

Skilletransformatorer brukes generelt for å skille ulike jordingssystemer fra hverandre. Dette kan man ønske av hensyn til berøringsspenninger og av hensyn til impulsspenninger.

I dette tilfellet er det brukt skilletransformator der jordingssystemene og nøytralledere er direkte sammenkoplet på begge sidene av transformatoren. En eventuell spenningsimpuls vil her ledes via jordingsanlegget forbi skilletransformatoren og inn i nøytralledere og i PE-leder for utgående kabel. Det er derfor vanskelig å forstå hva man har ønsket å oppnå med å etablere en slik skilletransformator.

Det kan derfor synes som om denne skilletransformatoren ikke tjener noen funksjon. For at denne transformatoren skulle hatt en reell funksjon for beskyttelse mot lynspenning måtte den ha endret nettsystem for nødlysfordelingen til IT-system.

Aktuelle tiltak

Oppsummering

I dette avsnittet er det foreslått 5 mulige tiltak som i ulik grad kan ha betydning for sårbarheten for lynspenninger. Noen av tiltakene vil innebære ganske omfattende systemendringer og kan ikke iverksettes uten at det blir gjennomført en grundigere risikovurdering og prosjektering. Av den grunn anbefales i første rekke tiltak som ikke vil kreve like omfattende prosjektering. De resterende mer omfattende tiltakene som innebærer systemendringer bør avventes til man ser om de første tiltakene fungerer tilfredsstillende. De tiltakene som anbefales gjennomført nå, er:

- Tiltak 2: Forbedret utførelse av utjevningen for nødlyssentralen
- Tiltak 4: Beskytte likeretterne ved å etablere overspenningsvern i nødlyssentralene
- Tiltak 5: Analysere defekte likerettere

Tiltak 1: Skilletransformatoren

Skilletransformatoren synes ikke å gi effektiv beskyttelse slik den er etablert. Man bør be prosjekterende forklare hva som er hensikten med skilletransformatoren, og eventuelt fjerne den hvis det ikke er noen god forklaring. Skilletransformatoren representerer bundet kapital, ekstra vedlikehold, ekstra energitap, og begrensning i kortslutningsstrøm og tillatt kabellengde på sekundærsiden. Slik det synes etter denne gjennomgangen har den liten eller ingen beskyttende virkning.

Hvis man derimot ønsker at skilletransformatoren skal gi effektiv beskyttelse mot lynspenninger må den koples om til IT på sekundærsiden. Ved bruk av 230 V IT må også sikringsstørrelser dimensjoneres på nytt og omkopling kan være nødvendig i alle nødlyssentralene. Det er ikke gitt at en slik omkopling til 230 V mating er enkelt, eller mulig, med tanke på de store kabellengdene på nesten 1 km.

Fordi dette er et sakkyndig betjent anlegg kan det vurderes om avvik fra veiledningen til FEL og NEK 400 kan være mulig, slik at sammenkoplingen mellom N-leder og PE-leder kan fjernes. Dermed etableres et 400 V IT-system med nøytralleder. Det må i tilfelle gjennomføres en risikovurdering av en slik kopling der det dokumenteres at risikoer knyttet til en slik kopling er tilstrekkelig godt håndtert. En slik løsning vil gjøre at skilletransformatoren får en god effekt for beskyttelse mot lynspenninger som kan komme via jordingsanlegget for det tekniske bygget.

Merk imidlertid at det, selv om det ikke kan utelukkes, i dette notatet blir holdt for mindre sannsynlig at en stor overspenningsimpuls har blitt ledet denne veien.

Tiltak 2: Utførelse av utjevningsforbindelsen for nødlysskapet

Lenken under henviser til lærebokmateriell om elektromagnetisk soneteori. Dette er gitt i et informativt vedlegg i Teknisk regelverk (bakgrunnsinformasjon).

https://trv.banenor.no/PDF/Felles%20elektro/Vedlegg/T1004e00.pdf

Etter soneteorien kan et skap defineres som en elektromagnetisk sone. Eksterne tilkoplinger til skapet, som jordforbindelser, koples fortrinnsvis til på utsiden av skapet. Den «populære» forklaringen på hvordan dette forbedrer situasjonen, er at høye frekvenser, som lynimpulser, i

hovedsak beveger seg i overflaten av et ledermateriale. Ved tilkopling på utsiden av en flate eller vegg på skapet vil derfor lynimpulsen bre seg i overflaten på utsiden av skapet, og ha en lengre vei med større motstand for å trenge inn på innsiden av skapet. På den måten dempes lynimpulsen før den når fram til sårbart utstyr.

Det er vanskelig å kvantifisere effekten av dette tiltaket, men lærebokmateriellet angir dette tiltaket som en regel for god praksis: at utjevninger til skap som hovedregel bør tilkoples skapet på utsiden av skapet og ikke på innsiden for å gi best beskyttelse mot forstyrrelser som lynspenninger.

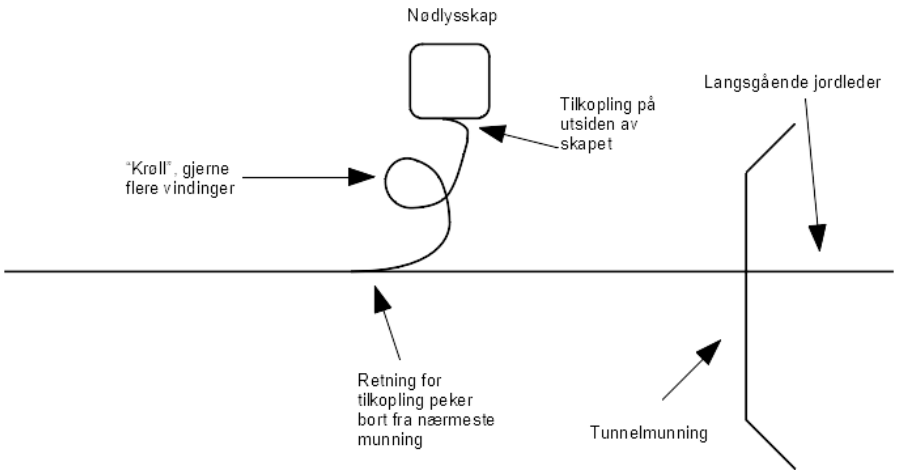
Bildet av skapet viser at lavspenningskablingen er forlagt i flere «krøller» i bunnen av skapet før tilkopling til koplingsklemmene. Dette har god effekt ved at slike «krøller» blir et stort induktivt element for høye frekvenser, som lynspenninger. Slike «krøller» med flere vindinger gir en spolevirkning som knapt er merkbar ved driftsfrekvenser, men de kan ha en stor betydning i å dempe en høyfrekvent spenningsimpuls.

Tilsvarende teknikk kan også med fordel nyttes for utjevning av skapet til langsgående jordleder.

For å begrense størrelsen på lynimpulsen som kommer fram til nødlysskapet kan man følge slike regler for god praksis. Det dreier seg om å tilkople utjevningsforbindelsen slik at lynimpulsen må gå i stor vinkel. Konkrete detaljer i utførelsen er:

- Utjevningsforbindelsen bør tilkoples på utsiden av skapet
- Utjevningsforbindelsen bør utformes med «krøller» eller vindinger med så liten diameter som mulig, for å oppnå en spolevirkning for høye frekvenser
- Utjevningsforbindelsen bør tilkoples langsgående jordleder i skarp vinkel, for eksempel C-press, med tilkopling som peker bort fra nærmeste tunnelmunning. Utjevningsforbindelsen bør ligge parallelt med langsgående jordleder en liten bit (gjerne 40 - 50 cm hvis lederen er lang nok) før den bøyes skarpt med liten diameter opp mot «krøllene» med spolevirkning før skapet.

Oppsummering, tiltak 2: Tilkople utjevningsforbindelsen på utsiden av skapet og ikke til koplingsstykke inne i skapet, og i tillegg utføre forbindelsen med vinkler og krøller med så liten diameter som mulig, slik at høyfrekvente lynimpulser ser en stor impedans mot skapet. Se figur 9 for prinsipptegning.



Figur 9. Prinsipp for foreslått forbedring av utjevning av nødlysskapet

Tiltak 3: Fjerne utjevningsforbindelsen for nødlysskapet

Nødlyssentralene befinner seg i all hovedsak utenfor «sone for kontaktledning». Dersom også 24 VDC-utstyr befinner seg utenfor «sone for kontaktledning» vil det ikke være krav om å utjevne nødlysskapet til returkretsen. Utsatte ledende deler for lavspenningsanlegget inne i skapet må fremdeles være jordet av hensyn til mulige jordfeil i lavspenningsutstyret. Det kan løses ved at aktuelt utstyr, og eventuelt skapet, jordes til PE-lederen i lavspenningskabelen og ikke til returkretsen/langsgående jordleder.

Fjerning av utjevningsforbindelsen vil forhindre at lynspenninger kan komme inn i skapet denne veien. Det er enklere å beskytte utstyr mot overspenninger dersom overspenninger kun kan komme via strømforsyningskabelen og ikke andre veier. Tiltaket vil imidlertid kreve en mer omfattende vurdering og planlegging for å sikre at eventuelle farer knyttet til dette blir identifisert og håndtert.

Tiltak 4: Beskyttelse av likeretterne ved å etablere overspenningsvern i nødlysskapet.

Defekte likerettere tyder på at de blir utsatt for høy lynspenning mellom noen av terminalene. Undersøkelsen konkluderer ikke entydig med hvor lynspenningen har kommet inn, men har pekt på flere mulige veier til tross for de etablerte tiltakene med skilletransformator og overspenningsavleder ved forsyningsenden. Det framstår ikke som at disse tiltakene gir effektiv beskyttelse av likeretterne slik de er utført.

For å sikre effektiv beskyttelse av likeretterne foreslås det å etablere overspenningsvern i alle nødlyssentralene. Selv om likeretterne skal være testet for impulsspenning inntil 6/4 kV, bør overspenningsvernene dimensjoneres for å sikre at maksimal spenning mellom alle terminaler ikke overstiger 4,0 kV, og 2,0 kV mellom L og N, som er krav i henhold til EN 50121-5.

Det kan være en løsning å bruke gassavledere med tre elektroder. Disse er/var mye brukt på telefonlinjer som lynvern. Disse er karakterisert ved lav brennspenning og stor kortslutningsytelse til tross for små dimensjoner.

Oppsummering, tiltak 4: Etablere overspenningsvern i alle nødlysskapene, for effektiv beskyttelse av likeretterne.

Tiltak 5: Analysere defekte likerettere

Det vil gi økt sikkerhet til vurderingene som er gjort her om noen defekte likerettere sendes til elektroteknisk analyse med formål om å beskrive interne skader for å se om det kan gi en indikasjon på forhold som kan være årsak til skadene.