Automatiska jordningssystem i järnvägstunnlar

- För jordning av kontaktledningen vid olyckor

LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Teknik och samhälle

Examensarbete:
Axel Kjellman

© Copyright Axel Kjellman

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2012

Sammanfattning

Om en olycka inträffar i en järnvägstunnel måste räddningstjänsten kunna ta sig in i tunneln. Detta innebär att kontaktledningen först måste frånkopplas samt jordas. Idag utförs jordningen manuellt men Trafikverket och räddningstjänsten önskar att ett automatiskt jordningssystem ska tas fram.

Syftet med examensarbetet är att ge förslag på en övergripande teknisk lösning för ett automatiskt jordningssystem. I arbetet studeras två tunnlar, en tunnel som ska byggas i Åkarp samt Citytunneln i Malmö. Arbetet genomförs i tre delar, i första delen utreds det vilka krav från exempelvis myndigheter som är aktuella när ett system ska utvecklas. I den andra delen studeras system som finns i andra länder för att se om de kan appliceras på järnvägen i Sverige. I den avslutande delen ges förslag på lösningar för Citytunneln samt tunneln genom Åkarp.

Det som främst kommer styra hur ett automatiskt jordningssystem ska konstrueras är krav från Trafikverket, Elsäkerhetsverket, EU och standarder utformade av SEK (Svensk Elstandard) och CENELEC (Europeisk organisation för standardisering inom det elektrotekniska området). Även räddningstjänstens krav och intressen är av stor vikt då det är de som ska förlita sig på att systemet fungerar och att anläggningen är spänningslös samt att den har jordats på ett korrekt sätt.

System för jordning finns redan i andra länder som Österrike, USA, Tyskland och Italien. Systemet i Österrike består av fjärrstyrda jordslutare som räddningstjänsten använder vid olyckor. Metoden från USA liknar den i Österrike, dock förlitar sig inte räddningstjänsten enbart på de fjärrstyrda jordslutarna. De tyska och italienska jordningssystemen är mer avancerade och automatiserade. Jordslutarna är fjärrstyrda och kan även manövreras via manöverpaneler vid tunnelmynningarna.

Ett system likt det från Italien och Tyskland lämpar sig bäst för Citytunneln. För tunneln genom Åkarp kan en lösning likt den i Österrike appliceras för att minska kostnaderna. I Citytunneln bör olika sektioner kunna frånkopplas samt jordas för att minska trafikstörningen. För tunneln i Åkarp räcker det med att hela tunneln kan frånkopplas och jordas.

Nyckelord: Automatiskt jordningssystem, järnvägstunnel, Citytunneln, jordning, kontaktledning, räddningstjänsten

Abstract

If an accident occurs in a railway tunnel the rescue services must be able to access the tunnel. This means that the catenary must be disconnected and earthed. The Swedish Transport Administration and the rescue services request that an automatic earthing system is to be developed.

The purpose of this report is to propose an overall technical solution for an automatic earthing system. Two tunnels will be studied; one that is to be constructed in Åkarp, and the already existing Citytunneln in Malmö. This report consists of three parts. The first part investigates which requirements from, for instance, agencies that are relevant when a solution for an automatic earthing system is developed. In the second part systems from other countries are studied to see if they can be applied for the railway in Sweden. In the last part a suggested technical solution is presented for the tunnel in Åkarp and Malmö.

The requirements that will mainly influence the design of an automatic earthing system are the ones from The National Electrical Safety Board, The Swedish Transport Administration, EU and standards developed by SEK (Swedish electrical standards) and CENELEC (European Committee For Electrotechnical Standardization). The interests and requirements from the rescue services are also important since they are the ones that will rely on the system and that the catenary has been disconnected and earthed in a correct way.

Automatic earthing systems already exist in countries as Austria, Germany, Italy and the USA. The system in Austria consists of remote controlled earthing switches that the rescue services uses in case of an accident. The earthing system in the USA is similar to the one in Austria but the rescue services do not rely entirely on the earthing switches. The Italian and German system is more advanced and automated. The earthing devices can be remotely operated and also maneuvered by control panels at the tunnel portals.

A system similar to the one in Germany and Italy is best suited for the Citytunnel. For the tunnel in Åkarp a system like the one in Austria can be used to reduce costs. In the Citytunnel it should be possible to disconnect and earth different sections of the catenary to reduce the traffic disruption while in Åkarp it is only necessary to be able to disconnect and earth the whole tunnel.

Keywords: Automatic earthing system, railway tunnel, Citytunneln, grounding, catenary, rescue service

Förord

Examensarbetet är en del av utbildningen till Högskoleingenjör – byggteknik med inriktning järnvägsteknik vid LTH:s Campus i Helsingborg. Arbetet omfattar 22,5 av totalt 180 högskolepoäng och är det sista delmomentet i utbildningen.

Jag vill tacka min handledare Anders Svanberg från Rejlers Ingenjörer som bistått med teknisk information som möjliggjort detta examensarbete.

Stort tack ska även handledare Anders Wretstrand på LTH ha som hjälpt till med frågor gällande arbetets utformning.

Lund, 2012-05

Axel Kjellman

Innehållsförteckning

1 Inledning **3**
1.1 Bakgrund **3**
1.2 Syfte och problemformulering **4**
1.3 Avgränsningar **4**
1.4 Metod **4**
2 Kort fakta om tunnlarna **6**
2.1 Citytunneln **6**
2.2 Åkarpstunneln **6**
3 Dagens situation **7**
3.1 Jordning Citytunneln **7**
3.1.1 Huvudalternativ 7
3.1.2 Alternativ 2 8
3.1.3 Alternativ 3 9
3.2 Huvudalternativ – jordning vid portalen i Holma **9**
4 Utredning av krav **13**
4.1 EU **13**
4.2 Svensk Elstandard **16**
4.2.1 SS-EN 50110-1 Skötsel av elektriska anläggningar 17
4.2.1.1 Frånskilj anläggningsdelen *18*
4.2.1.2 Skydda mot tillkoppling *18*
4.2.1.3 Kontrollera att anläggningen är spänningslös *19*
4.2.1.4 Jorda och kortslut *19*
4.2.1.5 Efter avslutad insats *19*
4.2.2 SS-EN 50122-1 Järnvägsanläggningar – Fasta installationer 20
4.3 Trafikverket **21**
4.3.1 BVH 585.30 – Personsäkerhet i järnvägstunnlar 22
4.3.2 BVF 1921 – Elsäkerhetföreskrifter för arbete på eller nära kontaktlednings- och tågvärmeanläggningar 23
4.3.2.1 Frånkoppling vid olycka *25*
4.3.3 BVR 1036 – Tekniska system och komponenter – anskaffning/modifiering/utvekling 26
4.4 Elsäkerhetsverket **26**
4.5 Räddningstjänsten **27**
5 Tillgängliga system **29**
5.1 Österrike **29**
5.2 USA – New York **37**
5.3 Tyskland – OLSP **39**
5.4 Italien **46**

6 Resultat – teknisk lösning 47
6.1 Citytunneln 47
6.1.1 Jordslutare 48
6.1.2 Jordningspunkter i Citytunneln 49
6.1.2.1 Del 1: Malmö C 50
6.1.2.2 Del 2: Malmö C – Tunnlar vidare mot Triangeln 51
6.1.2.3 Del 3: Tunnlar från Malmö C – Triangeln – Tunnlar mot Hyllie 52
6.1.2.4 Del 4: Tunnlar från Triangeln – Station Hyllie 53
6.2 Tunneln genom Åkarp 55
6.2.1 Jordningspunkter i Åkarpstunneln 56
6.2.2 Funktion 56
7 Diskussion och slutsats 57
8 Vidare studier 58
9 Referenser 59

Definitioner

Eldriftledare	Person som ansvarar för övervakning och styrning av järnvägens elkraftanläggningar.
Frånkoppling	Bortkoppling av strömförsörjningen.
Frånskiljare	Mekanisk elkopplare som används för att åstadkomma ett avbrott mellan kontaktledningssektionerna.
Hjälpkraft	Strömförsörjning av alla objekt inom järnvägen förutom fordonen. Exempelvis signaler.
Interoperabilitet	Förmågan hos olika system att fungera tillsammans.
Jordning	Ledande förbindelse mellan del av en elektrisk anläggning och jord.
Jordslutare	Anordning för jordning som kan öppnas och slutas.
Kontaktledning	Ledningar och bärelement vid elektrifierade järnvägslinjer från vilka elen överförs till fordonen.
Kontakledningssektion	I detta arbete innebär det en del av kontaktledningen som är elektriskt isolerad från andra sektioner via exempelvis en luftsektionering.
Kopplingsschema	En ritning som visar hur de olika komponenterna i en elektrisk anläggning är hopkopplade med varandra.
Matning	Strömförsörjning.
Returströmkrets	Inom järnvägen, s-rälen och återledaren som återleder drivströmmen från tågets elmotorer.

Signalsystem	System för övervakning och styrning av trafiken på järnvägen.
Spårvidd	Avståndet mellan rälernas innerkanter i ett järnvägsspår
Strömskena	Anordning som överför elektrisk energi till fordonen.
S-räl	Räl i ett järnvägsspår som återleder drivströmmen från tågets elmotorer.
Trafikledningen	Övervakar och leder trafiken på järnvägen.
Återledare	Ledare som inom järnvägen återleder drivströmmen från tågets elmotorer.

1 Inledning

I elektrifierade järnvägstunnlar i Sverige matar kontaktledningen tågen med en spänning på 15 kV och frekvensen16 $^{2/3}$ Hz. Detta medför livsfara för personer som rör sig i närheten och riskerar att komma i kontakt med ledningen. I järnvägstunnlar är situationen extra kritisk då räddningstjänsten är tvungen att gå in i tunneln om ett tåg måste utrymmas.

1.1 Bakgrund

När en olycka sker i en järnvägstunnel måste kontaktledningen frånkopplas och jordas för att en utrymning ska kunna genomföras av räddningstjänsten. I Citytunneln var det från början tänkt att jordningen skulle automatiseras för att räddningstjänsten ska komma åt tunneln fortare. Detta misslyckades dock eftersom Trafikverket inte godkände systemet som installerades. Nu utförs jordningen istället manuellt vid tunnelmynningarna som är lokaliserade i Holma och vid Malmö C.

Problemet med jordningen har fått uppmärksamhet i media. Sydsvenskan skriver i en artikel den 19 september 2011 om vilka problem jordningen skapar och att ett automatiskt system är önskvärt från både räddningstjänsten och Trafikverket. I en artikel från 22 september (2011) nämns det att Trafikverket måste ha personal i beredskap som kostar uppemot en halv miljon kronor i månaden. Beredskapen kan räddningstjänsten stå för om de slipper ansvaret för jordningen, en lösning som skulle spara mycket pengar.

Innan Citytunneln öppnades genomfördes ett antal övningar för olika olycksscenarion. Jordningen av kontaktledningen var ett ständigt återkommande problem, tidsåtgången var uppemot 40 minuter vilket beskrivs som oacceptabelt lång tid. Räddningstjänsten vill ha ett system som de kan lita helt på och slippa utföra manuell jordning vilket gör att de kan fokusera på räddningsinsatsen istället.

Trafikverket vill ha ett standardiserat jordningssystem som även kan användas i andra järnvägstunnlar som exempelvis Hallandsåstunneln och Citybanan i Stockholm. Automatiska jordningssystem finns i andra länder och liknande lösningar kan tänkas i Sverige också. Eftersom automatiska jordningssystem för järnvägstunnlar är nytt i Sverige är det dock osäkert vilka krav på funktion och utformning som ska ställas, med hänsyn till de regelverk och standarder som finns.

1.2 Syfte och problemformulering

Syftet är att ta fram en övergripande teknisk lösning för ett jordningssystem i järnvägstunnlar. För att åstadkomma detta måste en utredning göras om vilka krav som finns från föreskrifter, regelverk och standarder. Eftersom automatiska jordningssystem redan finns i andra länder ska dessa studeras för att se vad som kan appliceras i Sverige.

Arbetet utgår från följande frågeställning:

- Vilka föreskrifter, regelverk och standarder påverkar utformnigen av ett automatiskt jordningssystem för järnvägstunnlar och hur ser kraven från dem ut?

- Vilka system finns på marknaden och i andra länder samt vilka lösningar kan appliceras på den svenska järnvägen?

- Hur kan en teknisk lösning se ut för järnvägstunnlar i Sverige?

1.3 Avgränsningar

Det finns många olika järnvägstunnlar i Sverige, att ta fram en teknisk lösning som gäller för alla är tidskrävandande. Arbetet utgår därför från två typer av tunnlar. En är Citytunneln i Malmö, med stationerna Malmö C och Triangeln. Den andra tunneln ska gå genom Åkarp och kommer byggas inom en snar framtid, tunneln är kortare än Citytunneln och saknar stationer. De två tunnlarna förväntas motsvarar de flesta tunneltyper i Sverige vilket gör att lösningar liknande de som presenteras kan appliceras på andra tunnlar också.

1.4 Metod

Informationen till examensarbetet kommer främst hämtas via litteraturstudie och intervjuer. Precis som frågeställningen kommer arbetet bestå av tre delar. Information till den första delen hämtas via intervjuer och genom studie av föreskrifter, regelverk och standarder. För del två hämtas den mesta informationen från internet, främst via myndigheter, eftersom ämnesområdet är mycket smalt och den information som finns antas vara väldigt begränsad. Den avslutande delen innebär att kunskapen som inhämtats i del ett och två används för att ge förslag på en övergripande teknisk lösning för Citytunneln och tunneln genom Åkarp.

Eftersom ämnet är nytt i Sverige finns det inga regelverk specifikt för jordningssystem i järnvägstunnlar. Därför genomförs intervjuer med personer som representerar till exempel en myndighet för att ta reda på vilka föreskrifter från den myndigheten eller organisationen som kan vara aktuella eller om några krav ställs på systemet.

Intervjuerna genomförs främst via mejl med personer som är insatta i regelverken från den egna organisationen. Frågorna som ställs är specifikt utvalda för den aktuella personen för att få information om till exempel en viss föreskrift. Personerna som intervjuas är Jan Snäll från Trafikverket som var med och tog fram Trafikverkets egen utredning om automatiska jordningssystem. Joakim Strand från Trafikverket som arbetar med Transportstyrelsens godkännandeprocess. Thomas Borglin från Svensk Elstandard som arbetar med teknisk information och allmänna tekniska frågor gällande Svensk Elstandard. Klas-Göran Sundvall som är teknisk expert på Elsäkerhetsverket och Anders Petersson, avdelningschef anläggningar installatörer på Elsäkerhetsverket.

Två av intervjuerna genomförs dock på respektive intervjupersons arbetsplats. Ett fåtal frågor förbereds och sedan förs en diskussion på plats gällande problemet. Intervjuerna det gäller är den med Paul Bjurehag (2012-04-09) som är Inre Befäl/Brandinspektör på räddningstjänsten syd och den med Stefan Nilsson (2012-04-17) från Trafikverket som lett Trafikverkets egen utredning gällande automatisk jordning.

2 Kort fakta om tunnlarna

2.1 Citytunneln

Citytunneln är två 6 kilometer långa och parallella underjordiska järnvägstunnlar i Malmö. Tunneln består av stationerna Malmö C, Triangeln och Hyllie, stationen i Hyllie ligger dock ovan mark. Tunneln invigdes i december 2010 (Malmö stad)[1].

2.2 Åkarpstunneln

Mellan Flackarp söder om Lund och Arlöv ska en 8 kilometer lång sträcka byggas ut från dubbelspår till fyra spår. Genom Åkarp ska en 400 meter lång tunnel byggas norr om stationen som flyttas söderut (Trafikverket)[2].

[1] Fakta om Citytunneln, http://www.malmo.se/citytunneln
[2] Frågor och svar om projekt Flackarp-Arlöv, http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Skane/Flackarp-Arlov/Fragor-och-svar-om-projektet-Flackarp-Arlov/

3 Dagens situation

3.1 Jordning Citytunneln

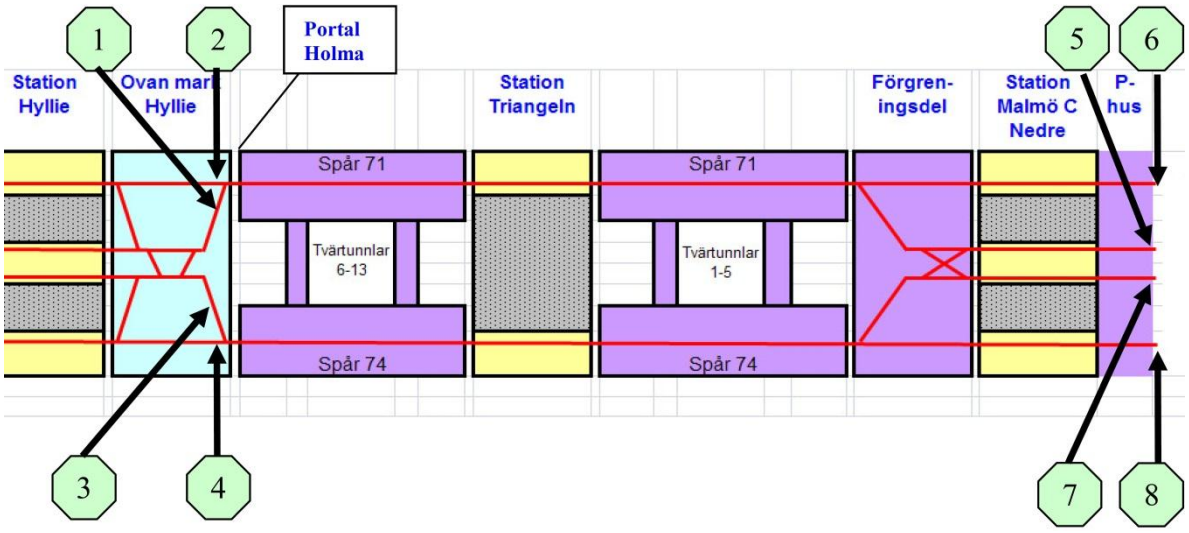
Som tidigare nämnts utförs jordning av kontaktledningen i Citytunneln med manuella verktyg. Från början var det tänkt att fjärrstyrda jordslutare skulle finnas när tunneln öppnades. Det blev dock problem när dessa skulle installeras. Enligt Jan Snäll[3] var de konstruerade på ett felaktigt sätt, länkar samt infästningar mellan motormanöverdon och jordslutare var allt för klent utförda. Entreprenören som skulle göra arbetet hade stora problem med installationen och de ansåg också att konstruktionen var mycket dålig. Av denna anledning går inte jordslutarna att användas utan jordning sker enbart med manuella verktyg.

När en olycka inträffat ska räddningstjänsten begära räddningsfrånkoppling, detta innebär att brytarna vid omformarstationerna stänger av matningen och att rätt frånskiljare öppnas beroende på vilka sektioner som ska frånkopplas. Genom att enbart frånkoppla de sektioner som är nödvändigt minskas störningen av trafiken. Eldriftledaren ska frånkoppla alla spår, detta utförs dock inte förrän alla tåg, som inte är inblandade i olyckan, har körts till en säker plats. När räddningstjänsten ska utföra en insats finns tre alternativ för jordning av kontaktledningen (Scherstein, 2010, sid. 2). Alternativen utformades när jordslutarna var tänkta att användas och idag är det främst huvudalternativet och alternativ 3 som är aktuellt.

3.1.1 Huvudalternativ

När räddningsfrånkoppling utförts och insatsledaren fått detta bekräftat av eldriftledaren ska skyddsjordningar anbringas. Figur 2.1 är en skiss över Citytunneln med portalen i Holma till vänster och Malmö C till höger. Jordning utförs vid båda tunneländarna, i rampen vid portalen i Holma samt vid Malmö C. Jordning utförs även på fyra punkter i frånskiljarstolpar vid Malmö C samt två stycken vid Holma. Räddningstjänsten ansvarar för jordning 1, 2, 3, 4 och Trafikverket ska utföra jordning 5, 6, 7, 8 (Scherstein, 2010, sid. 2-3).

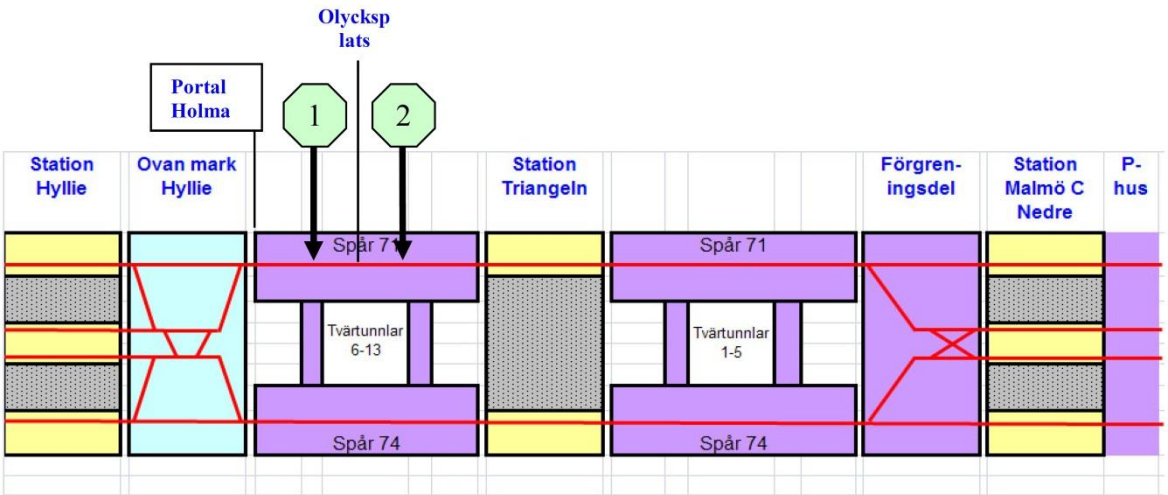
[3] Snäll Jan, Materiel Högspänning, Trafikverket, intervju 2012-03-22.



Figur 2.1: Jordningspunkter – huvudalternativ (Scherstein, 2010, sid. 3)

3.1.2 Alternativ 2

Om det bedöms som säkert att utföra spänningsprovning samt anbringa jordningsverktyg ska räddningstjänsten jorda på båda sidor om olycksplatsen (jord 1 och 2 i figur 2.2). Alternativ 2 förutsatte dock att jordslutarna som installerats fungerade och att eldriftledaren kunde jorda anläggningen med dem. Bilden nedan visar principen för utförandet (Scherstein, 2010, sid. 3-4).



Figur 2.2: Jordningspunkter – alternativ 2 (Scherstein, 2010, sid. 4)

3.1.3 Alternativ 3

Ingen manuell spänningsprovning eller skyddsjordning behöver utföras. Eldriftledaren gör kontaktledningen spänningslös samt jordar den via jordslutarna.

För att alternativ 3 ska få användas måste följande förutsättningar uppfyllas: Eldriftledaren och insatsledaren ska utan tvekan göra bedömningen att kontaktledningen inte är avbränd eller nedriven och att ingen verksamhet behöver bedrivas inom skyddsavståndet på 1,4 meter till kontaktledningen (Scherstein, 2010, sid. 4).

Enligt Paul Bjurehag[4] behöver inte jordning utföras om räddningstjänsten bedömer att det inte finns några elrisker, alternativ 3 är alltså även aktuellt i dagens situation då jordslutarna inte används.

3.2 Huvudalternativ – jordning vid portalen i Holma

En del av huvudalternativet innebär att jordning av kontaktledningen vid portalen i Holma måste utföras. Det går till enligt beskrivningen nedan:

Först ska kontaktledningen spänningsprovas, detta görs med spänningsprovaren som förvaras på plats (figur 2.3) (Skyddsjordning Holma, 2010).

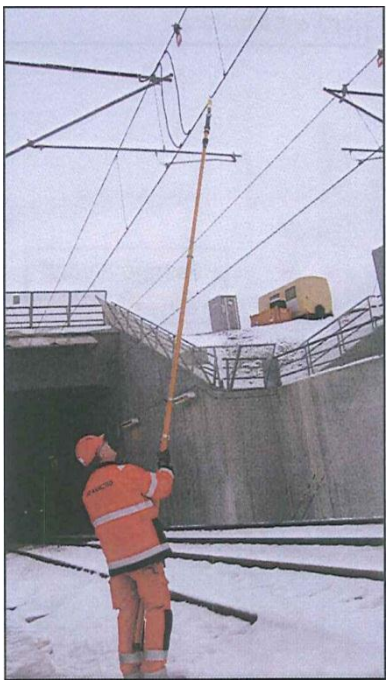
Figur 2.3: Förvaring av spänningsprovare (Skyddsjordning Holma, 2010).

Figur 2.4: Spänningsprovare (Skyddsjordning Holma, 2010).

[4] Bjurehag Paul, Inre befäl/Brandinspektör, Räddningstjänsten syd, intervju 2012-05-08.

Innan provaren används ska den kontrolleras med den inbyggda funktionskontrollen (figur 2.5). Provaren signalerar spänning med hjälp av ljud och ljussignaler, när kontaktledningen är spänningssatt signaleras detta via en akustisk signal samt en rött blinkade lampa. När kontaktledningen är spänningsfri lyser lampan grönt (Skyddsjordning Holma, 2010).

Figur 2.5: Test av spänningsprovare (Skyddsjordning Holma, 2010).



Figur 2.6: Spänningsprovning (Skyddsjordning Holma, 2010).

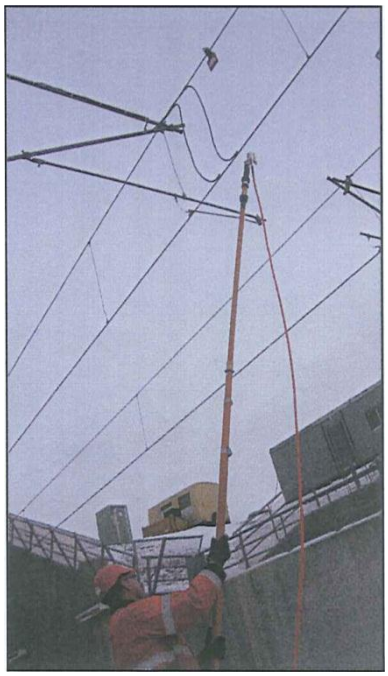
När kontaktledningen kontrollerats att den är spänningsfri ska jordning utföras. Strax utanför portalen är fyra stycken jordningspunkter förberedda i de närmst liggande kontaktledningsstolparna. Jordningslinor är placerade i skåp vid varje stolpe, jordningsstång finns också på plats. Jordningslinan ansluts först till marken enligt figur 2.7b (Skyddsjordning Holma, 2010).

Figur 2.7a: Jordningslina placerad i ett skåp på plats (Skyddsjordning Holma, 2010).

Figur 2.7b: Jordningslinan ansluts till marken (Skyddsjordning Holma, 2010).

Jordningslinan fästs sedan på kontaktledningen under en markör. För att rälsgående räddningsfordon ska kunna passera kan den hängas åt sidan med en krok som finns fäst på linan (Skyddsjordning Holma, 2010).

Figur: 2.8: Jordningspunkter vid portalen (Skyddsjordning Holma, 2010).



Figur: 2.9: Jordningslinan fästs på kontakt-ledningen (Skydds-jordning Holma, 2010).

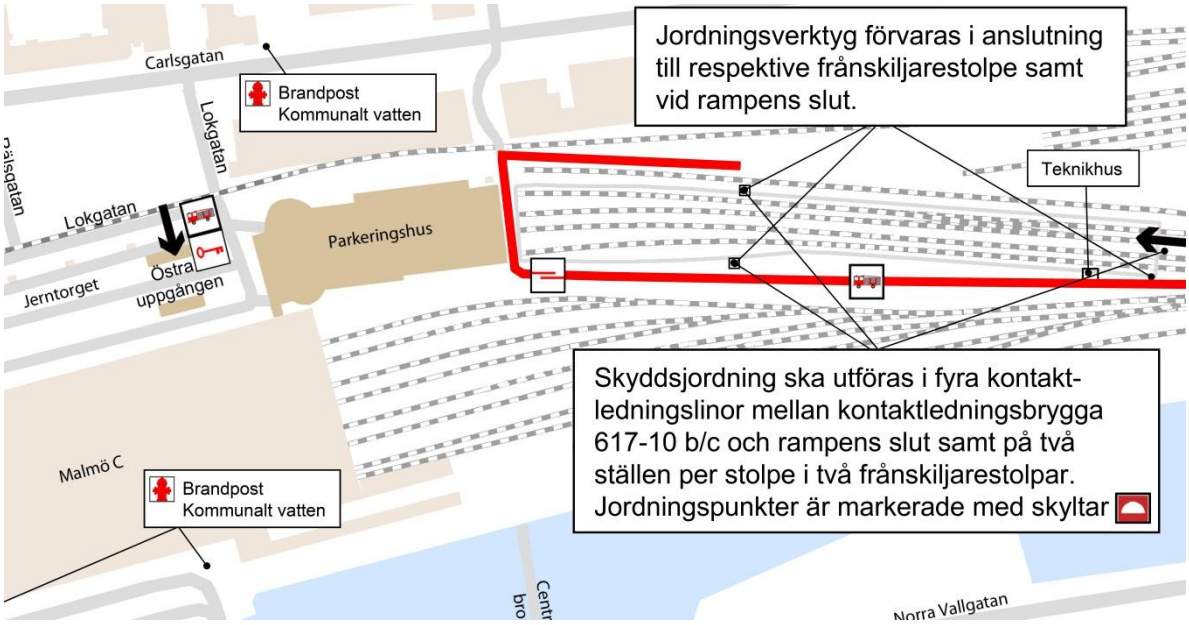
Jordning ska även utföras vid frånskiljarstolparna. De är lokaliserade cirka 200 meter från tunnelportalen. I två av stolparna finns förberedda jordningspunkter för anslutning av jordningslina (figur 2.10). Jordningslinor, jordningsstång samt spänningsprovare finns förvarade på plats (Skyddsjordning Holma, 2010).

Figur: 2.10: Jordning av frånskiljare (Skyddsjordning Holma, 2010).

Bilden nedan visar portalen i Holma och var jordningspunkterna är placerade. De röda linjerna visar angreppsvägar (Insatsplan Citytunneln, 2010, flik 6).

Figur 2.11: Karta över Portalen i Holma med markering av jordningspunkter (Insatsplan Citytunneln, 2010, flik 6).

Bilden nedan visar tunnelportalen vid Malmö C och var kontaktledningsstolparna samt frånskiljarstoparna med jordningspunkter är placerade (Insatsplan Citytunneln, 2010, flik 2).



Figur 2.12: Karta över Malmö C med markering av jordningspunkter (Insatsplan Citytunneln, 2010, flik 2).

4 Utredning av krav

Ett automatiskt jordningssystem för järnvägstunnlar är nytt i Sverige. Därför är det viktigt att utreda vilka krav som ställs från olika myndigheter, regelverk, föreskrifter och standarder.

Det som främst kommer styra hur ett automatiskt jordningssystem ska konstrueras är krav från Trafikverket, Elsäkerhetsverket, EU och standarder utformade av SEK (Svensk Elstandard) och CENELEC (Europeisk organisation för standardisering inom det elektrotekniska området)[5]. Även räddningstjänstens krav och intressen är av stor vikt då det är de som ska förlita sig på att systemet fungerar och att anläggningen är spänningslös samt att den har jordats på ett korrekt sätt.

4.1 EU

Järnvägen skiljer sig idag väldigt mycket mellan de europeiska länderna. Det kan vara skillnader i vilken spårvidd som används, elektrifieringssystem och signalsystem. EU ser det som väldigt viktigt att interoperabiliteten inom den europeiska järnvägen förbättras.

För att förbättra interoperabiliteten har TSD:er (teknisk specifikation för driftsoperabilitet) tagits fram för olika delsystem inom järnvägen. Säkerhet i järnvägstunnlar är ett delsystem (Official Journal of the European Union (OJEU), 2008a, sid. 1). Enligt direktiv 2008/57/EG ska varje delsystem omfattas av en TSD och överensstämma med kraven i den när delsystemet tas i bruk, byggs om eller moderniseras (OJEU, 2008b, sid. 8-9).

Järnvägar som omfattas av TSD:er är indelade i höghastighetslinjer och konventionella linjer och de ingår i TEN-T (Transeuropeiska transportnätet) (OJEU, 2008b, sid. 24-25). Järnvägar i Sverige som ingår i nätet är bland annat Malmö-Göteborg, Malmö-Stockholm, Göteborg-Stockholm, Göteborg-Oslo och Stockholm-Sundsvall (OJEU, 1996, kap. 3.14).

TSD – säkerhet i järnvägstunnlar

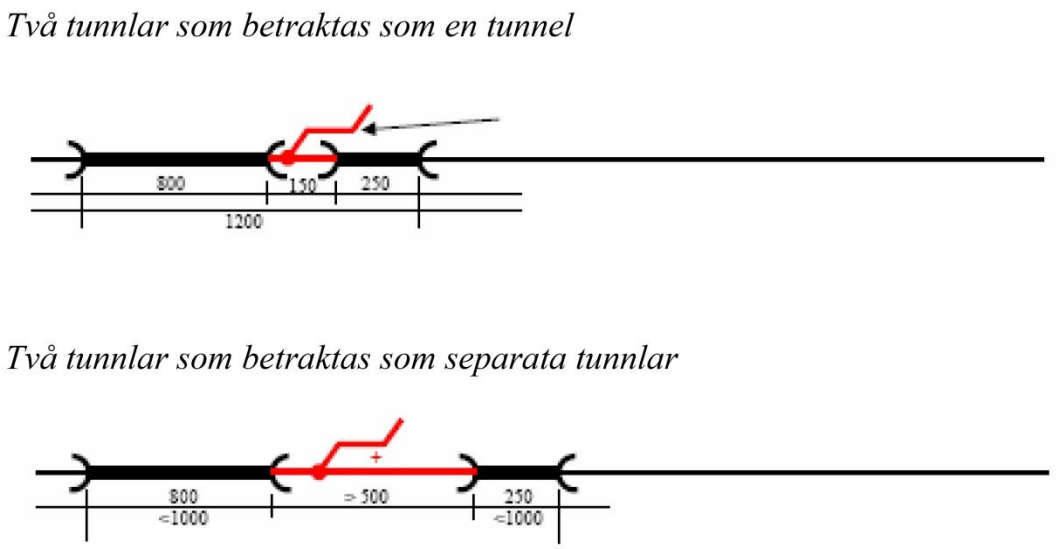
TSD – ”Safety in railway tunnels” har tagits fram för att förebygga och begränsa konsekvenserna av olyckor i järnvägstunnlar, framförallt olyckor orsakade av bränder. Föreskriften har skapats genom att experter från internationella järnvägsunionen (UIC) och FN:s ekonomiska komission för

[5] CENELEC, Who we are, http://www.cenelec.eu/aboutcenelec/whoweare/index.html [2012-05-20].

Europa (ENECE) sammanställt de bästa åtgärderna för att garantera säkerheten i järnvägstunnlar. Representanter för infrastrukturförvaltare, järnvägsföretag och fordonstillverkare har sedan fått ta ställning till rekommendationerna (OJEU, 2008a, sid. 2).
För att uppnå bästa säkerhet i tunnlar på ett ekonomiskt rimligt sätt krävs åtgärder för att förebygga olyckor och begränsa effekterna av dem. Detta ska kombineras med självräddnings- och räddningsåtgärder (OJEU, 2008a, sid. 2).

Det är enbart minimikrav som ställs i TSD – ”Safety in railway tunnels”. Att en tunnel uppfyller kraven är ingen garanti för att tunneln faktiskt är säker. Alla berörda parter som arbetar med säkerheten i tunneln bör sammarbeta för att uppnå bästa resultat. Lokala förhållandena är väldig olika beroende på var tunneln byggs, trafiktäthet och typ av trafik är viktiga faktorer som varierar. Det kan innebära att andra åtgärder än de som står i TSD:n behöver göras (OJEU, 2008a, sid. 3).

TSD – ”Safety in railway tunnels” gäller enbart för tunnlar som är längre än 1 kilometer. För tunnlar längre än 20 kilometer kan en kompletterande säkerhetsutredning vara nödvändig för att kraven ska kunna uppfyllas ur brandsäkerhetssynpunkt. Ej sammanhängande tunnlar med ett avstånd mellan tunnelmynningarna på över 500 meter räknas som flera mindre tunnlar om det även finns utrymningsmöjligheter i den öppna delen (se figur 3.1) (OJEU, 2008a, kap. 1.1.2).



Figur 3.1: Illustration av sammanhängande respektive två separata tunnlar enligt TSD – Safety in railway tunnels” (Banverket, 2007, sid. 35).

Bland de många krav som finns listade i denna TSD behandlar ett av dem energiförsörjningssystemen. Systemen får inte inverka på säkerheten för varken tåg eller människor (OJEU, 2008a, kap 3.2). För att uppfylla detta har några fler specifika krav sats upp. Det gäller:

- ”Sektionering av kontaktledning eller strömskenor”
- ”Jordning av kontaktledning eller strömskenor”
- ”Elförsörjning”
- ”Elektriska installationers tillförlitlighet”
- ”Krav för elektriska kablar i tunnlar”

Delen ”Sektionering av kontaktledning eller strömskenor” gäller för tunnlar längre än 5 kilometer. Det ställs krav på att kontaktledningen ska delas upp i högst 5 kilometer långa elektriska sektioner och att det ska finnas fjärrstyrda elkopplare till varje sektion. Annars är det främst delen ”jordning av kontaktledning eller strömskenor” som är relevant för ett automatiskt jordningssystem. I detta krav nämns att anordningar för jordning ska finnas vid tunnelmynningarna. De ska också finnas nära punkten där den elektriska sektionen delas, kravet ställs förmodligen eftersom det finns en risk för att överbryggning mellan sektionerna kan ske. Med elektrisk sektion menas i detta fall en del av kontaktledningen som matas separat och som är isolerad från andra elektriska sektioner. Utrustning för kommunikation och belysning som är nödvändig för att jordning ska kunna utföras ska finnas på plats (OJEU, 2008a, kap. 4.2). En räddningsplan ska också tas fram, den ska beskriva tillvägagångssättet för jordning och hur ansvarsfördelningen ser ut mellan infrastrukturförvaltare och räddningstjänsten (OJEU, 2008a, kap. 4.4.4). Räddningsplanen måste också stämma överens med de verktyg som finns för självräddning, utrymning och räddningsinsatser. En annan viktig punkt som nämns i TSD:n angående räddningsplanens innehåll är att en strategi och nödvändiga åtgärder för utrymning av tunneln vid olyckor ska finnas. Ett mer specifikt krav som ställs är att om ett tåg blir stående i tunneln ska passagerarna kunna evakueras inom 60 minuter från när tåget stannade (OJEU, 2008a, kap. 4.4.3). Om jordning av kontaktledningen tar för lång tid, som i Citytunneln där det som tidigare nämnts tog upp till 40 minuter, kan ovanstående krav bli svårt att uppfylla.

Kravet på elektriska installationer gäller för de som är viktiga för säkerheten för passagerare i tunneln. Ett automatiskt jordningssystem bör tillhöra denna kategori. Kraven som ställs är att installationen ska skyddas mot skada genom mekanisk påverkan, hetta och brand. Elmatningen ska fungera även vid förlust av en betydande anläggningsdel, oavsett vilken (OJEU, 2008a, kap. 4.2.3).

När det gäller tillvägagångssättet för isolering och jordning ställs kravet att innan räddningstjänsten går in i tunneln, ska det finnas garantier att väsentliga elektriska sektioner av kontaktledningen eller strömskenan är spänningslösa. Som nämnts tidigare ska det fastställas i räddningsplanen vem som jordar anläggningen. Däremot är det infrastrukturförvaltaren som ansvarar för att spänningen kopplats bort. Föreskrifter för isolering av den elektriska sektionen där olyckan ägt rum ska också tas fram (OJEU, 2008a, kap. 4.4.4).

Vid godkännande av jordningssystemet ska ett allmänt organ kontrollera det tekniska underlaget och med hjälp av bevis som tas fram i samråd med räddningstjänsten kontrollera att systemet uppfyller de krav som ställts ovan (OJEU, 2008a, kap. 6.2.7).

4.2 Svensk Elstandard

För att åstadkomma en standardisering inom elområdet i Sverige har Svenska Elektrisk Kommissionen (SEK) bildats. Motsvarande europeiska organisationen kallas CENELEC och internationellt finns IEC (International Electrotechnical Commission). SEK ansvarar för Sveriges medverkan i detta standardiseringsarbete (SEK, 2012)[6].

Standarderna kan exempelvis innehålla fordringar på mått, säkerhet, prestanda men även beskriva utförande eller användning av elektriska produkter och anläggningar (SEK.2012)[6].

Enligt Thomas Borglin[7] måste inte standarderna följas, vid upphandling kan en överenskommelse göras om utförande som avviker från standarden. De är dock framtagna för att underlätta vid konstruktion och för att nivån på funktion och säkerhet ska vara godtagbar. Många myndigheter hänvisar till standarderna i sina föreskrifter.

[6] Svensk Elstandard. Syfte och verksamhet. http://www.elstandard.se/om/syfte_verksam.asp [2012-05-21]
[7] Borglin Thomas, Teknisk information, Svensk Elstandard, intervju 2012-03-27.

4.2.1 SS-EN 50110-1 Skötsel av elektriska anläggningar

Standarden anger minimifordringar för säker skötsel och säkert arbete på eller nära elektriska anläggningar med en spänningsnivå från klen- till högspänning, all typ av skötsel och arbeten omfattas. Klenspänning innebär för växelström 50 Volt eller mindre och är därför inte relevant, högspänning är 1000 Volt eller mer och därmed omfattas järnvägen av standarden. Den är inte framtagen speciellt för att tillämpas på anläggningar för bandrift men om det inte finns särskilda regler eller metoder för dessa anläggningar ska SS-EN 50110-1 gälla (Svensk Elstandard, 2005, sid. 4-5).

För att ett automatiskt jordningssystem ska vara helt säkert är det viktigt att den kommunikation som sker mellan eldriftledare, räddningstjänst, trafikledningen och övriga inblandade kan ske på ett säkert sätt. Med kommunikation menas all typ av information som utbyts mellan personer, det kan vara muntligt, skriftligt eller via signaler. Vid muntlig kommunikation ska informationen upprepas av mottagaren för att garantera att den uppfattats korrekt. För kommunikation via exempelvis radiosignaler, datorer, ljustavlor med mera måste det finnas garantier för att informationsvägarna är tillförlitliga och att inget missförstånd kan ske. När arbetet ska påbörjas, i detta fall räddningsinsatsen, eller när anläggningen ska spänningssättas efter avslutad insats, får tillstånd till detta inte meddelas via en signal eller efter ett bestämt tidsintervall (Svensk Elstandard, 2005, sid. 9). För ett jordningssystem innebär detta att enbart en signal som visar att anläggningen är säker inte är tillräckligt för att påbörja insatsen. Tillstånd från eldriftledaren eller en annan ansvarig bör också lämnas.

Spänningsprovare, spänningindikeringssystem och utrustning för jordning samt kortslutning ska uppfylla fordringar i relevanta nationella, europeiska och internationella standarder, om dessa finns. Anordningar som är till för att arbete på anläggningen ska kunna ske säkert (ett automatiskt jordningssystem bör tillhöra denna kategori), ska genom periodisk okulär kontroll och elektrisk provning kontrolleras för att fastställa dess funktion. Innan en elektrisk anläggning tas i drift ska den besiktigas, den ska även besiktigas med jämna mellanrum för att eventuellt upptäcka fel som uppkommer efter idrifttagningen, syftet är att undvika driftsstörningar och att förbättra säkerheten (Svensk Elstandard, 2005, sid. 9-12).

Vid en insats är det viktigt att arbetsområdet identifieras (Svensk Elstandard, 2005, sid. 13). Detta är viktigt för ett jordningssystem som möjliggör att olika sektioner kan jordas och frånkopplas. Det är däremot inte lika viktigt för system som enbart kan jorda hela tunneln, eftersom det bara finns ett alternativ. Efter att arbetsområdet identifierats ska fem åtgärder enligt nedanstående ordning göras:

- Frånskilj anläggningsdelen.
- Skydda mot tillkoppling (genom blockering).
- Kontrollera att anläggning är spänningslös.
- Jorda och kortslut.
- Placera skydd mot närbelägna spänningsförande delar.

De som ansvarar för insatsen ska få tillstånd av den eldriftsansvariga att påbörja arbetet. Alla som deltar måste vara fackkunniga, instruerade eller övervakas av en såda person (Svensk Elstandard, 2005, sid. 13). Kravet är utformat för elarbeten och kan vara svårt att tillämpa för räddningstjänsten. Eftersom tunnelolyckor är så pass ovanliga är det svårt att uppfylla att alla inblandade är fackkunniga. Däremot kan en sådan person medverka vid insatsen.

4.2.1.1 Frånskilj anläggningsdelen

Den tunnel eller del av tunneln där en insats ska utföras måste frånskiljas från alla matningskällor. Detta ska göras med en anordning som frånskiljer genom ett luftgap eller med isolation med likvärdig funktion. Det måste säkerställas att frånskiljningspunkten inte kan överbryggas elektriskt (Svensk Elstandard, 2005, sid. 13)

4.2.1.2 Skydda mot tillkoppling

Anordningar som frånskiljer måste blockeras för att anläggningen inte av misstag ska kunna bli spänningssatt igen. Det görs lämpligast genom att manövermekanismen låses. Saknas ett sådant lås ska blockeringen göras på ett likvärdigt sätt. Om manövrering av frånskiljaren görs via en hjälpkraftkälla måste den tas ur drift eller blockeras. För ett automatiskt system bör blockering och frånskiljning vara fjärrstyrt, i det fallet ska en eventuell lokal manövrering förhindras (Svensk Elstandard, 2005, sid. 14). För att få ett

säkrare system är det bra att blockering och frånskiljning kan ske både lokalt och fjärrstyrt men om det fjärrstyrda systemet är i funktion, bör det lokala inte gå att använda för att anläggningen inte av misstag ska spänningssättas.

4.2.1.3 Kontrollera att anläggningen är spänningslös

Anläggningsdelen som frånskilts ska spänningsprovas, detta ska göras så nära det område där arbetet utförs som möjligt. En inbyggd eller bärbar utrustning ska användas (Svensk Elstandard, 2005, sid. 14). För ett automatiskt jordningssystem är en inbyggd lösning önskvärd, däremot kan en bärbar utrustning placerad på plats vara en säkerhetsåtgärd i fall att det inbyggda systemet ej fungerar. Bärbar utrustning ska kontrolleras omedelbart innan användandet och även efter om det är möjligt (Svensk Elstandard, 2005, sid. 14).

4.2.1.4 Jorda och kortslut

Under den tid en insats pågår ska det gå att säkerställa att anläggningen är jordad på ett korrekt sätt. Jordning och kortslutning ska ske genom att avsedda anordningar och utrustning först ansluts till jord och sedan till det som ska jordas. I bästa fall ska de vara synliga från arbetsplatsen, är det inte möjligt ska de placeras så nära den som möjligt (Svensk Elstandard, 2005, sid. 14).

Den eldriftsansvarige ska godkänna att ett arbete får inledas, tillstånd att påbörja insatsen ska ges av den insatsansvarige (Svensk Elstandard, 2005, sid. 15).

Information om läget hos en fjärrstyrd jordslutare (öppen eller sluten) måste överföras på ett säkert sätt i systemet (Svensk Elstandard, 2005, sid. 14). Brister i sådan information kan komplicera en räddningsinsats. En tänkbar situation är att jordslutaren jordar anläggningen men att denna information inte når den eldriftledaren som då inte kan ge tillstånd till att insatsen får påbörjas. En ännu allvarligare situation är om systemet informerar att anläggningen är jordad när så inte är fallet, systemet bör vara felsäkert så att detta inte kan inträffa. För att få ett mer redundant system kan jordslutarna konstrueras så att det går att se läget via exempelvis en indikatorlampa eller en markör, detta gör att läget hos jordslutaren kan kontrolleras på plats.

4.2.1.5 Efter avslutad insats

Tillkoppling får endast utföras om personer som medverkat informerats om att arbetet är slutfört och att utrustning som använts under insatsen avlägsnats från platsen. Då någon åtgärd, vars avsikt är att göra anläggningen säker, har upphävts ska anläggningen anses spänningsförande. Tillkoppling får ske först efter att den elarbetsansvarige lämnat en anmälan till eldriftledaren om att

anläggningen är klar för det (Svensk Elstandard, 2005, sid. 15). Eftersom en räddningsinsats inte är ett arbete i den mening standarden syftar på, är det inte säkert att en elarbetsansvarig finns, däremot är det förmodligen en bra åtgärd att en kunnig ansvarig person medverkar för att garantera störst möjliga säkerhet.

4.2.2 SS-EN 50122-1 Järnvägsanläggningar – Fasta installationer

Eftersom det automatiska jordningssystemet är tänkt att byggas som en permanent installation omfattas det enligt Thomas Borglin av standarden SS-EN 50122-1 Järnvägsanläggningar – Fasta installationer – Elsäkerhet, jordning och returströmkrets – Del 1: Åtgärder till skydd mot elchock.

Standarden innehåller krav och bestämmelser gällande elsäkerhet på fasta installationer i en växelströmsanläggning. Den gäller även installationer som är nödvändiga för elsäkerhet vid underhållsarbete (Svensk Elstandard, 2011a, sid. 7).

Ledande objekt som finns inom den så kallade kontaktledningszonen ska vara kopplade till returströmkretsen. Det bästa sättet att uppnå detta är att kortsluta objekten med s-rälen eller återledaren. Är det inte möjligt ska andra lämpliga åtgärder vidtas för att undvika farliga potentialskillnader (Svensk Elstandard, 2011b). En sådan lösning kan vara att hinder av isolerande material placeras ut på lämplig plats för att förhindra att kontakt med objektet är möjligt (Svensk Elstandard, 2011a, kap 7.3.1).

I avsnitt 6.4.1 i SS-EN 50122-1 (Svensk Elstandard, 2011a) anges att om jordning av returströmkretsen inte går att göra med jämna mellanrum ska kontaktledningssystemet ändå vara konstruerat så att farliga potentialskillnader ej kan uppstå. Annars måste skydd installeras för att kontakt med returströmkretsen inte ska vara möjligt. Om jordningssystemet konstrueras så att kontaktledningen jordas genom att den kortsluts med s-rälen, måste s-rälen själv vara jordad på ett korrekt sätt. Annars kan farliga spänningar uppstå i rälen vilken är lätt att komma i kontakt med för personer som rör sig inom spårområdet. Ett sätt att lösa detta problem är att s-rälen jordas i samma punkt där kontaktledningen ansluts.

Nedanstående åtgärder är exempel från SS-EN 50122-1 (Svensk Elstandard, 2011a, kap. 9.3.2.4) på vad som kan göras för att minska riskerna för att farliga potentialskillnader uppstår.

- Minskad resistans mellan rälen och marken, genom att förbättra jordningskopplingen.

- Potentialutjämning mellan ledande objekt.

- Isolering av ”stå-ytor”.

Vid val av antalet jordningsledare ska hänsyn tas till att ett kabelbrott kan uppstå (Svensk Elstandard, 2011a, kap. 10.3). Det är viktigt att tänka på för ett jordningssystem så att ett kabelbrott inte gör att systemet indikerar att anläggningen är jordad när så inte är fallet. Jordningsledarna ska även vara konstruerade så att de tål de temperaturhöjningar vilka kan uppstå från returströmmen vid normal drift och även vid kortslutning (Svensk Elstandard, 2011a, kap. 10.3). Att kablarna ska tåla strömmar som kan uppstå vid kortslutning är ett måste för att jordningssystemet ska vara säkert. Ett tänkbart scenario är att anläggningen är frånskild samt jordad men att sektionen tillkopplas på något sätt, vid denna situation måste jordningskablarna tåla de stora kortslutningsströmmarna som kommer uppstå. I Kap 10.3 i SS-EN 50122-1 (Svensk Elstandard, 2011a) ställs ett minimumkrav på att ledare direktkopplade till rälerna ska ha en minsta tvärsnittsarea på 50 mm^2.

4.3 Trafikverket

Dokument från Trafikverket som är av intresse vid utformning av ett jordningssystem är:

- BVH 585.30 – Personsäkerhet i järnvägstunnlar.

- BVF 1921– Elsäkerhetsföreskrifter för arbete på eller nära kontaktledning- och tågvärmeanläggningar.

- BVR 1036 – Tekniska system och komponenter – anskaffning/modifiering/utvekling.

4.3.1 BVH 585.30 – Personsäkerhet i järnvägstunnlar

Dokumentet beskriver mer allmänt hur säkerheten i järnvägstunnlar uppnås och anger inga specifika åtgärder som system för jordning. Däremot kan ett jordningssystem vara en viktig komponent för att följa de rekommendationer som anges.

Handboken fungerar som vägledning vid konstruktion av en ny järnvägstunnel som är längre än 300 meter, den ska garantera att Banverkets eftersträvade säkerhetsnivå uppfylls, vilken är att:

”Järnvägstrafik per kilometer i tunnlar skall vara lika säker som järnvägstrafik per kilometer på markspår, exklusive plankorsningar” (Banverket, 2007, sid. 7).

För att uppfylla målet med en godtagbar säkerhet nämns bland annat vikten av räddningstjänstens möjlighet att rädda och hjälpa utrymmande personer, räddningspersonalens egen säkerhet ska också tryggas. Det ska även vara möjligt för passagerare att själva utrymma tunneln vid en olycka (Banverket, 2007, kap. 1.2). Möjlighet till utrymning och säkerhet för räddningspersonal nämns även i Plan- och byggförordning om krav på byggnadsverk (Svensk författningssamling, 2011, kap. 3 § 8). Självutrymning är inte något som enbart sker om räddningstjänsten inte kan komma till. I BVH 585.30 (Banverket, 2007 kap. 7.2) beskrivs det hur utrymningen ska gå till och i de flesta olycksscenarier förutsätts passagerarna själva ta sig till en säker plats. Eftersom möjlighet till självutrymning är en sådan viktig del av en tunnels säkerhet bör detta kunna ske utan att de utrymmande utsätts för risken av en strömförande kontaktledning. Med ett manuellt jordningssystem blir självutrymningen osäkrare och passagerare kan inte garanteras samma säkerhet som det räddningstjänsten ställer krav på, det vill säga att kontaktledningen är frånkopplad och jordad. Med ett fjärrstyrt system kan kontaktledningen frånkopplas och jordas direkt vid inrapporterad olycka och passagerare kan därmed själva utrymma tunneln på ett säkrare sätt.

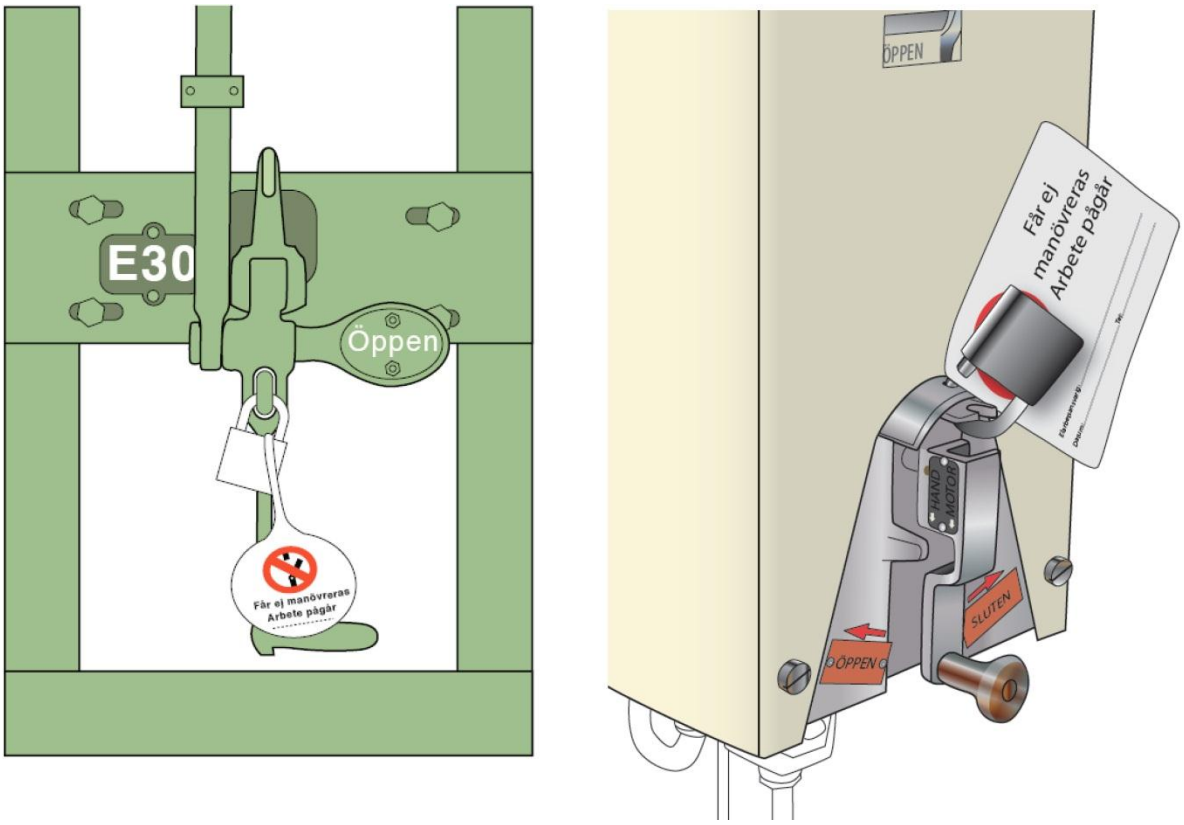
En bedömning måste göras om en åtgärd är nödvändig med hänsyn till kostnaden. Därför delar man upp dem i förebyggande åtgärder och åtgärder som är till för att förbättra säkerheten när en olycka redan inträffat. Förebyggande åtgärder ska prioriteras före sådana som ska minska konsekvenserna av en eventuell olycka (Banverket, 2007, kap. 8.4). Ett automatiskt jordningssystem är inte en förebyggande åtgärd eftersom det inte minskar risken för att en olycka som urspårning, brand etcetera inträffar. Däremot minskar ett jordningssystem risken för att en elektrisk olycka inträffar vid utrymning.

En räddningsinsats ska genomföras om det är motiverat med hänsyn till behovet av en snabb insats, värdet av det som ska räddas och kostnader för insatsen. Den ska ses som en del av en tunnels säkerhetskoncept och därför bör räddningstjänsten vara med när detta tas fram. Räddningstjänsten är anpassad för bekämpning av bostadsbränder och inte för större bränder som i en järnvägstunnel. När tunneln konstrueras ska därför en diskussion föras med räddningstjänsten för att utreda vilka förutsättningar som finns för insatser vid olika tänkbara scenarion. Det bör också klarläggas vilka åtgärder i tunneln som är nödvändiga för att en räddningsinsats ska kunna genomföras (Banverket, 2007, kap. 9.6). Det sistnämnda kan innebära att räddningstjänsten ställer krav på att ett automatiskt jordningssystem ska finnas.

4.3.2 BVF 1921 – Elsäkerhetföreskrifter för arbete på eller nära kontaktlednings- och tågvärmeanläggningar

Föreskriften gäller för arbete på kontaktledningsanläggningar som ägs av Trafikverket. Den är framtagen för att kraven från Elsäkerhetsverket och Svensk standard SS-EN 50110-1 ska uppfyllas (Trafikverket, 2011, kap. 2). Kapitel 6 i BVF 1921 (Trafikverket, 2011) beskriver hur arbete utan spänning ska genomföras och vänder sig främst till de som ska utföra arbete på anläggningen, men kraven bör även kunna tillämpas och fungera som vägledning för hur ett jordningssystem ska konstrueras. Med arbete utan spänning menas arbete som utförs på en anläggning som är spänningslös och att åtgärder har utförts för att förebygga elektrisk fara.

När arbete utan spänning genomförs ska kontaktledningen förhindras från matning från alla håll. Punkten där kontaktledningen har frånskilts ska vara klart synlig, eller ska informationen om frånskiljning indikeras på ett tillförlitligt sätt. När kontaktledningen är spänningslös ska frånskiljarna blockeras för att de inte ska kunna manövreras felaktigt. Detta görs genom att verktyg som behövs för frånskiljningen ska plockas bort och en skylt med varning om att den ej får manövreras placeras ut (se figur 3.2 på nästa sida). Det rekommenderas även att fjärrstyrda frånskiljare låses och skyltas lokalt (Trafikverket, 2011, kap. 6.2.3). Som tidigare nämnts i SS-EN 50110-1 ska den hjälpkraftkälla som krävs för manövrering blockeras eller tas ur bruk.



Figur 3.2: Lokal blockering av frånskiljare (Trafikverket, 2011, sid. 36).

När kontaktledningen är frånskild ska spänningsprovning utföras. Spänningsprovaren ska vara avsedd för rätt spänning och uppfylla kraven enligt SS-EN 61243 – Arbete med spänning. Samtliga ledare som ska frånskiljas och jordas ska spänningsprovas på minst en punkt där jordningen ansluts. På vissa punkter kan det vara olämpligt att spänningsprova då de elektriska fälten kan ta ut varandra vilket på spänningsprovaren indikerar att kontaktledningen är spänningsfri trots att så inte är fallet (Trafikverket, 2011, kap. 6.2.7).

Jordningen ska anbringas mellan arbetsområdet (i detta fall olycksplatsen i tunneln), och alla punkter där kontaktledningen kan spänningssättas. Minst en jordning ska vara synlig från arbetsområdet för att markera att kontaktledningen är spänningslös (Trafikverket, 2011, kap. 6.2.8). I framförallt långa tunnlar kan det bli svårt att få en jordningspunkt synlig från hela tunneln men någon form av indikering borde kunna fylla samma funktion. En annan tänkbar lösning är att kommunikation sker mellan räddningspersonal och personal placerad vid en indikator vid exempelvis tunnelmynningen.

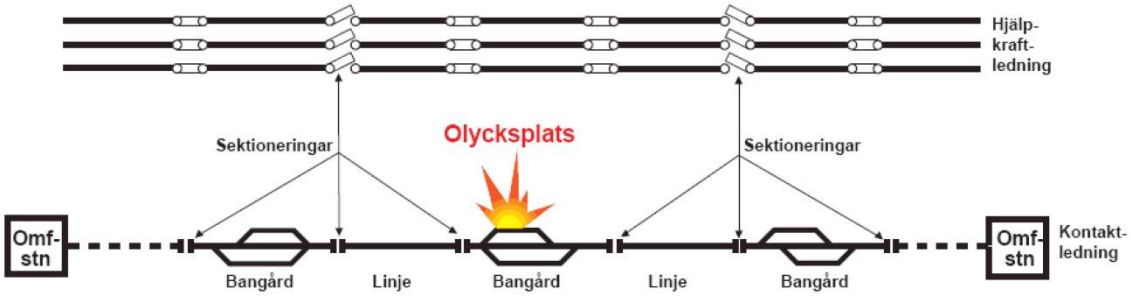
Det nämns att arbetsjordning normalt sett ska göras till s-rälen, men att det ska kontrolleras att rälen inte är bruten (Trafikverket, 2011, kap. 6.2.8). Risken

med detta är att returströmkretsen bryts och farlig spänning kan uppstå i rälen. Eftersom ett jordningssystem är en permanent installation bör detta utformas så att inte ovanstående risk inträffar. Detta kan lösas genom att jordningen sker till fler s-räler om det inte är enkelspår. Eller att jordning även sker till en separat längsgående jordlina i tunneln.

Verktyg och anordningar för jordning av kontaktledningen ska ha en minsta area på 50 cm^2 och vara tillverkad av koppar. Jordningarna ska tåla den största ström som kan förekomma vilket i normala fall är kortslutningsströmmen (Trafikverket, 2011, kap 6.2.9) Detta är som tidigare nämnts mycket viktigt för att jordningssystemet ska vara säkert.

4.3.2.1 Frånkoppling vid olycka

Om en olycka inträffar ska eldriftsledaren utföra nödfrånkoppling av kontaktledningen på alla spår där olyckan inträffat. Detta innebär att frånkopplingen sker så att överbryggning av spänning till olycksplatsen inte är möjlig. Ett exempel på räddningsfrånkoppling är enligt bilden nedan. Där är bangården och de intilliggande stationssträckorna frånkopplade (Trafikverket, 2011, kap. 12.1). I en tunnel är dock inte hjälpkraftledningen aktuell då den förläggs som en kabel.



Figur 3.3: Exempel på räddningsfrånkoppling, bangården samt två anslutande sektioner är frånkopplade (Trafikverket, 2011, sid. 66).

Enligt BVH 1921 (Trafikverket, 2011, kap. 12.1) ska eldriftledaren meddela att frånkoppling skett. Med ett automatiskt jordningssystem är tanken att eldriftledaren även kan spänningsprova och jorda kontaktledningen. Att detta skett bör indikeras vid tunnelmynningarna, men att räddningstjänsten får detta bekräftat även från eldriftledaren gör systemet tillförlitligare. I kapitel 12.1 BVH 1921 (Trafikverket, 2011) nämns det att en elarbetsansvarig ska skickas till olyckplatsen. Även om inga kopplingar behöver göras när ett automatiskt jordningssystem finns kan närvaron av en kunnig person tillföra extra säkerhet.

4.3.3 BVR 1036 – Tekniska system och komponenter – anskaffning/modifiering/utvekling

Dokumentet anger inget specifikt som är av intresse för ett jordningssystem utan beskriver mer allmänt hur det ska gå till när ett nytt system eller komponent ska tas fram inom Banverket.

Leverans Anläggning inom Trafikverket ansvarar och beslutar om vilka system och komponenter som ska användas och vilka nya system och komponenter som ska införas (Banverket, 2010, kap. 2). En oberoende granskare ska anlitas och följa utvecklingsprocessen om systemet eller komponenten som tas fram är en ”säkerhetskomponent”, vilket ett jordningssystem bör vara. Granskaren ska även godkännas av Transportstyrelsen (Banverket, 2010, kap. 6.7).

Om ett nytt system eller en ny komponent ska tas fram måste det eventuellt godkännas av Transportstyrelsen (Banverket, 2010, kap. 6.7). Transportstyrelsen måste godkänna system som behandlas i en TSD, i detta fall är det kraven i TSD – ”Safety in railway tunnels” som måste uppfyllas. Enligt Joakim Strand[8] krävs förmodligen inget annat godkännande från Transportstyrelsen än enligt kraven som ställs i ”Safety in railway tunnels”.

4.4 Elsäkerhetsverket

Enligt Klas-Göran Sundvall[9] och Anders Petterson[10] finns det inga specifika krav för ett jordningssystem inskrivna i föreskrifterna från Elsäkerhetsverket. Däremot måste de generella kraven som finns i ELSÄK-FS 2006:1 och ELSÄK-FS 2008:1 följas. Enligt Klas-Göran Sundvall kan kraven från Elsäkerhetsverket uppfyllas genom att de generella fordringarna i den tidigare beskrivna standarden SS-EN 50110-1 följs.

ELSÄK-FS 2006:1 gäller för arbete på eller i närheten av starkströmsanläggningar som kan innebära fara för de som utför arbetet. Det är som tidigare nämnts mer generella krav som behandlas. Till exempel ska säkerheten för de som utför ett arbete uppnås genom att åtgärder för att förebygga olyckor ska utföras enligt god elsäkerhetsteknisk praxis. En riskbedömning ska utgöra underlag för om en säkerhetsåtgärd ska utföras. Om säkerhetsåtgärder följer något annat än svensk standard ska riskbedömningen och dess anvisningar om utförande dokumenteras för de som ska göra arbetet. Det gäller även om arbetet är av sådan karaktär att svensk standard måste kompletteras (Elsäkerhetsverket, 2006, § 1-3). Eftersom ett automatiskt

[8] Strand Joakim, Transportstyrlessens godkännandeprocess, Trafikverket, intervju 2012-04-05.
[9] Sundvall Klas-Göran, Teknisk expert, Elsäkerhetsverket, intervju 2012-03-30.
[10] Anders Petersson, Avdelningschef anläggningar och installatörer, Elsäkerhetsverket, intervju 2012-03-27

jordningssystem för järnväg är nytt i Sverige är det inte omöjligt att standarder behöver kompletteras.

Finns det risk för elektrisk fara vid ett arbete ska en elsäkerhetsplanering tas fram. Det ska i planeringen framgå vem eller vilka som ansvarar för att olika säkerhetsåtgärder utförs. Om det gäller arbete på en frånkopplad anläggning, vilket är aktuellt i detta fall, ska säkerhetsåtgärder utföras för att garantera att anläggningen förblir spänningslös (Elsäkerhetsverket, 2006, § 5-6). Det sistnämnda är syftet med det automatiska jordningssystemet. Själva jordningen av kontaktledningen samt blockering av frånskiljarna är åtgärder som ska garantera att anläggningen är spänningsfri.

ELSÄK-FS 2008:1 beskriver hur en starströmsanläggning ska vara utförd. Den innehåller som tidigare nämnts inget konkret om hur ett automatiskt jordningssystem ska vara byggt utan ställer lite mer generella krav på starkströmsanläggningar. Anders Petterson[10] hänvisar till kap. 2 §1 i ELSÄK-FS 2008:1 som nämner att anläggningen ska vara byggd med god elsäkerhetsteknisk praxis och därmed säker med hänsyn till person- eller sakskador på grund av el. Paragrafen hänvisar till svensk standard och att om den följs uppfylls kraven på god elsäkerhetsteknisk praxis om inget annat kan påvisas. Att detta uppfylls ska kontrolleras innan den nya, ändrade eller utbyggda starkströmsanläggningen tas i bruk (Elsäkerhetsverket, 2008, kap. 2 § 2).

Det nämns även i ELSÄK-FS 2008:1, kap. 3 § 9, att en starkströmsanläggning ska vara byggd så att arbete kan utföras på den med god säkerhet (Elsäkerhetsverket, 2008).

4.5 Räddningstjänsten

Att ett automatiskt jordningssystem byggs är enligt räddningstjänsten viktigt för att de ska kunna utföra en effektiv räddningsinsats. Räddningstjänsten ställer inga andra krav på funktion eller hur det ska konstrueras utan enbart att ett automtiskt system för jordning ska finnas. Det är viktigast att längre tunnlar som Citytunneln får ett automatiskt system. Att ett automatiskt jordningssystem byggs för även kortare tunnlar som den i Åkarp anses inte lika viktigt. Där kan räddningstjänsten själva jorda på varsin sida om tunneln. Däremot är det en fördel om ett automatiskt system byggs även för sådana tunnlar (Paul Bjurehag)[11].

[11] Bjurehag Paul, Inre befäl/Brandinspektör, Räddningstjänsten syd, intervju 2012-04-09.

Ett problem med manuell jordning enligt Paul Bjurehag är att inte alla inom räddningstjänsten har rätt kompetens. Eftersom tunnelolyckor sker väldigt sällan kan de som har kunskap om hur de ska jorda glömt vissa delar och tidsåtgången blir längre än vid exempelvis övningar då kunskapen var färsk. Om jordningen utförs av ett automatiskt system undviks detta problem.

I utvärderingar från övningar i Citytunneln beskrivs tidsåtgången för jordning som oacceptabel (Citytunneln, 2010, kap. 8). Enligt Paul Bjurehag kommer inte räddningstjänsten vänta på att jordning ska utföras om människoliv står på spel. Detta innebär att räddningstjänsten kommer behöva utföra insatsen utan att kontaktledningen är garanterat spänningsfri. Som tidigare nämnts ska det vid arbete på frånkopplad anläggning enligt ELSÄK-FS 2006 (§ 6) finnas garantier för att anläggningen är spänningsfri. Hänvisning till ELSÄK-FS 2008:1 (kap 3 § 9) kan också göras, i denna paragraf nämns det att anläggningen ska vara byggd så att arbete kan utföras på ett säkert sätt. Om ett automatiskt jordningssystem inte byggs finns risken att ovanstående krav inte uppfylls. Ett automatiskt system kommer göra att kontaktledningen kan garanteras spänningsfri och att arbete på anläggningen är säkert, i alla fall med hänsyn till elektrisk fara på grund av kontaktledningen.

5 Tillgängliga system

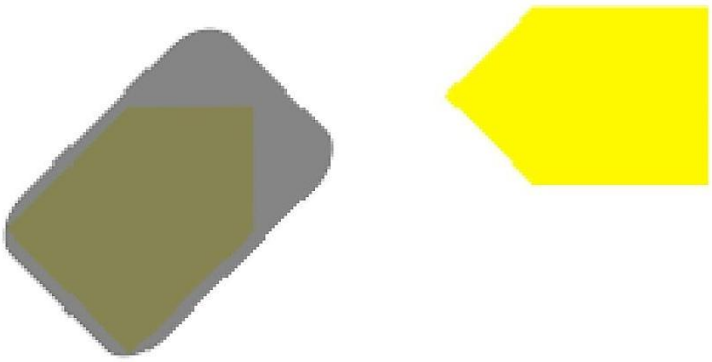
Eftersom automatiska jordningssystem för järnvägstunnlar redan finns på marknaden och används i andra länder kan dessa studeras för framtagandet av en lösning för den svenska järnvägen. Systemen som beskrivs finns i Tyskland, Österrike, Italien och i USA. Det i Italien liknar det tyska väldigt mycket och är mer avancerat än det som finns i Österrike och i USA. Båda typer av lösningar fungerar och idéer kan hämtas från alla länderna.

5.1 Österrike

ÖBB är Österikes infrastrukturförvaltare av det statliga järnvägsnätet. De har hand om 293 tunnlar varav 29 av dem är längre än 1000 meter. Antalet tunnlar förväntas öka avsevärt de närmsta åren (Safety management for Austrian railway tunnels (SMART), 2010, sid. 211-212).

Det vanligaste är att jordningen utförs av en manuell anordning. I somliga järnvägstunnlar finns det dock system som frånkopplar och jordar kontaktledningen via fjärrstyrda jordslutare. De finns oftast vid tunnelmynningarna och har markörer som visar om anläggningen är frånkopplad och jordad (ÖBB, 2010, sid. 49).

Markörerna är placerade på toppen av jordslutaren. Bilden nedan visar hur markörerna står när anläggningen är spänningssatt och ej jordad. Den högra markören står horisontellt medan den vänstra har en vinkel på 45 grader och täcks av gråa metallplattor (ÖBB, 2010, sid. 49).

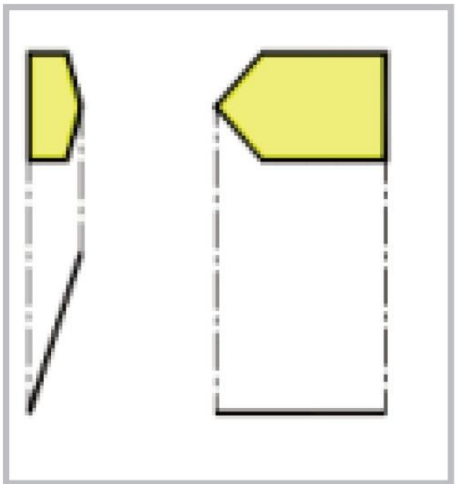


Figur 4.1: Jordningsmarkörer i Österrike som visar att anläggningen ej är jordad (ÖBB, 2010, sid. 48).

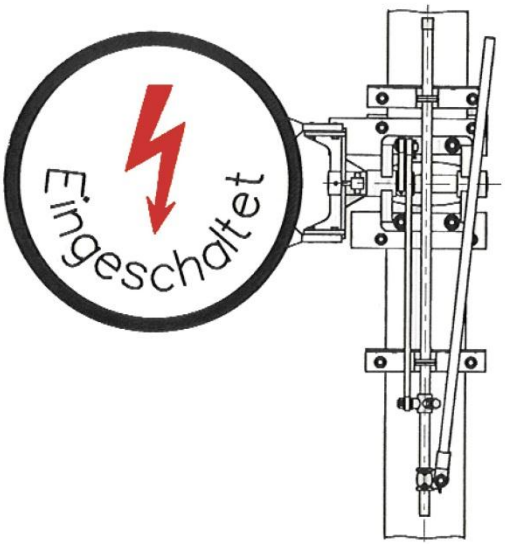
När markörerna är positionerade enligt nedanstående figur, med sina spetsar riktade mot varandra är anläggningen frånkopplad och jordad (ÖBB, 2010, sid. 49).

Figur 4.2: Jordningsmarkörer i Österrike som visar att anläggningen är frånkopplad samt jordad (ÖBB, 2010, sid. 48).

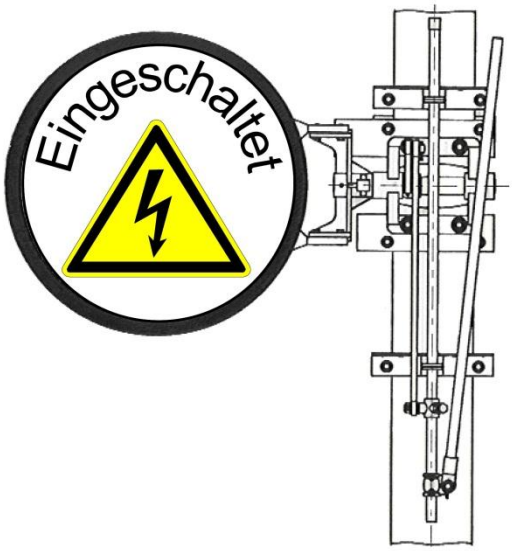
De gula markörerna kan även vara konstruerade enligt följande: Den vänstra pilen roterar horisontellt med 90 grader istället för en vertikal vridning på 45 grader som beskrivits tidigare. När markörerna är positionerade enligt nedan är anläggningen spänningssatt. När kontaktledningen frånkopplas och jordas ska markörerna som tidigare beskrivits peka mot varandra (ÖBB, 2011, sid. 46).



Figur 4.3: Alternativt utförande av jordningsmarkörer i tillståndet ej jordad kontaktledning” (ÖBB, 2011, sid. 46).



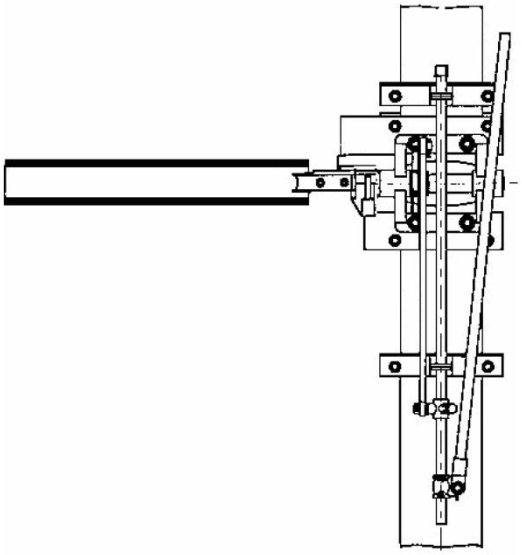
Figur 4.4: Markör som visar att anläggningen är spänningssatt (gammalt utseende) (ÖBB, 2010, sid. 47).



Figur 4.5: Markör som visar att anläggningen är spänningssatt (nytt utseende) (ÖBB, 2010, sid. 47).

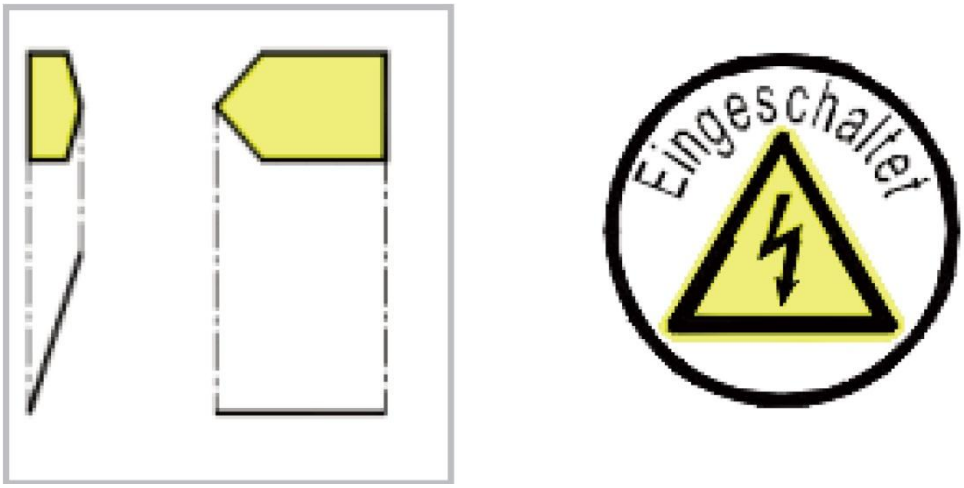
Förutom de ovanstående gula markörerna finns det en anordning som frånkopplar anläggningen. Den ser ut enligt figurerna 4.4-4.6. Om skylten står vertikalt innebär det att kontaktledningen är spänningssatt. Den kan se ut på två olika sätt, den till höger är nytt utförande och den till vänster är ett gammalt utförande (ÖBB, 2011, sid. 45).

När kontaktledningen är frånkopplad ligger markören i ett horisontellt läge enligt bilden nedan (ÖBB, 2011, sid. 46).

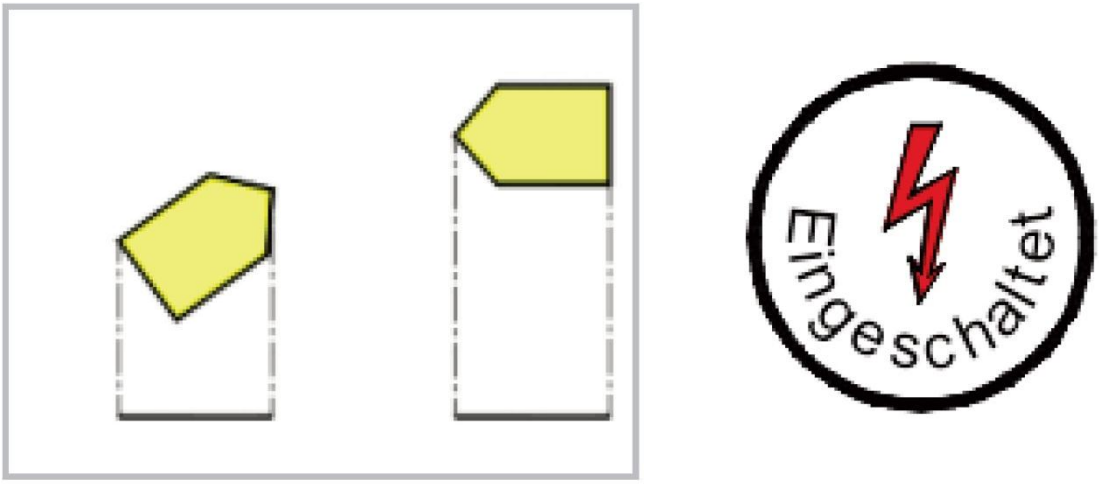


Figur 4.6: Frånkopplad anläggning (ÖBB, 2010, sid. 47)

När tillkoppling av anläggningen har gjorts ska det kontrolleras att skylten med blixtpilen står i lodrät läge samt att de gula markörerna inte är riktade mot varandra (ÖBB, 2011, sid. 46). Figurerna nedan visar samma sak men är olika kombinationer av markörer.

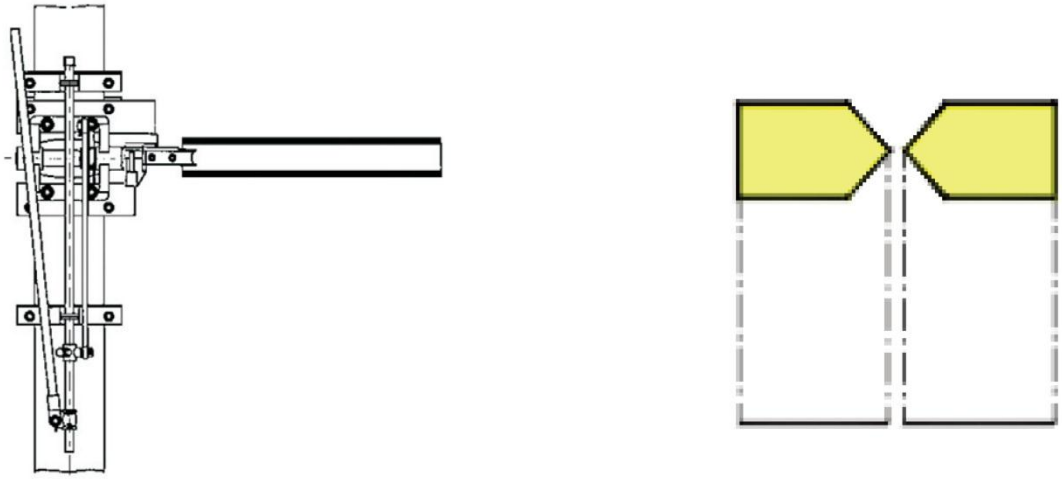


Figur 4.7: Spänningssatt och jordad anläggning (ÖBB, 2011, sid. 46).



Figur 4.8: Spänningssatt och jordad anläggning (ÖBB, 2011, sid. 46).

När frånkoppling av kontaktledningen utförts ska det kontrolleras att skylten med blixtpilen ligger i ett horisontellt läge och att de gula markörerna är riktade mot varandra (ÖBB, 2011, sid. 47).



Figur 4.9: Frånkopplad och jordad anläggning (ÖBB, 2011, sid. 47).

Följande bilder visar en anläggning från Österrike där markörerna är i tillståndet ”ej jordad anläggning”. Konstruktionen är utförd enligt figur 4.1 (sid. 29) vilket gör att den ena markören täcks av gråa metallplattor.

Figur 4.10: Spänningssatt och ej jordad anläggning i Österrike (Ledwina, 2007a).

Figur 4.11: Spänningssatt och ej jordad anläggning i Österrike (Ledwina, 2007b).

Figur 4.12: Spänningssatt och ej jordad anläggning i Österrike (Ledwina, 2007c).

I rapporten ”EMERGENCY EXERCISES IN AUSTRIAN RAILWAY TUNNELS” (EEART, 2006) beskrivs insatsövningar som utförts i tre olika tunnlar I Österrike. I två av övningarna har det fjärrstyrda jordningssystemet använts.

Den första tunneln har en längd på 5 kilometer. Vid övningens genomförande hade kontaktledningen jordats och frånkopplats efter 9 minuter. Genomförandet av räddningsinsatsen gick till enlig nedan.

- 5 min: Trafikledningen får in ett första meddelande från lokföraren.
- 3 min: Lokföraren sätter igång tunnelbelysningen.
- 0 min: Nödsamtal skickas från lokföraren till trafikledningen.
+ 2-5 min: Räddningstjänst och polis meddelas.
+ 9 min: Kontaktledningen frånkopplas och jordas.
+ 11 min: Information om var tåget befinner sig och lastens innehåll meddelas.
+ 22 min: Räddningstjänstens anländer vid tunnelmynningarna och vid räddningsfordonet.
+ 30 min: En insatsledare från infrastrukturförvaltaren ÖBB, räddningsgrupp och polis anländer vid platsen.
+ 30-45 min: Cirka 20 fordon anländer vid tunnelmynningarna.
+ 55 min: Räddningståget anländer vid tunnelmynningen
+ 1h 20 min: Räddningståget anländer vid olycksplatsen.

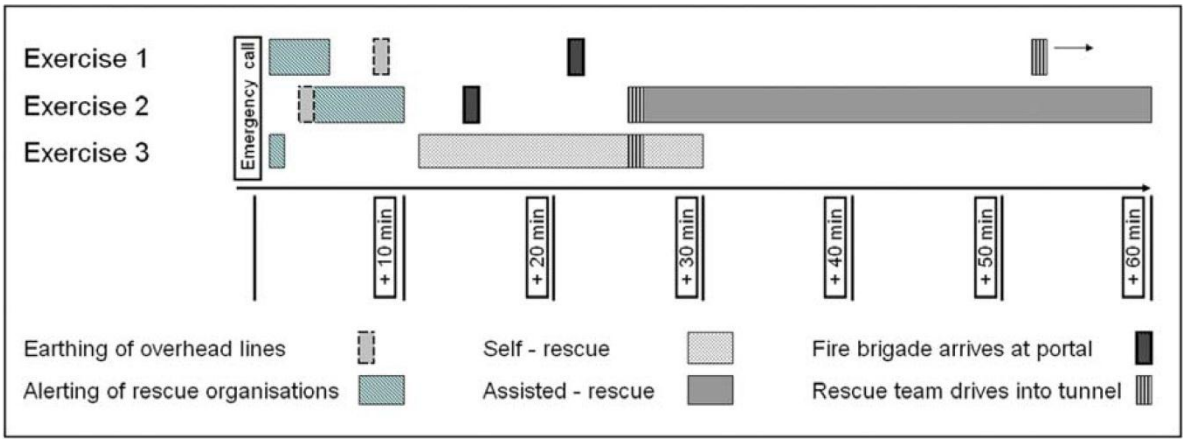
(EEART, 2006, sid. 197)

Den andra tunneln är 1,1 kilometer lång. Vid övningen jordades kontaktledningen via det fjärrstyrda systemet. Detta var utfört redan efter 4 minuter. Insatsen gick till enligt nedan:

+ 0 min: Nödsamtal kommer in.
+ 4 min: Tågtrafiken stoppas. Kontaktledningen frånkopplas och jordas.
+ 5-10 min: Räddningstjänst och polis meddelas.
+ 15 min: Insatsledaren kontaktar trafikledningen med en telefon som finns vid tunnelmynningen.
+ 36 min: Den första skadade personen förs till en säker plats.

(EEART, 2006, sid. 198)

Bilden nedan visar tidsförloppet för olika delar av räddningsinsatsen. Värt att notera är att i de två övningarna där jordning utfördes var detta gjort inom 10 minuter från att nödsamtal kom in till trafikledningen. Jordningen var även utförd långt innan räddningstjänsten anlände vid tunnelportalerna. Det fjärrstyrda jordningssystemet gör att resurserna kan användas till annat än jordning och processen beskrivs inte i rapporten som ett kritiskt moment som kan effektiviseras, om tiden för räddningsinsatsen ska kortas ned måste andra åtgärder vidtas.



Figur 4.13: Tidsåtgång för olika moment vid räddningsinsatserna (EEART, 2006, sid. 201).

5.2 USA – New York

Systemet liknar det från Österrike med fjärrstyrda jordslutare. Det är dock inte lika utvecklat och räddningstjänsten litar inte enbart på jordning via jordslutare vid en insats.

I New Yorks tunnelsystem matas tågen som trafikerar banorna med 12 kV och 25 Hz via kontaktledningar. Kontaktledningen är uppdelad i elektriska sektioner, i varje ände finns matarledare samt fjärrstyrda brytare vilket gör att den enskilda sektionen kan frånkopplas. Amtrak, som är en statligt ägd tågoperatör i USA, har installerat motordrivna jordslutare vid varje matningspunkt till de elektriska sektionerna. Dessa kopplar kontaktledningen till marken för att bli av med statisk spänning. De styrs av Amtraks motsvarighet till den svenska eldriftsledaren som också styr matarbrytarna. Syftet med jordslutarna är att förse tunneln med skyddsjordningar vid underhåll, nybyggnation samt vid räddningsinsatser. Eftersom jordslutarna är fjärrstyrda kan de manövreras även om miljön i tunnel blir farlig, exempelvis vid brand. Det kortar även ned tiden för jordning jämfört med om manuella verktyg används (New York fire department (NYFD), 2008, sid. 1).

Räddningstjänsten i New york förlitar sig dock inte enbart på de fjärrstyrda jordslutarna vid insatser i tunnlarna. De kräver att Amtrak även jordar vid några specifikt utvalda punkter i händelse av brand. Detta utförs i två moment för att påskynda räddningsinsatsen. Användandet av de fjärrstyrda jordslutarna och de manuella jordningsverktygen gör att ett mer redundant system uppnås (NYFD, 2008, sid.1).

När en nödsituation uppstår i tunnlarna som kräver att kontaktledningen frånkopplas samt jordas, utför Amtraks personal, som tidigare nämnts, två olika delmoment enligt del 1 och del 2 nedan.

Del 1

- Motsvarigheten till eldriftledaren meddelas att kontaktledningen ska frånkopplas.

- Så kallad klass A personal från Amtrak, vilka är specialutbildade för att arbeta med högspänning, skickas ut till en den centralt placerade Pennstation där räddningspersonalen samlas. En person möter räddningspersonalen, de två andra ska visuellt bekräfta att jordslutarna slutit och utföra manuella jordningar.

- Eldriftledaren informerar motsvarigheten till trafikledningen om vilka sektioner som behöver frånkopplas.

- Trafikledningen meddelar att de begärda avsnitten får frånkopplas, eldriftledaren gör detta genom att öppna brytarna.

- När anläggningen är spänningsfri sluter eldriftledaren de fjärrstyrda jordslutarna vid varje ände av tunneln.

- När Amtrak-personalen fått tillåtelse ska de bekräfta att jordslutarna i Pennstation har slutit korrekt och utföra manuell jordning. Att detta utförts ska rapporteras tillbaka till eldriftledaren, varje jordslutares nummer och lokalisering ska också meddelas.

- När alla ovanstående punkter utförts ska eldriftledaren rapportera till räddningstjänsten att kontaktledningen är spänningsfri och jordad samt att del 1 av jordning och frånkoppling är klar.

När del 1 har avslutats kan räddningsinsatsen påbörjas. Om någon av jordslutarna inte visuellt kan bekräftas att de slutit korrekt ska Amtrak först testa om kontaktledningen är spänningslös, fästa jordningsanordning i varje tunnelände och även så nära olycksplatsen som möjligt.

(NYFD, 2008, sid. 2-3).

Samtidigt som del 1 utförs ska eldriftledaren påbörja del 2.

Del 2

- Eldriftledare skickar ut personal till en av tunnelportalerna med hänsyn till var olyckan inträffat.

- De gör en visuell bekräftelse att jordslutaren har tillkopplats.

- Är det inte möjligt ska de, som tidigare nämnts, testa om kontaktledningen är spänningsfri.

- Sedan utför de manuell jordning och rapporterar tillbaka till eldriftledaren att detta utförts samt nummer på de aktuella jordslutarna

och var de är lokaliserade.

- Om förutsättningar tillåter det, ska Amtrak-personalen utföra manuell jordning så nära olycksplatsen som möjligt.

- När ovanstående punkter utförts meddelar eldriftledaren till räddningstjänsten att del 2 avslutats. Detta innebär att manuella jordningar anordnats i varje ände av den elektriska sektionen.

(NYFD, 2008, sid. 3).

5.3 Tyskland – OLSP

Jordningssystemet i Tyskland är mer automatiserat och skiljer sig därmed från det i Österrike och New York.

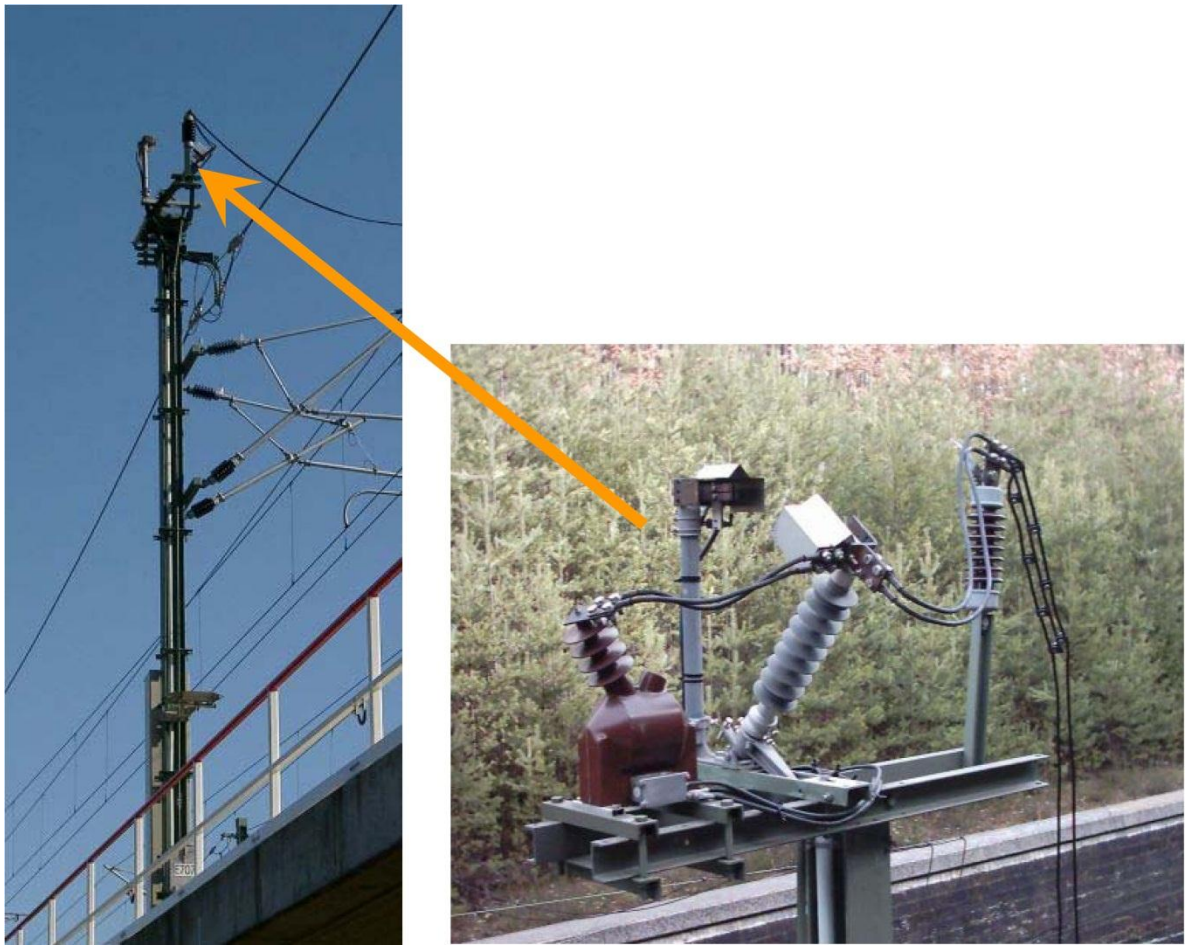
Vid en olycka ska infrastrukturförvaltaren se till att kontaktledningen är spänningsfri och jordad när räddningstjänsten anländer. Detta är viktigt eftersom en insats i en tunnel är mycket tidkrävande och räddningstjänsten ska kunna påbörja utrymningen av tunneln direkt. Tidigare har jordningen genomförts manuellt vilket tagit upp till 30 minuter att utföra samt har gjort att gällande riktlinjer ej kunnat uppnås (Deutsche Bahn AG, 2003, sid. 34-37).

Vissa tunnlar i Tyskland har utrustats med ett fjärrstyrt jordningssystem kallat OLSP för att den tidskrävande manuella jordningen ska undvikas. Systemets uppgift är att säkra att kontaktledningen i tunneln är spänningsfri och jordad (Deutsche Bahn AG, 2009, sid. 35). Det finns riktlinjer som ställer krav på att järnvägstunnlar längre än 500 meter bör utrustas med ett system som kan jorda kontaktledningen och indikera om den är spänningsfri. Syftet med systemet är att räddningspersonal kan utrymma tunneln vid en olycka utan att själva utsättas för den fara som spänningsförande kontaktledningar och matarledningar medför (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

Jordning av hela tunneln gäller främst för öppna tunnlar som enbart används till att köras igenom (som Åkarpstunneln), det är den vanligaste tunneltypen. Om tunneln är ett transportsystem under marken, det vill säga att det finns stationer som i Citytunneln i Malmö ska enskilda sektioner kunna frånskiljas och jordas, hänsyn ska tas till signalsträckorna samt de underjordiska stationernas lägen och antal (Deutsche Bahn AG, 2003, sid. 34-37).

Funktion och uppbyggnad – OLSP

Det är driftledningscentralen som normalt sett aktiverar och frånkopplar kontaktledningen. OLSP-systemet konstaterar att kontaktledningen är spänningsfri och därför behövs ej den tidigare metoden med spänningsmätare användas (Schöberl, 2004, sid. 13-16). Jordslutaren är konstruerad med en kabel som ansluter kontaktledningen med ena rälen. Förbindelsen kan givetvis inte vara permanent utan jordningskabeln är ansluten till en slutare som är placerad på toppen av kontaktledningsstolpen (se figur 4.14). I normalt tillstånd är slutaren öppen (Deutsche Bahn AG, 2003, sid 34-37).



Figur 4.14: Jordslutare (Deutsche Bahn AG, 2012, sid. 36).

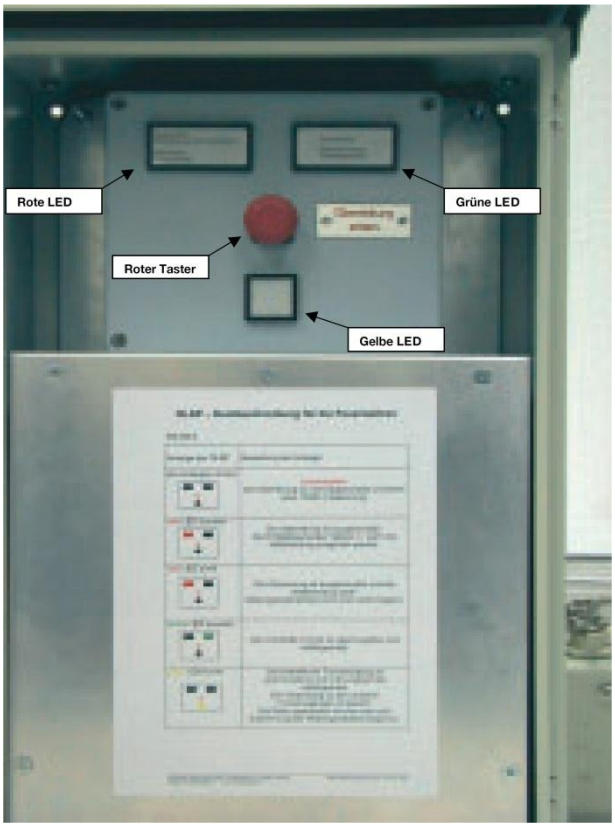
Jordslutaren kan inte manövreras förrän det konstaterats att kontaktledningen är spänningsfri. Manövrering kan utföras av behöriga via driftledningscentralen eller lokalt via manöverpanelerna som finns vid tunnelmynningar och utrymningsvägar. På begäran stängs jordslutaren som därmed kortsluter kontaktledningen med rälen (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

När jordning utförs manuellt med jordningsverktyg fungerar dessa som så kallade ”syn-jordar” och markerar för räddningstjänsten att anläggningen är frånkopplad samt jordad. Med fasta installerade jordslutare finns dock inte ”syn-jordarna” och OLSP-systemet sköter dess funktion istället. (Deutsche Bahn AG, 2003, sid. 34-37). Räddningstjänsten meddelas om anläggningen är spänningslös, nödjordad eller spänningssatt via manöverpanelerna vid tunnelmynningarna (figur 4.15–16) och utrymningsvägarna (figur 4.16–17) (Schöberl, 2004, sid. 13-16). Med manöverpanelerna till undercentralen som finns vid tunnelmynningarna kan frånkoppling och jordning utföras, jordning kan även göras via manöverpanelerna vid utrymningsvägarna. Undercentralen består av ett skåp där all nödvändig teknisk utrustning finns, en del av skåpet är olåst där manöverpanelen med röda, gula och gröna indikatorlampor samt knapp för nödjordning finns (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

Figur 4.15: OLSP-undercentral och manöverpanel i öppet läge (Schöberl, 2004, sid. 15).

Figur 4.15: OLSP-undercentral och manöverpanel i stängt läge (Schöberl, 2004, sid. 14).

Figur 4.16: Manöverpanel vid utrymningsvägar i stängt läge (Schöberl, 2004, sid. 15).



Figur 4.17: Manöverpanel vid utrymningsvägar i öppet läge (Schöberl, 2004, sid. 15).

Gränsen för det jordade området markeras med skyltar enligt bilderna nedan. De är viktiga för att personal ska veta vilket område som är säkert att röra sig inom (Deutsche Bahn AG, 2003, sid. 34-37).

Figur 4.18: Skylt som markerar det jordade arbetsområdet (Deutsche Bahn AG, 2003, sid. 36).

Figur 4.19: Skylt som markerar det jordade arbetsområdet (Deutsche Bahn AG, 2012, sid. 37).

Kommunikation och felsäkerhet

De ingående komponenterna övervakas ständigt för att systemet ska vara säkert. Räddningstjänstens säkerhet kan garanteras eftersom systemet är konstruerat på ett felsäkert sätt så att exempelvis fel på kommunikationen mellan undercentralerna inte gör att felaktiga meddelanden visas (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

Systemet består av en OLSP-central som tar emot kommandon från driftledningscentralen. OLSP-centralen övervakar hela stationens data samt matar ut kommandon till undercentralerna placerade vid tunnelportalerna. Undercentralerna ansvarar för övervakning och styrning av sina tillhörande jordslutare. De utför de kommandon som mottas från OLSP-centralen, till exempel att jordslutaren ska sluta. OLSP-centralen skickar ständigt data till driftledningscentralen om anläggningens status, samt om strömförsörjningen fungerar. Kommunikationen mellan understationerna och OSLP-centralen utförs via redundanta datavägar. Informationen skickas via två kommunikationsvägar som är ständigt aktiva och som därmed övervakas hela tiden. Om ett fel inträffar på en kommunikationsväg används enbart den andra för att överföra informationen, skulle ett avbrott även ske på den kvarvarande kommunikationsvägen arbetar manöverpanelerna för sig själva. Inträffar detta innebär det att systemet inte kan meddela ifall båda undercentralerna slutit sina tillhörande jordslutare. Istället måste det bekräftas att jordning utförts vid varje tunnelmynning på plats, via manöverpanelerna (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

Systemet utför kontinuerligt tester för att upptäcka fel och begynnande fel. En beskrivning av felet samt om var det är lokaliserat meddelas. Detta gör att tiden för underhåll och felavhjälpning blir avsevärt kortare (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

För att understödja personal vid fel i OLSP-anläggningen har en dator och display installerats i OLSP-centralen (figur 4.20). Denna visar positionen hos jordslutarna, tillståndet för kommunikationen mellan manöverpanelerna och funktionen hos strömförsörjningen. Datorn arkiverar även all information som skickas samt om vilka omkopplingar som gjorts (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

Figur 4.20: OLSP-central (Schöberl, 2004, sid. 14)

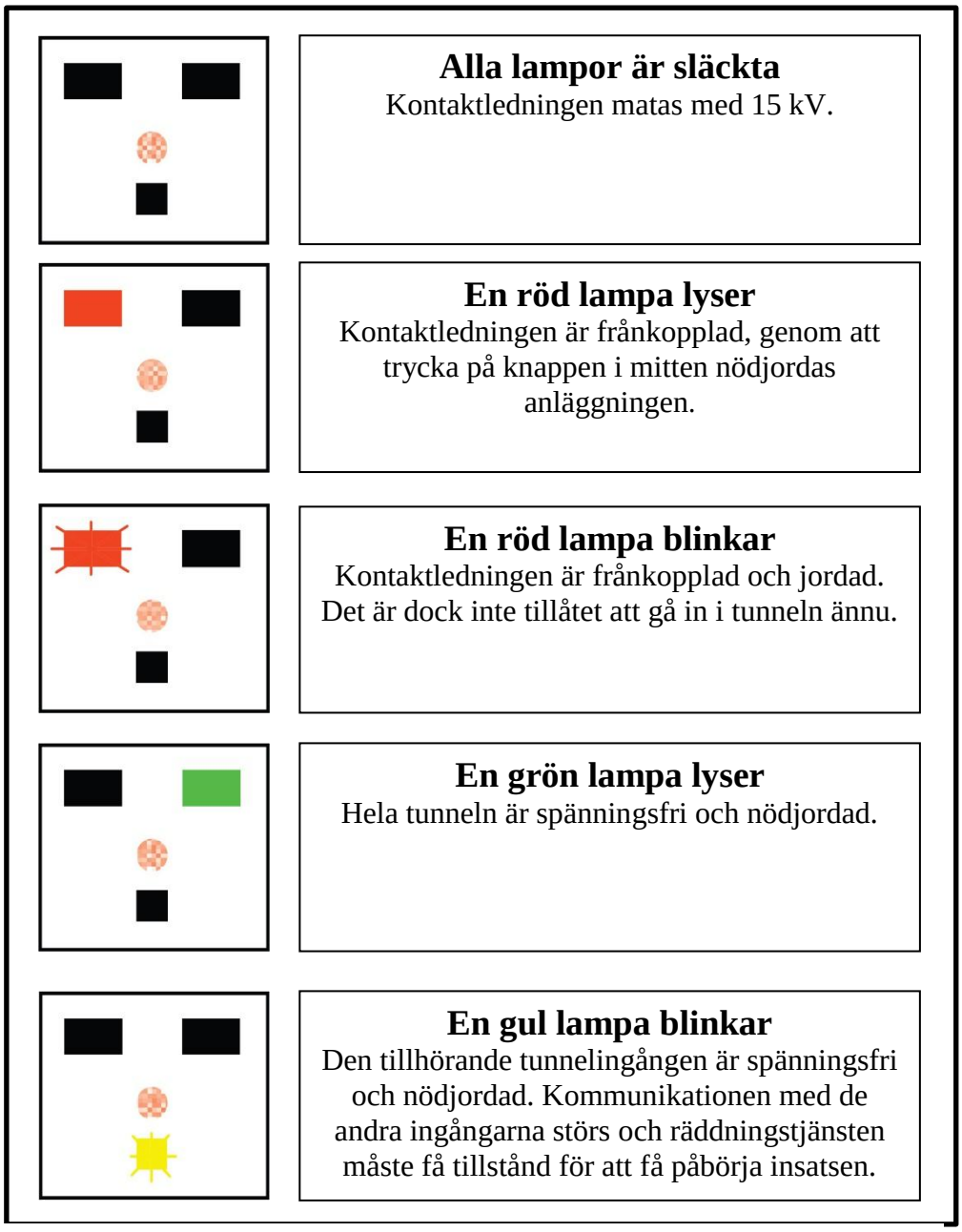
Strömförsörjning

OLSP-anläggningen matas med spänning från det vanliga 50 Hz-nätet. För att systemet även ska fungera vid strömavbrott i nätet har ett strömförsörjningssystem, kallat USV, installerats. Detta ska säkerställa att minst en manövrering av jordslutaren ska vara möjlig även då strömavbrott inträffat i 50 Hz-nätet (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

Manöverpanelen

I normalt driftläge, det vill säga då matarledningar och kontaktledningar är spänningssatta, är alla indikatorlampor släckta (figur 4.21). Undercentralerna mäter hela tiden spänningen hos kontakt- och matarledningar. Informationen skickas vidare till OLSP-centralen som utvärderar meddelandet och därmed kan skicka lämpliga kommadon tillbaka. Om anläggningen är spänningsfri och alla frånskiljare är öppna samt att kommunikationen mellan undercentralerna fungerar kan nödjordning utföras. Styrningen av jordslutaren sker lokalt via manöverpanelen på undercentralen eller fjärrstyrt från driftledningscentralen. När manövrering av jordslutaren sker lokalt via knappen på manöverpanelen skickas meddelande om detta till driftledningscentralen. Detta gör att ett eventuellt fel på knappen (exempelvis kabelfel) samt all obehörig användning kommer upptäckas direkt så att lämpliga åtgärder kan vidtas (Schöberl, 2004, sid. 13-16).

Nedanstående bild föreställer den manual som finns på insidan av skåpsdörren till manöverpanelen och fungerar som stöd för räddningstjänsten när de ska tolka det som meddelas via indikatorlamporna.



Figur 4.21: Beskrivning av meddelande som kan visas vid manöverpanelerna (Schöberl, 2004, sid. 16).

Manuella jordningsverktyg

Om OLSP-systemet inte skulle fungera måste jordningen utföras manuellt med jordningsverktyg. De ska finnas tillgängliga vid tunnelportaler, nödutgångar och eventuellt på underjordiska stationer (Deutsche Bahn AG, 2003, sid. 37).

Figur 4.22: Manuellt jordningsverktyg (Deutsche Bahn AG, 2003, sid. 37).

5.4 Italien

I Italien har Italferr, som är den största infrastrukturförvaltaren av järnvägen i landet, installerat ett jordningssystem i den nybyggda 1700 meter långa järnvägstunneln vid staden Fabriano. Syftet är att de fasta installationerna ska minska tiden för jordning så räddningstjänsten kommer åt tunneln snabbare (Rockwell Automation, 2011). Systemet skiljer sig något från det tyska men det finns många likheter.

Den aktuella järnvägslinjen hade redan ett väl utbyggt fjärrstyrningssystem vilket innebar att jordningssystemet skulle integreras i detta. Systemet som installerats består av fyra jordslutare som är kopplade till manöverpaneler vid varje tunnelmynning. I normalt driftläge styrs jordslutarna av ett regionalt kontrollrum, motsvarande driftledningscentralen i Sverige. Skulle ett fel i kommunikationen uppstå kan de manövreras via tunnelns kontrollrum eller med manöverpanelerna vid tunnelmynningarna (Rockwell Automation, 2011).

6 Resultat – teknisk lösning

Eftersom järnvägstunnlar kan se ut på många sätt finns det ingen optimal lösning som gäller för alla tunnlar. Exempel på faktorer som bör tas i anspråk är trafikmängd, tunnellängd och räddningstjänstens resurser i området. Är det en tunnel som bara körs igenom eller är det som Citytunneln ett transportsystem med stationer? Det har betydelse för om ett jordningssystem överhuvudtaget ska byggas eller om det exempelvis ska gå att jorda vissa delar av tunneln beroende på var olyckan inträffat. I TSD – ”Safety in railway tunnels” nämns det att alla som arbetar med säkerheten i tunneln bör samarbeta, därför bör jordningssystemets utformning diskuteras mellan infrastrukturförvaltaren och räddningstjänsten.

6.1 Citytunneln

Eftersom tunnelns längd överstiger 1000 meter omfattas Citytunneln av TSD - ”Safety in railway tunnelns”. Som tidigare nämnts ska jordningsanordningar finnas vid tunnelportalerna samt ska jordning ske vid varje inmatningspunkt till de elektriska sektionerna, det senare kravet nämns även i standarden SS-EN 50110-1 samt från Trafikverket i BVF 1921. Kravet innebär att fjärrstyrda jordslutare bör placeras vid varje matningspunkt till kontaktledningen. Manöverpaneler, som möjliggör manövrering av jordslutare på plats, placeras lämpligast strax innan Malmö C samt vid tunnelportalen i Holma. I Tyskland har som tidigare nämnts, manöverpaneler placerats även vid utrymningsvägar. Detta kan göras även i Citytunneln, det kan vara en fördel om räddningstjänsten snabbt måste in i tunneln och inte hinner ta sig till tunnelportalerna.

Jordningen ska i bästa fall synas från arbetsplatsen eller anbingas så nära som möjligt enligt SS-EN 50110-1, i BVF 1921 anges att en synlig jord ska finnas. Det går inte att förutse var en olycka kommer inträffa, däremot kan jordslutarna placeras så nära inmatningspunkten som möjligt vilket gör att jordningspunkten hamnar närmre olycksplatsen. Att placera ut indikatorer vid varje ingång som räddningstjänsten kan använda, som i Tyskland, gör att syftet med synliga jordar kan uppfyllas. Detta gör att oavsett var räddningstjänsten går in i tunneln har de möjlighet att själva se anläggningens status. Om det även ska kunna gå att se statusen från olycksområdet kan indikatorer placeras utmed tunneln med jämna mellanrum. Som tidigare nämnts kan det även uppfyllas genom att personalen inne i tunneln ständigt kommunicerar med någon som överblickar anläggningens status.

Ett annat viktigt krav som ställs i TSD – ”Safety in railway tunnels” är att elmatningen till elektriska installationer även ska fungera när en betydande anläggningsdel går ur drift. Någon form av reservkraft som i Tyskland borde finnas. Om den normala matningen går ur funktion ska ett reservsystem garantera att jordslutarna kan manövreras åtminstone en gång.

För att uppnå ett så bra system som möjligt samt vara säker på att kraven följs från elsäkerhetsverket bör standarderna från SEK följas. Som tidigare beskrivit nämns det i SS-EN 50110-1 vikten av att kommunikationen som sker mellan olika parter är säker. Speciellt viktigt är de signaler som räddningstjänsten ska förlita sig på. De får inte kunna missförstås på något sätt eller lämna felaktiga meddelanden då detta kan få ödesdigra konsekvenser. Ett system likt det i Tyskland borde uppfylla dessa krav, det har utformats med tydliga signaler samt med redundanta datavägar som ökar säkerheten.

6.1.1 Jordslutare

Konstruktionen av jordslutare var det som från början gjorde att installationen av det fjärrstyrda systemet misslyckades i Citytunneln. Det är mycket viktigt att jordslutarna får en robust konstruktion. Kravet på en elektrisk installation enligt TSD – ”Safety in railway tunnels” är att de ska stå emot mekanisk påverkan, hetta och brand.

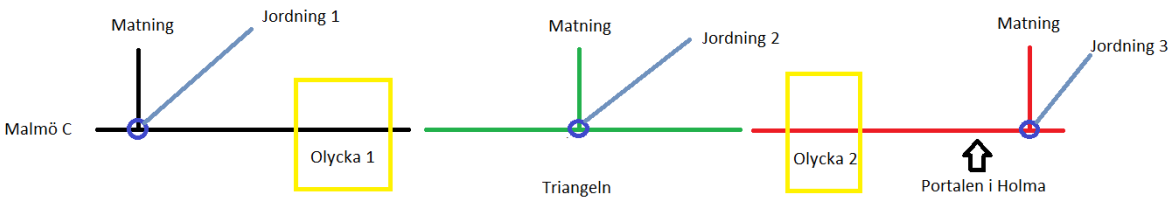
Att jordningen är så effektiv som möjligt är också viktigt. Normalt sett jordas objekt genom att de kopplas till returströmkretsen, i detta fall är s-rälen lämplig för detta. Som tidigare beskrivits anger standarden SS-EN 50122-1 att returströmkretsen ska jordas kontinuerligt och om detta inte går att uppfylla får returströmkretsen inte beröras, det senare är dock inget alternativ eftersom räddningstjänsten måste röra sig inom spårområdet vilket gör att risken för att komma i kontakt med rälerna är stor. Effektivaste lösningen bör vara att s-rälen jordas i samma punkt där jordslutaren ansluts, utförandet gör att det inte heller finns någon risk för att rälsbrott kan göra att jordanslutningen försämras ifall returströmkretsen bryts. För att ytterligare öka redundansen i systemet bör inte jordslutaren vara beroende av enbart en jordanslutning om ett eventuellt kabelbrott skulle inträffa. Ett alternativ är att jordningen sker med två kablar som är anslutna till två olika s-räler, eller att en av kablarna är ansluten till en längsgående jordlina som ofta finns i järnvägstunnlar.

Om man på ett enkelt sätt vill kunna se om jordslutarna slutit är en konstruktion likt den i Österrike möjlig. Jordslutarna förses med markörer likt de gula pilarna, samt att frånskiljarna utrustas med skyltar, vilka är mekanisk kopplade till jordslutaren respektive frånskiljaren. De kan därmed indikera att anordningarna slutit respektive öppnats (se figur 4.8 och 4.9).

Blockering är även ett viktigt krav i standarden SS-EN 50110-1 samt från Trafikverket. Alla frånskiljare och jordslutare bör skyddas från manövrering när anläggningen frånkopplats. Det bör ske automatiskt exempelsvis genom att manövermekanismen låses eller att matningen som krävs för manövrering blockeras eller tas ur bruk.

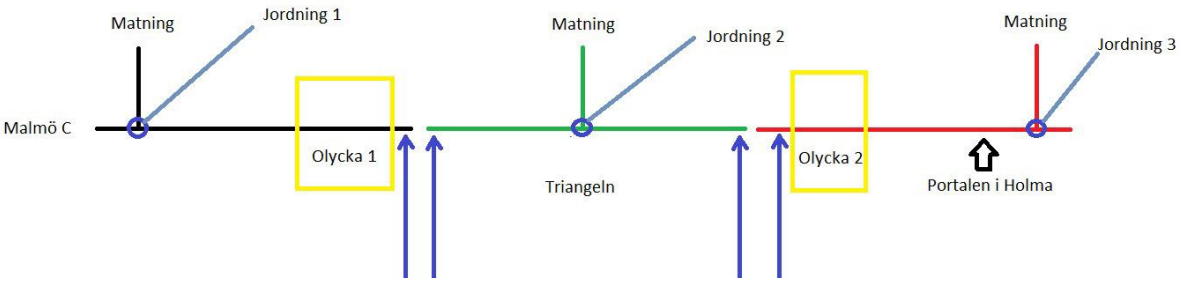
6.1.2 Jordningspunkter i Citytunneln

Jordslutarna måste placeras där det finns risk för att matning kan ske eftersom det alltid finns en risk för att en frånskiljare sluts av misstag eller att en luftsektionering överbryggas. Kravet från TSD – ”Safety in railway tunnels” om att jordningsanordning ska finnas där de elektriska sektionerna delas bör uppfyllas om nedanstående löning används. Principen kan förklaras av nedanstående skiss som är en förenkling av Citytunneln. Om olycka 1 inträffar måste jordning 1 samt jordning 2 utföras även om olyckan enbart inträffat i den svarta sektionen. Det finns alltid en risk för överbryggning mellan den gröna och svarta sektionen. Ett alternativ är att ytterliggare en jordning utförs i den svarta sektionen till höger om olycka 1 i bilden, då kan enbart den svarta sektionen jordas vilket begränsar det frånkopplade området ytterliggare. Detta gör dock att många fler jordslutare måste installeras. Inträffar olycka 2 måste jordning 2 och 3 utföras, alternativt placeras ytterliggare en jordslutare i den röda sektionen till vänster om olycka 2.



Figur 5.1: Exempel på jordningspunkter i Citytunneln.

Pilarna i skiss 2 två nedan visar var jordslutare måste placeras för att sektionerna ska kunna jordas för sig. Antalet jordningspunkter blir många fler än om lösningen enligt bilden ovan används.

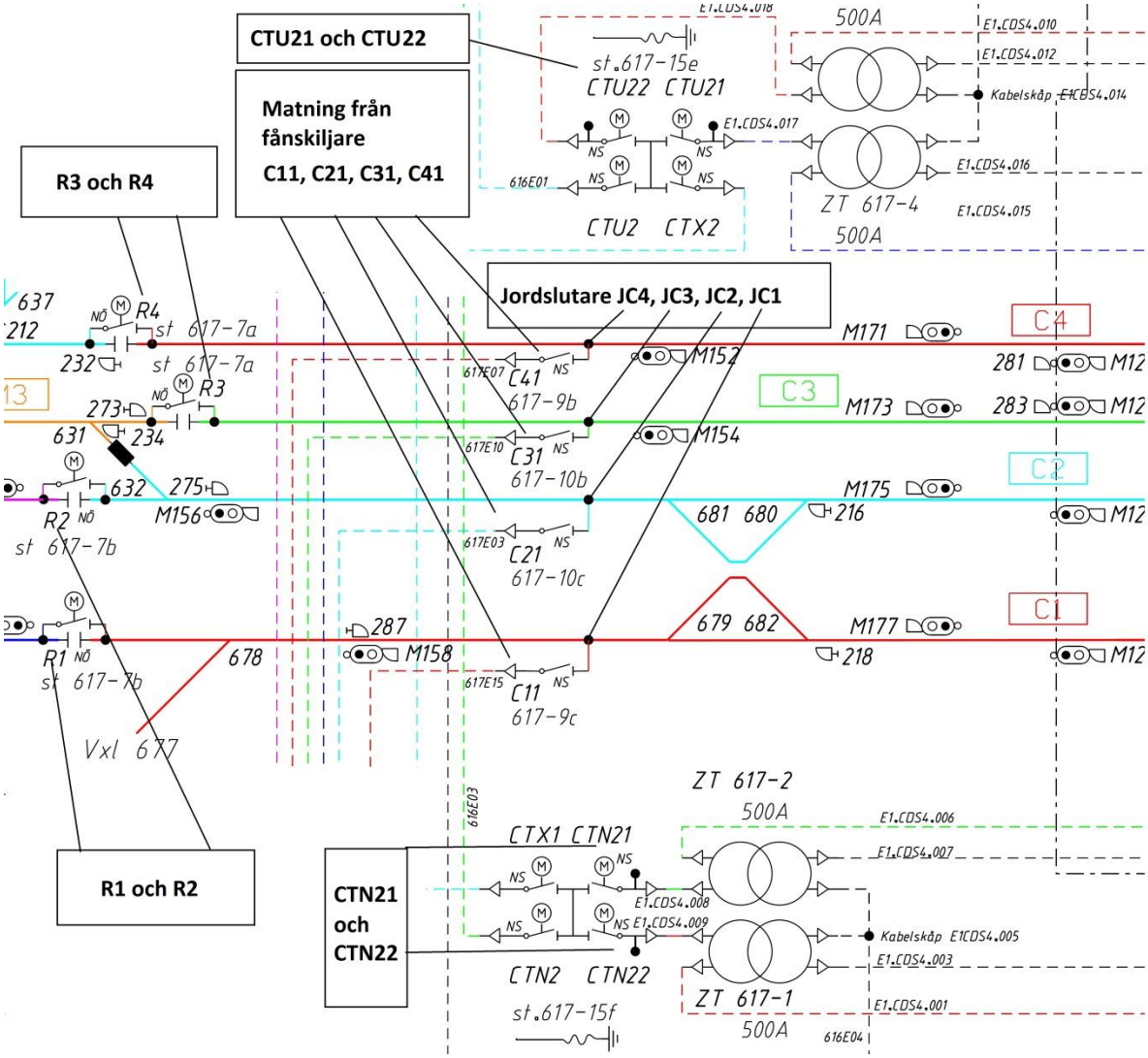


Figur 5.2: Exempel på jordningspunkter i Citytunneln för jordning enskilda sektioner.

6.1.2.1 Del 1: Malmö C

I en tunnel som Citytunneln med stationer, kan det vara en fördel om sektioner kan frånkopplas och jordas separat för att minska störningen för trafiken.

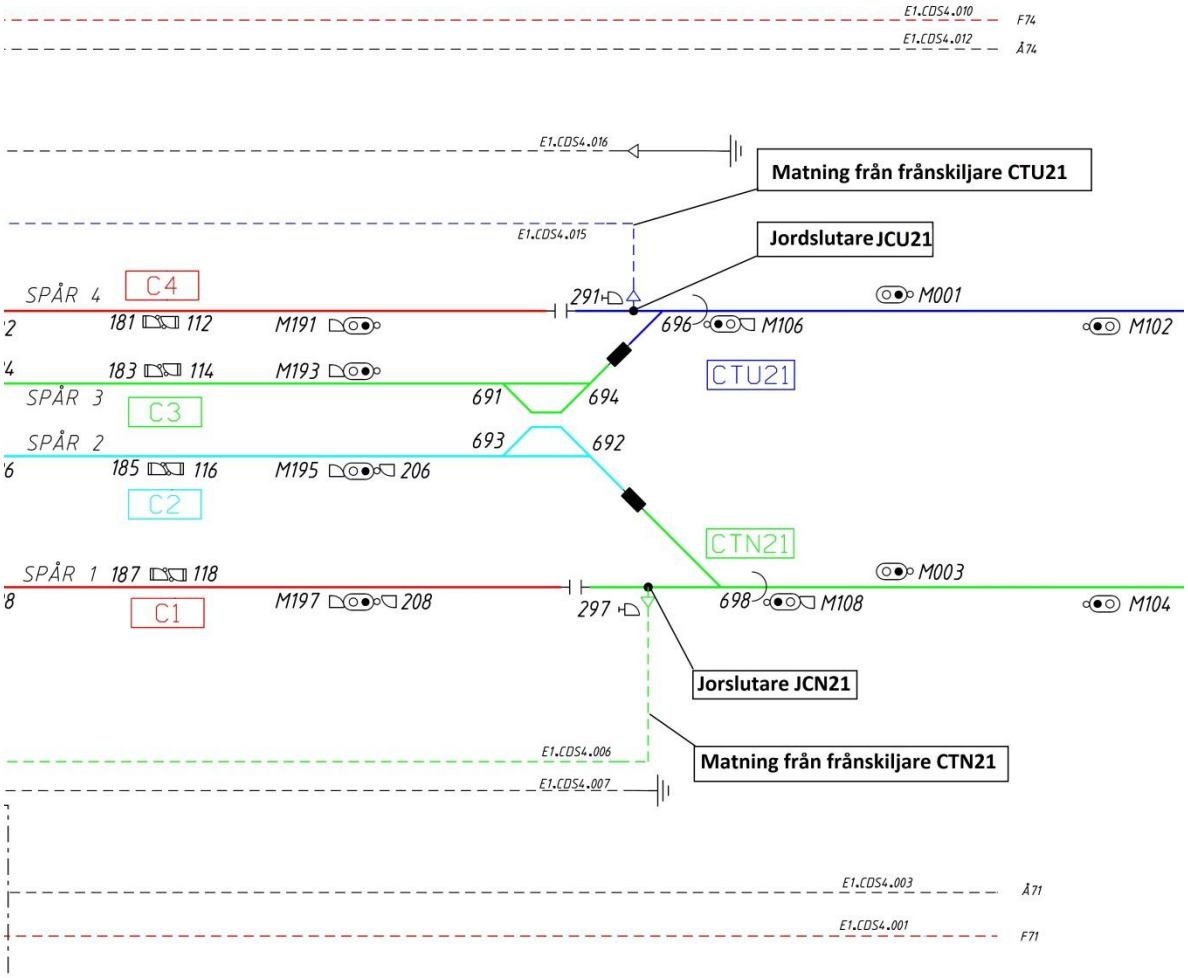
Figur 5.3 nedan visar en del av kopplingsschemat över Malmö C, riktningen mot Triangeln är till höger i bilden. Malmö C består av fyra spår som matas separat via frånskiljare C11, C21, C31 och C41. Det vore ett rimligt alternativ att placera jordslutare där matningen ansluts till sektionerna, se jordslutare JC1, JC2, JC3 och JC4 i bilden. Denna placering gör att om frånskiljare R1, R2, R3 eller R4 skulle slutas av misstag, eller om luftsektioneringen överbryggas skyddas räddningspersonal som befinner sig på Malmö C.



Figur 5.3: Kopplingsschema – Citytunneln, del 1, Malmö C. Förslag på jordningspunkter. (Trafikverket, 2012a).

6.1.2.2 Del 2: Malmö C – Tunnlar vidare mot Triangeln

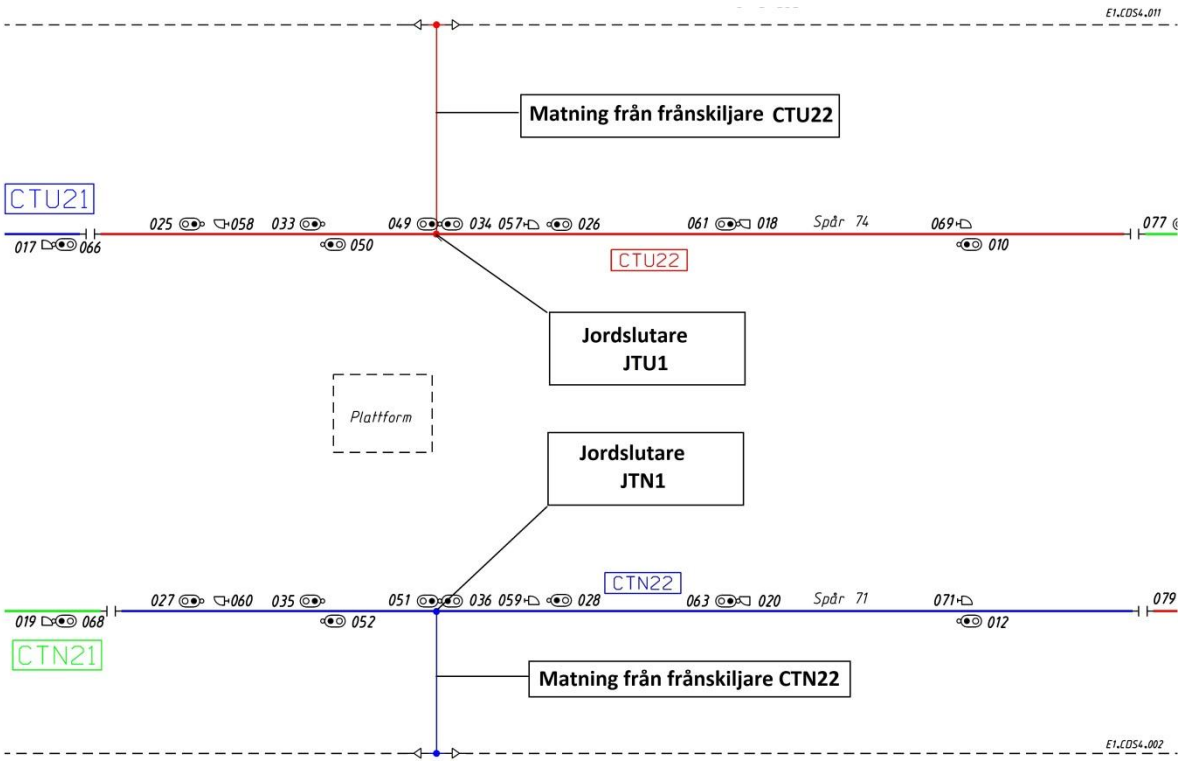
Från Malmö C övergår de fyra spåren till två spår, här påbörjas också två separata sektioner som matas via frånskiljare CTU21 och CTN21 enligt figur 5.4. En lämplig placering av jordslutare vore i anslutningspunkten som är markerade i bilden (jordslutare JCU1, JCN21). Placeringen skyddar även personal på Malmö C, dock behöver sektion CTU21 samt CTN21 frånkopplas även om räddningstjänsten bara behöver tillträde till Malmö C.



Figur 5.4: Kopplingsschema – Citytunneln, del 2, Malmö C – Tunnlar vidare mot Triangeln. Förslag på jordningspunkter. (Trafikverket, 2012a).

6.1.2.3 Del 3: Tunnlar från Malmö C – Triangeln – Tunnlar mot Hyllie

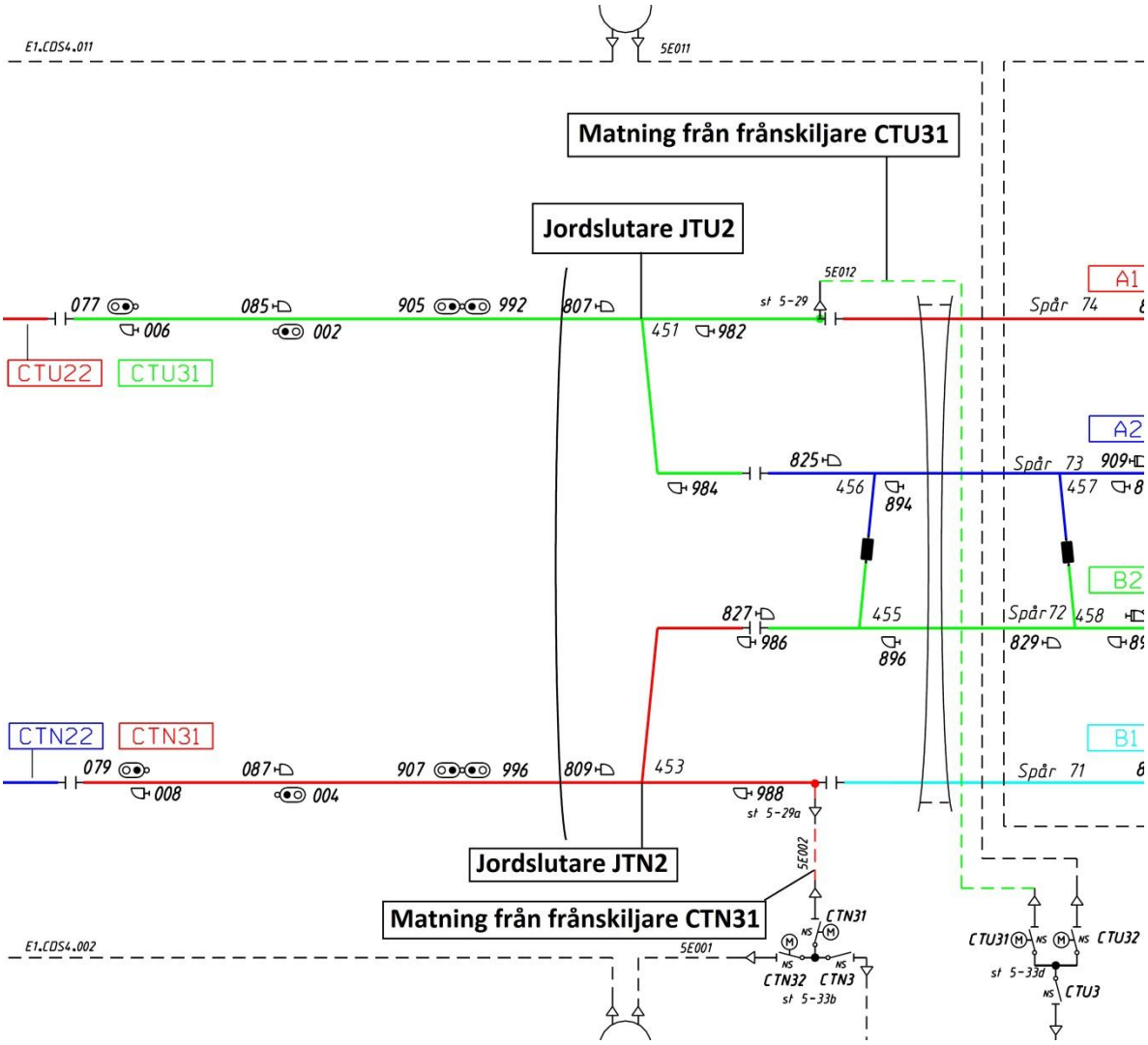
Vidare mot, och förbi station Triangeln sker ytterligare en sektionering av kontaktledningen (Sektion CTU22 och CTN22). Sektionerna matas via frånskiljare CTU22 samt CTN22 som kan ses i den första bilden. Jordslutare placeras lämpligen i anslutningspunkten enligt bilden (jordslutare JTU1 och JTN1). Placeringen innebär att sektion CTU21 och CTN21 i föregående bild samt sektion CTU31 och CTN31 (figur 5.5) skyddas från matning om frånskiljare CTU22 och CTN22 skulle sluta och överbryggning av luftsektionerna skulle ske.



Figur 5.5: Kopplingsschema – Citytunneln, del 3, Tunnlar från Malmö C – Triangeln – Tunnlar vidare mot Hyllie. Förslag på jordningspunkter. (Trafikverket, 2012b).

6.1.2.4 Del 4: Tunnlar från Triangeln – Station Hyllie

De två sista sektionerna i tunneln (riktning mot Hyllie) sträcker sig förbi tunnelportalen i Holma och vidare mot station Hyllie. Sektionerna matas via frånskiljare CTN31 samt CTU31 som kan ses i bilden. Jordslutare kan lämpligen placeras enligt bilden för att skydda mot matning från sektion A1, A2, B1 och B2 om någon av de fyra luftsektioneringarna skulle överbryggas.



Figur 5.6: Kopplingsschema – Citytunneln, del 4, tunnlar från Triangeln – station Hyllie. Förslag på jordningspunkter. (Trafikverket, 2012b).

Totalt blir antalet jordslutare tio stycken vilket bör vara det minsta antalet för att jordning ska finnas mellan varje matningspunkt och tunneln. Ytterliggare jordningspunkter kan vara aktuellt om man vill kunna begränsa det jordade området ytterligare.

Om jordslutare placeras enligt ovan kan följande jordning och frånkoppling ske:

1. **Hela tunneln**
   Detta innebär att alla frånskiljare öppnas och samtliga jordslutare jordar anläggningen.
2. **Enbart Malmö C**
   Frånskiljare C11, C21, C31 samt C41 öppnas och jordslutare JC1, JC2, JC3, och JC4 sluter. (Figur 5.3).
   Frånskiljare CTU21 och CTN21 öppnas, jordslutare JCU21 och JCN21 sluter. (Figur 5.4).
3. **Sträckan Malmö C – Triangeln**
   Frånskiljare CTU21 och CTN21 öppnas, jordslutare JCU21 och JCN21 sluter. (Figur 5.4).
   Frånskiljare CTU22 och CTN22 öppnas, jordslutare JTU1 och JTN1 sluter. (Figur 5.5).
4. **Sträckan Triangeln – Portalen i Holma**
   Frånskiljare CTU22 och CTN22 öppnas, jordslutare JTU1 och JTN1 sluter. (Figur 5.5).
   Frånskiljare CTN31 och CTU31 öppnas, jordslutare JTU2 och JTN2 sluter. (Figur 5.6).

Alternativ 1 är lämpligt vid en större olycka då hela Citytunneln behöver frånkopplas. De övriga alternativen är användbara vid mindre olyckor och för att trafiken ska störas så lite som möjligt. Skulle en olycka ske mellan Malmö C och Triangeln kan alternativ 3 användas. Alternativ 4 kan användas om en olycka skett mellan Triangeln och Hyllie. Det kan även vara en fördel att enbart kunna frånkoppla och jorda stationerna Malmö C och Triangeln, för detta kan alternativ 2 samt 3 tillämpas. Tunnlarna kan även jordas för sig om det är önskvärt, det kan vara lämpligt om ett tåg fastnat och behöver utrymmas men att ingen annan fara som exempelvis brand finns. Vid brand används ofta det andra tunnelröret för utrymning och då ska båda tunnelrören jordas.

6.2 Tunneln genom Åkarp

Skillnaden mellan denna tunnel och Citytunneln är stor. Som tidigare nämnts ser räddningstjänsten inte det som nödvändigt att ett automatiskt jordningssystem installeras i Åkarp, däremot är det en fördel om det finns. Hänvisning kan göras till Trafikverkets mål som nämnts i tidigare kapitel att järnvägstrafik i tunnlar ska vara lika säker som trafik på markspår.

De största skillnaderna gentemot Citytunneln är tunnellängden (vilket gör att den inte omfattas av TSD – ”Safety in railway tunnels”), att inga stationer finns samt att kontaktledningen inte kommer delas upp i olika elektriska grupper. Ur trafikeringssynpunkt finns ingen större fördel med att kunna jorda olika delar av tunneln och om detta ändå skulle önskas måste kontaktledningen delas upp i olika sektioner.

Ett system likt det som beskrivits i Citytunneln kan installeras. Enligt Stefan Nilsson[12] kommer dock inget jordningssystem byggas i Åkarp. Kostnaden är den främsta anledningen till detta. Ett billigare system skulle därför kunna tas fram för tunnlar där det inte är motiverat med ett mer avancerat system som förslaget för Citytunneln.

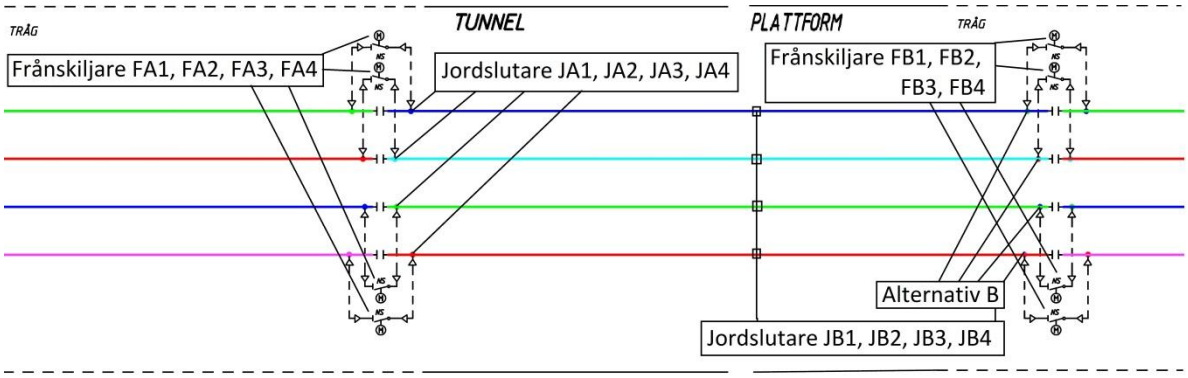
Som tidigare beskrivits finns fjärrstyrda jordslutare i både Österrike och New York. System likt dem kan tänkas vara lämpligt i tunnlar som liknar den i Åkarp. Nära tunnelmynningarna kan jordslutare och frånskiljare placeras. Markörer som de i Österrike kan installeras i frånskiljarstolpen samt till jordslutaren. Frånskiljarna samt jordslutarna är fjärrstyrda men på plats kan manuell manövrering vara möjligt om fjärrstyrningen går ur funktion.

Övningarna som genomfördes i Österrike visar på att det enklare systemet fungerar mer än väl och bör även vara tillräckligt för en mindre tunnel som den i Åkarp.

[12] Nilsson Stefan, Underhållscontroller, Utredare, Utformning Syd/Väst, Trafikverket, intervju 2012-04-17

6.2.1 Jordningspunkter i Åkarpstunneln

I ritningen har jordslutare JA1, JA2, JA3 och JA4 placerats i matningspunkterna vilket skyddar personer i tunneln även om frånskiljare FA1, FA2, FA3 och FA4 skulle sluta, eller om överbryggning av luftsektioneringen skulle ske. Från andra hållet har jordslutare JB1, JB2, JB3 och JB4 placerats nära tunnelmynningen och skyddar personer i tunneln även om frånskiljare FB1, FB2, FB3 och FB4 sluter eller om luftsektioneringen överbryggas. Fördelen med att placera jordslutarna nära tunnelmynningen är att räddningstjänsten kan se att anläggningen är jordad när de anländer vid tunnelportalen. Som tidigare nämnts i föreskrifterna, ska jordning utföras så nära arbetsplatsen som möjligt. Om det däremot finns fördelar med att kunna jorda Åkarp station också kan jordslutarna placeras närmre inmatningspunkten enligt alternativ B i bilden.



Figur 5.6: Kopplingsschema – Åkarpstunneln, förslag på jordningspunkter.

6.2.2 Funktion

Om en olycka inträffar i tunneln rapporteras detta till räddningstjänsten som begär tågstopp och räddningsfrånkoppling. Eldriftledaren frånkopplar och jordar tunneln via jordslutarna. När räddningstjänsten anländer vid tunnelmynningarna har frånskiljare samt jordslutare redan öppnats respektive slutit, tunneln är alltså spänningsfri och jordad. Eftersom jordslutare samt frånskiljare är placerade vid tunnelmynningarna kan räddningstjänsten bekräfta via markörerna att jordningen utförts korrekt. Räddningstjänsten bekräftar att detta gäller för båda tunnelmynningarna vilket gör att insatsen kan påbörjas. Blockering av jordslutare och frånskiljare kan göras på plats av räddningstjänsten via ett manuellt lås som installerats på jordslutarna samt på frånskiljarna, eventuellt kan även skyltar hängas upp enligt BVH 1921 som markerar att manövrering inte är tillåten (enligt figur 3.2).

7 Diskussion och slutsats

De viktigaste kraven att följa när jordningssystemet ska utformas är de i standarderna från SEK, om de följs uppfylls troligen kraven från Elsäkerhetsverket. Även TSD – ”Safety in railway tunnels” är viktigt att följa om systemet ska kunna godkännas av Transportstyrelsen. Att föra en diskussion med räddningstjänsten är en förutsättning för att kunna utforma ett effektivt system, eftersom de ska använda produkten. Det enda dokumentet som anger konkreta krav för ett jordningssystem ät TSD – ”Safety in railway tunnels”. Övriga krav är som tidigare nämnts inte framtagna för jordningssystem i järnvägstunnlar men kan användas som vägledning för att uppnå en säker och bra lösning. Att tunneln i Åkarp inte omfattas av TSD – ”Safety in railway tunnels” innebär bara att kraven inte måste följas. De kan dock ändå fungera som vägledning för utförandet av ett jordningssystem, eftersom de framtagits för att förbättra säkerheten i järnvägstunnlar.

Systemen som beskrivit i delen ”tillgängliga system” har alla för och nackdelar och inspiration kan hämtas från alla lösningar. System likt de i Österrike eller New York är en enklare lösningar och därmed antagligen billigare. Det från Tyskland och Italien är avancerat och effektivt men förmodligen en dyr lösning och lämpar sig bäst för större tunnlar och tunnelsystem där ett avancerat system kan göra nytta.

De lösningar som föreslagits är bara exempel på hur ett jordningssystem kan se ut för tunnlar som Citytunneln och den i Åkarp. Det föreslagna Jordningssystemet för Citytunneln skulle mycket väl kunna användas i Åkarp frågan är däremot om det är nödvändigt eller om fjärrstyrda jordslutare likt de i Österrike fungerar likvärdigt. Desto fler elektriska sektioner kontaktledningen är uppdelad i desto större är behovet av att systemet är automatiserat. Om kravet enbart är att hela tunneln ska frånkopplas samt jordas och detta uppfylls med jordslutare vid varje tunnelände räcker en lösning som den i Åkarp. Om sektionerna däremot ska kunna jordas för sig och jordslutare måste placeras på olika platser blir det snabbt komplicerat för räddningstjänsten och risken för misstag blir stor. För exempelvis längre tunnlar där kontaktledningen är uppdelad i flera sektioner kanske jordslutare måste placeras inne i tunneln och då kan det vara svårt att bekräfta på plats att de verkligen har slutit.

Frågan om ett jordningssystem behövs i en tunnel bör diskuteras med räddningstjänsten som ansvarar för området. Det som talar för att ett jordningssystem behövs i Åkarp är att järnvägen mellan Lund och Malmö trafikeras väldigt hårt och risken för att en olycka sker är förhållandevis stor. Däremot har räddningstjänsten i området stora resurser jämfört med mer

glesbebyggda områden. Detta gör att räddningstjänsten själva kan klara av jordningen.

Vad gäller jordningspunkter är detta också bara lämpliga förslag. I en verklig lösning måste såklart jordslutare placeras där det är lämpligt med hänsyn till andra objekt och kostnader.

Lösningarna ovan har tagits fram för två tunnlar som redan existerar, som Citytunneln, eller projekterats som Åkarpstunneln. Detta försvårar så klart installationen av jordningssystem eftersom tunnlarna inte är anpassade för det. När nya tunnlar ska konstrueras kan placeringen av frånskiljare, matningspunkter och andra förutsättningar anpassas efter vilken funktion som är önskvärd för jordningssystemet.

8 Vidare studier

Eftersom syftet med detta examensarbete var att ta fram en mer övergripande lösning vore det lämpligt att vidare studera detaljer i systemet. Utformning av enskilda komponenter som jordslutare, markörer, indikatorer, manöverpaneler etcetera kan undersökas. Även mer detaljerade lösningar för specifika tunnlar kan tas fram där systemet anpassas efter förutsättningarna som råder på plats.

9 Referenser

Banverket, (2010). BVR 1036, Tekniska system och komponenter – anskaffning/modifiering/utveckling. [Elektronisk] Tillgänglig: http://ida8iext.banverket.se/bvdok_extern/ViewPdfDoc.aspx?docGUID=4228282c-2af7-4751-97a0-ecf6d4506e82 [2012-04-05].

Banverket, (2007). BVH 585.30, Personsäkerhet i järnvägstunnlar, Handbok för analys och värdering av personsäkerhet i järnvägstunnlar. [Elektronisk] Tillgänglig: http://ida8iext.banverket.se/bvdok_extern/ViewPdfDoc.aspx?docGUID=7e03604d-072b-49d2-875d-b96353210dfb [2012-04-05].

Citytunneln, (2010). Utvärdering Beredskapsövning Merlot 2010-11-10, version C. Opublicerat manuskript. Räddningstjänsten syd, Malmö.

Deutsche Bahn AG, (2012). Hilfeleistungseinsätze im Gleisbereich der DB AG Unterstützung durch das Notfallmanagement [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.deutschebahn.com/contentblob/2179074/notfallmanagement__leitfaden__hilfeleistungseinsaetze/data.pdf;jsessionid=ABDE25801EE1E90012B73F4477D2DA98.ecm-ext-cae-slave1-berka [2012-05-18].

Deutsche Bahn AG, (2009). Hilfeleistungseinsätze im Gleisbereich der DB AG, version 1.0. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.feuerwehr-boeblingen.de/fileadmin/downloads/public/Seminare/TH-Seminar%202009/Uwe_Walter_Hilfeleistungseinsaetze_Bahn.pdf [2012-05-16]

Deutsche Bahn AG, (2003). BRAND- UND KATASTROPHENSCHUTZ IN EISENBAHNTUNNELN, version 3. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.sfs-r.bayern.de/main/downloads/Brand-_und_Katastrophenschutz_in_Eisenbahntunneln.pdf [2012-05-16].

Elsäkerhetsverket, (2008). ELSÄK FS 2008:1, Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.elsakerhetsverket.se/Global/F%C3%B6reskrifter/2008-1.pdf [2012-03-27].

Elsäkerhetsverket, (2006). ELSÄK FS 2006:1, Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om elsäkerhet vid arbete i yrkesmässig verksamhet [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.elsakerhetsverket.se/Global/F%C3%B6reskrifter/2006-1.pdf [2012-03-27].

EMERGENCY EXERCISES IN AUSTRIAN RAILWAY TUNNELS (EEART), (2006). 3rd International Conference „Tunnel Safety and Ventilation“, Graz. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.ilf.com/fileadmin/user_upload/publikationen/34b_Emergency_Exercises_in_Austrian_Railway_Tunnels.pdf [2012-05-16].

Insatsplan driftskede Citytunneln, (2010). Opublicerat manuscript. Räddningstjänsten syd, Malmö.

Ledwina S, (2007a). More power. http://www.flickr.com/photos/stefan_ledwina/386757252/in/photostream/ [2012-05-18].

Ledwina S, (2007b). Erdungsschalter. http://www.flickr.com/photos/stefan_ledwina/386755306/in/photostream/ [2012-05-18].

Ledwina S, (2007c). Schaltgerüst West Flughafen Wien. http://www.flickr.com/photos/stefan_ledwina/386754275/in/photostream/ [2012-05-18].

New York fire department (NYFD), (2008). A.U.C. 207 ADDENDUM 9B May 14, 2008, procedures for grounding catenary wires. [Elektronisk] Tillgänglig: http://firetesttaking.com/pdfs/auc/207_a9b.pdf [2012-02-27].

Official Journal of the European Union (OJEU), (2008a). TECHNICAL SPECIFICATION FOR INTEROPERABILITY (TSI), Safety in railway tunnels. [Elektronisk].Tillgänglig: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:064:0001:0071:EN:PDF

Official Journal of the European Union (OJEU), (2008b). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2008/57/EG av den 17 juni 2008 om driftskompatibiliteten hos järnvägssystemet inom gemenskapen. [Elektronisk] Tillgänglig http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:191:0001:0045:sv:PDF [2012-04-03].

Official Journal of the European Union (OJEU), (1996). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS BESLUT nr 1692/96/EG, av den 23 juli 1996, om gemenskapens riktlinjer för utbyggnad av det transeuropeiska transportnätet. [Elektronisk] Tillgänglig: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1996:228:0001:0103:SV:PDF [2012-05-16].

Rockwell Automation, (2011). Italferr successfully addresses safety requirements thanks to the Integrated Architecture from Rockwell Automation. [Elektronisk] Tillgänglig: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/rail-ap002_-en-p.pdf [2012-03-28].

Safety management for Austrian railway tunnels (SMART), (2010). 5th International Conference ‘Tunnel Safety and Ventilation’, Graz. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.ilf.com/fileadmin/user_upload/publikationen/52_Safety_Management_Austrian_Railway_Tunnels.pdf [2012-05-16].

Scherstein Rick, (2010). Citytunneln - Delprojekt Järnväg, Skyddsjordning av kontaktledningsanläggning vid insats av räddningstjänsten. Opublicerat manuskript. Räddningstjänsten syd, Malmö.

Schöberl H, (2004). Oberleitungs-Spannungs-Prüfeinrichtung. *Bahnpraxis E* 1/2004. Sid. 13-16. [Elektronisk] Tillgänglig http://www.euk-info.de/fileadmin/PDF_Archiv/BahnPraxisE/Archiv_2004/BahnPraxisE_01-2004.pdf [2012-05-16].

Skyddsjordning Holma, Rev A1, (2010). Opublicerat manuskript. Räddningstjänsten syd, Malmö.

Svensk Elstandard, (2005). SS-EN 50110-1, Skötsel av elektriska anläggningar. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.sis.se/elektroteknik/eln%C3%A4t/ss-en-50110-11 [2012-04-10]

Svensk Elstandard, (2011a). SS-EN 50122-1, Järnvägsanläggningar - Fasta installationer - Elsäkerhet, jordning och returströmkrets - Del 1: Åtgärder till skydd mot elchock [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.sis.se/elektroteknik/eltillbeh%C3%B6r/s%C3%A4kringar-och-%C3%B6vriga-%C3%B6verstr%C3%B6msskydd/ss-en-50122-11 [2012-04-10]

Svensk Elstandard, (2011b). SS-EN 50122-1 Tillägg A1, Järnvägsanläggningar - Fasta installationer - Elsäkerhet, jordning och returströmkrets - Del 1: Åtgärder till skydd mot elchock [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.sis.se/elektroteknik/elfordonsutrustning/ss-en-50122-1-a-1 [2012-04-10]

Svensk Elstandard, (2005). SS-EN 50110-1, Skötsel av elektriska anläggningar. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.sis.se/elektroteknik/eln%C3%A4t/ss-en-50110-11 [2012-04-10]

Svensk författningssamling, (2011). Plan- och byggförordning [Elektronisk] Tillgänglig: http://62.95.69.3/SFSdoc/11/110338.PDF [2012-05-16].

Trafikverket, (2012a). Kopplingsscheman för underhållsområde söder, Malmö C KTL. http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Jarnvag/Anlaggningstekniska-omraden/Elsakerhet/Kopplingsscheman/

Trafikverket, (2012b). Kopplingsscheman för underhållsområde söder, Hyllie KTL - Triangeln. http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Jarnvag/Anlaggningstekniska-omraden/Elsakerhet/Kopplingsscheman/

Trafikverket, (2011). BVF 1921, Elsäkerhetsföreskrifter för arbete på eller nära kontaktlednings- och tågvärmeanläggningar. [Elektronisk] Tillgänglig: http://ida8iext.banverket.se/bvdok_extern/ViewPdfDoc.aspx?docGUID=22b80fd2-0f87-41dd-9671-35b85070b918 [2012-04-05].

ÖBB, (2011). ÖBB 40, Schriftliche Betriebsanweisung Arbeitnehmerschutz [Elektronisk] Tillgänglig: https://www.sozialversicherung.at/mediaDB/681014_R8_OEBB%2040_web.pdf [2012-05-16].

ÖBB, (2010). Handbuch 8.5.2. -009 Feuerwehreinsatz im Gleisbereich [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.bfkdo-wiener-neustadt.at/component/option,com_docman/task,doc_download/gid,238/Itemid,63/ [2012-05-16].