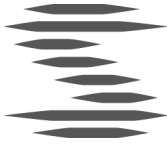


Flyghindermarkering av nya luftledning

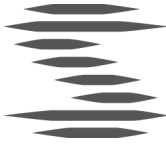
Inledning

Detta dokument har tagits fram som vägledande bilaga till teknisk riktlinje TR 15-01 och 02. Dokumentet beskriver hur Svenska kraftnäts luftledningsprojekt ska hantera flyghindermarkeringar och rekommenderade lösningar på en övergripande nivå.



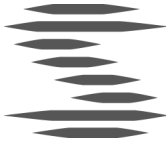
Uppdateringar

Utgåva	Ändringsnot	Datum
1	Första utgåvan	2023-10-30



Innehåll

1	Referenser	4
2	Bakgrund	4
3	Flyghindermarkering	5
3.1	<i>Markering av stolpar</i>	5
3.2	<i>Markering av linor</i>	5
3.3	<i>Definition höjd över mark för stolpe</i>	8
3.4	<i>Definition höjd över mark för linor</i>	8
3.5	<i>Fastställande av större vattendrag, dalar, motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar</i>	8
4	Färgmarkering av stolpar	9
5	Hinderljus och strömförsörjning	12
6	Flygvarningsklot	12
7	Dokumentation	13
8	Ansökan om undantag	13
9	Alternativa markeringsätt samt behovsanalys	13



1 Referenser

TSFS 2020:88	Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan. Transportstyrelsens författningssamling
502081	Teknisk specifikation flyghindermarkering Projekteringshjälpmedel\13 Flyghindermarkering
1-4026550	Principlösning som visar den tekniska lösningen för hinderbelysning på SVK stolpar Projekteringshjälpmedel\13 Flyghindermarkering
TR05-17E	Tekniska krav på flygvarningsklot

2 Bakgrund

Svenska kraftnäts nya luftledningarna kommer att flyghindermarkeras med anledning av *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan, TSFS 2020:88*. Detta dokument är Svenska Kraftnäts tolkning av föreskriften.



3 Flyghindermarkering

Flyghindermarkering görs på två olika anläggningsdelar: markering av stolpar och markering av linor.

3.1 Markering av stolpar

I Tabell 3-1 sammanfattas kraven för flyghindermarkering av Svenska Kraftnäts luftledningsstolpar.

Tabell 3-1. Olika scenarion för flyghindermarkering av luftledningsstolpar.

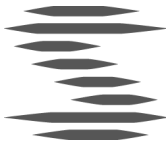
Villkor	Åtgärd
a) Nybyggd stolpe från 45 meter upp till 150 meter som står i direkt anslutning till en korsning över större vattendrag, dal, motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar.	Hinderljus.
b) Nybyggd stolpe från 45 meter upp till 100 meter som ej står i direkt anslutning till en korsning över större vattendrag, dal, motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar.	Färgmarkering från 45 meter.
c) Nybyggd stolpe över 100 meter som ej står i direkt anslutning till en korsning över större vattendrag, dal, motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar.	Hinderljus i toppen. Färgmarkering från 45 meter uppåt.
d) Nybyggd stolpe under 45 meter.	Ingen markering.

I fall där serier av stolpar 45-150 meter höga ska färgmarkeras, kan det vara mer praktiskt och estetiskt att samtliga stolpar färgmarkeras, utöver hinderljuset i punkt a.

Belysning är alltid ett starkare markeringsalternativ än färgmarkering och i det enskilda projektet kan det finnas skäl till undantag för färgmarkering. En undantagsbegäran ska samrådas med referensgruppsmedlem förvaltning.

3.2 Markering av linor

Svenska kraftnät har i samråd med Transportstyrelsen beslutat att flyghindermarkera ledningar med höjd över 45 meter som korsar större vattendrag, dalar, motorvägar, motortrafikleder, fyrfältsvägar och som är minst 100 meter



sammanhängande över eller lika med 45 meter ovan markprofil. Se punkt e i Tabell 3-2.

Räddnings- och ambulanshelikoptrar använder större vattendrag och dalgångar för navigation vid dåliga siktförhållanden. Flygvarningskloten säkerställer att dessa kan färdas på behörigt avstånd i närheten av våra ledningar och skapar därmed värdefull samhällsnytta. Svenska Kraftnät har därför utökade krav på markering av linor i punkt f och g i Tabell 3-2.

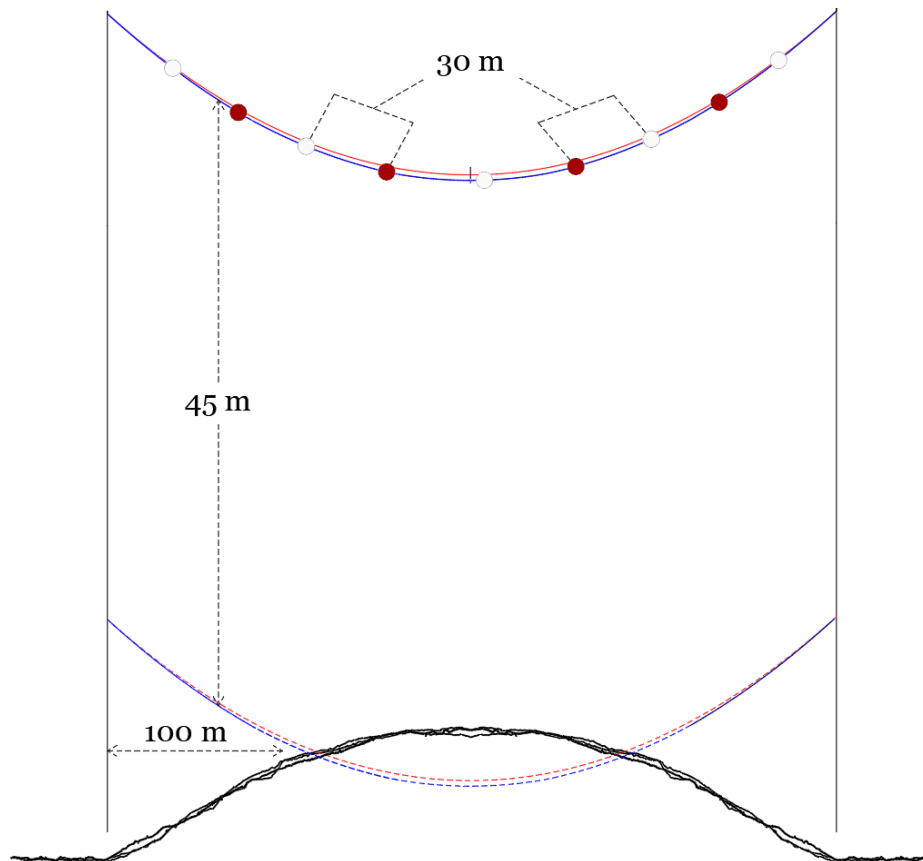
Markering utförs genom upphängning av flygvarningsklot på topplinan på ett helt ledningsspänn. Kloten ska vara 60 centimeter i diameter och sätts upp med 30 meters avstånd mellan varandra. Markörer ska monteras växelvis om linkonfigurationen tillåter detta. Varannan klot på varje lina med 60 meters inbördes avstånd.

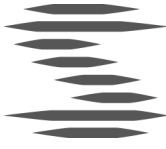
Valet att markera eller inte ska dokumenteras.

I figur 3-1 ges exempel på markering av lina.

I Tabell 3-2 sammanfattas kraven för markering av linor.

Figur 3-1. Profil av ledning vars topplina har flyghindermarkerats. Kontroll av genomsnittlig markhöjd har utförts genom skuggning av topplineprofilen 45 meter nedåt.





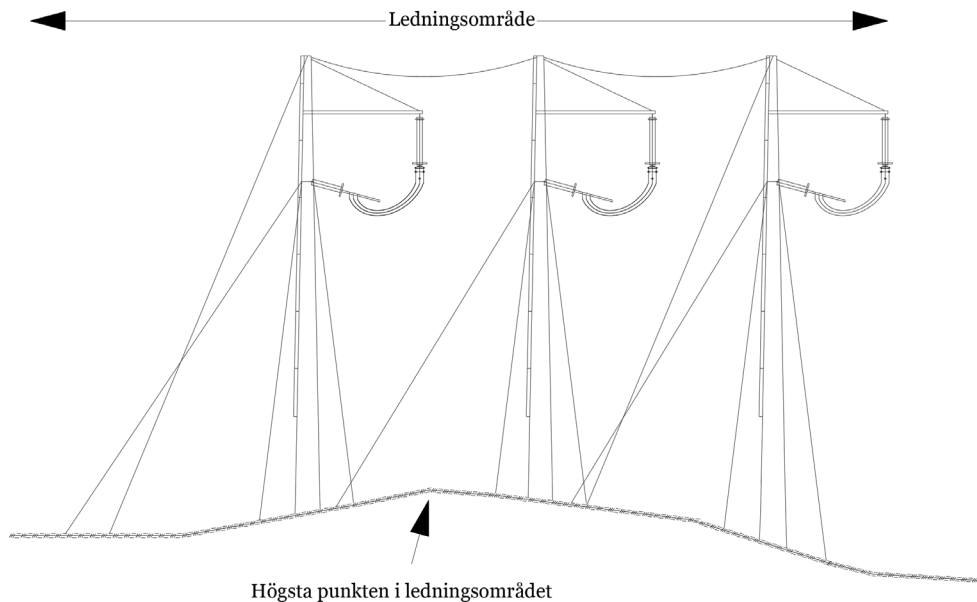
Tabell 3-2. Olika scenarion för flyghindermarkering av topplina.

Villkor	Åtgärd
e) Ledningen korsar större vattendrag, dal, motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar och linan mellan stolparna är minst 100 meter sammanhängande över eller lika med 45 meter ovan markprofil.	Sätt upp klot med 30 meters avstånd mellan varandra. Åtgärden är i lag påbjuden.
f) Ledningen korsar motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar och linans höjd är lägre än 45 meter ovan markprofil	Sätt upp klot med 30 meters avstånd mellan varandra. Åtgärden är ej tvingande enligt lag.
g) Ledningen korsar större vattendrag eller dal och linans höjd är lägre än 45 meter ovan markprofil	Om det är en speciellt utpekad dalgång eller vattendrag som används av räddnings- och ambulanshelikopter som transportled vid dåliga siktförhållanden kan markering behövas. Projektet ska avgöra detta i samråd med aktuella aktörer och förankra med referensgruppsmedlem förvaltning. Vid godtaget beslut, vidta samma åtgärd som punkt f.



3.3 Definition höjd över mark för stolpe

Inom området för kraftledningen mäts höjd över mark från högsta punkt inom ledningsområdet. Se figur 3-2.



Figur 3-2. Tvärsnitt av stolplats.

3.4 Definition höjd över mark för linor

Höjden mäts ifrån

- > vattenytan vid korsning av vattendrag, se [SMHIs damm- och sjöregister](#) som kan användas genom sökning av en specifik sjöidentitet
- > botten av dalgången vid korsning av dal
- > vägbanan vid korsning av motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar.

3.5 Fastställande av större vattendrag, dalar, motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar

Det finns inga fastställda kriterier för indelning och benämning av större vattendrag (nätverksbildande vattendrag av betydelse). Svenska kraftnät utgår ifrån [VISS](#), ett verktyg från Havs och Vattenmyndigheten. VISS innehåller information om Sveriges större sjöar, vattendrag, grundvatten och kustvatten. För att bedöma behov av markering vid korsning av större vattendrag ska projektören utgå ifrån Svenska kraftnäts tolkning av större vattendrag som följande: större sjöar, namngivna vattendrag av betydelse samt kustvatten.



En dal är en större långsträckt fördjupning i jordytan som är begränsad av längsgående höjder, bergväggar eller jordtäkta sluttningar på båda sidor. Dalen har en någorlunda rätlinjig utsträckning i en viss riktning. Transportstyrelsen har ingen definition gällande vilka mått som krävs för att fördjupningen ska definieras som en dal. Bedömning om markering vid korsning av dalgång genomförs tillsammans med referensgruppsmedlem från Svenska kraftnäts förvaltning.

Vid planering av ny ledning kan kontroll av korsning av motorvägar, motortrafikleder och fyrfältsvägar genomföras med hjälp av trafikverkets tjänster såsom **NVDB**. Genom trafikverkets tjänst **Lastkajen** kan även befintliga ledningar kontrolleras om ledningen korsar nämnda vägtyper.

4 Färgmarkering av stolpar

Färgen ska vara av fluorescerande eller retroreflekterande typ. Färgen ska utföras i form av ett bandmönster vars färger ska kontrastera mot den bakgrund som de kommer att ses mot. Färgfältens bredd ska stå i proportion till föremålets utsträckning och vara 2-10 meter. Färgfälten ska vara vinkelräta mot föremålets längdaxel. Färgerna röd och vit ska användas. Reglar, toppinfästning samt vid markeringens ändrar ska fälten ha röd färg. Färgfälten får åstadkommas genom ett antal smala delfält och mellanrummet mellan dessa får inte överstiga delfältets bredd. Mellanrummet får dock aldrig vara större än 0,4 meter.

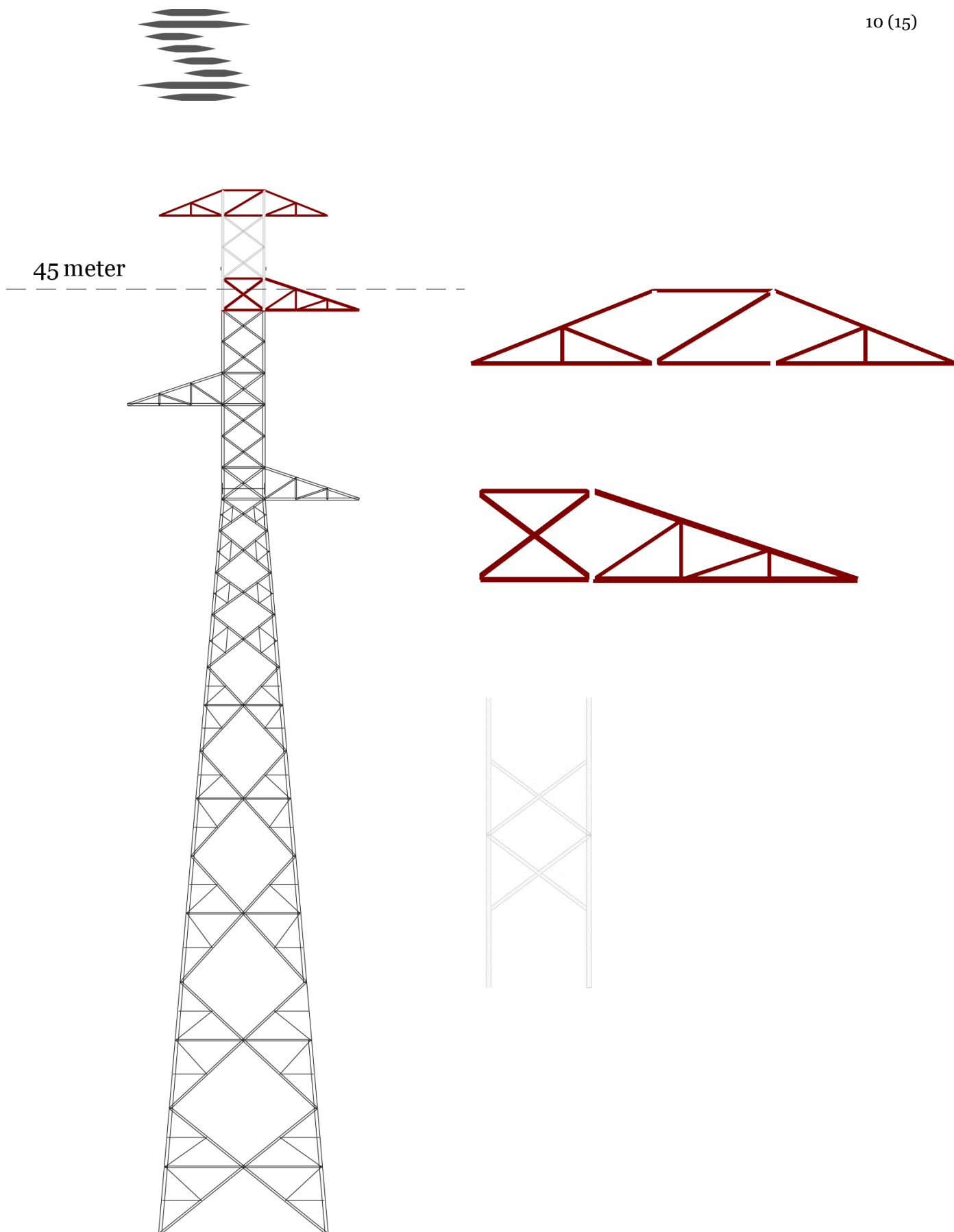
Vid målning av fackverkskonstruktion ska knutpunkter maskeras för att undvika problem med toleranser.

Kraven för färgmarkering sammanfattas nedan:

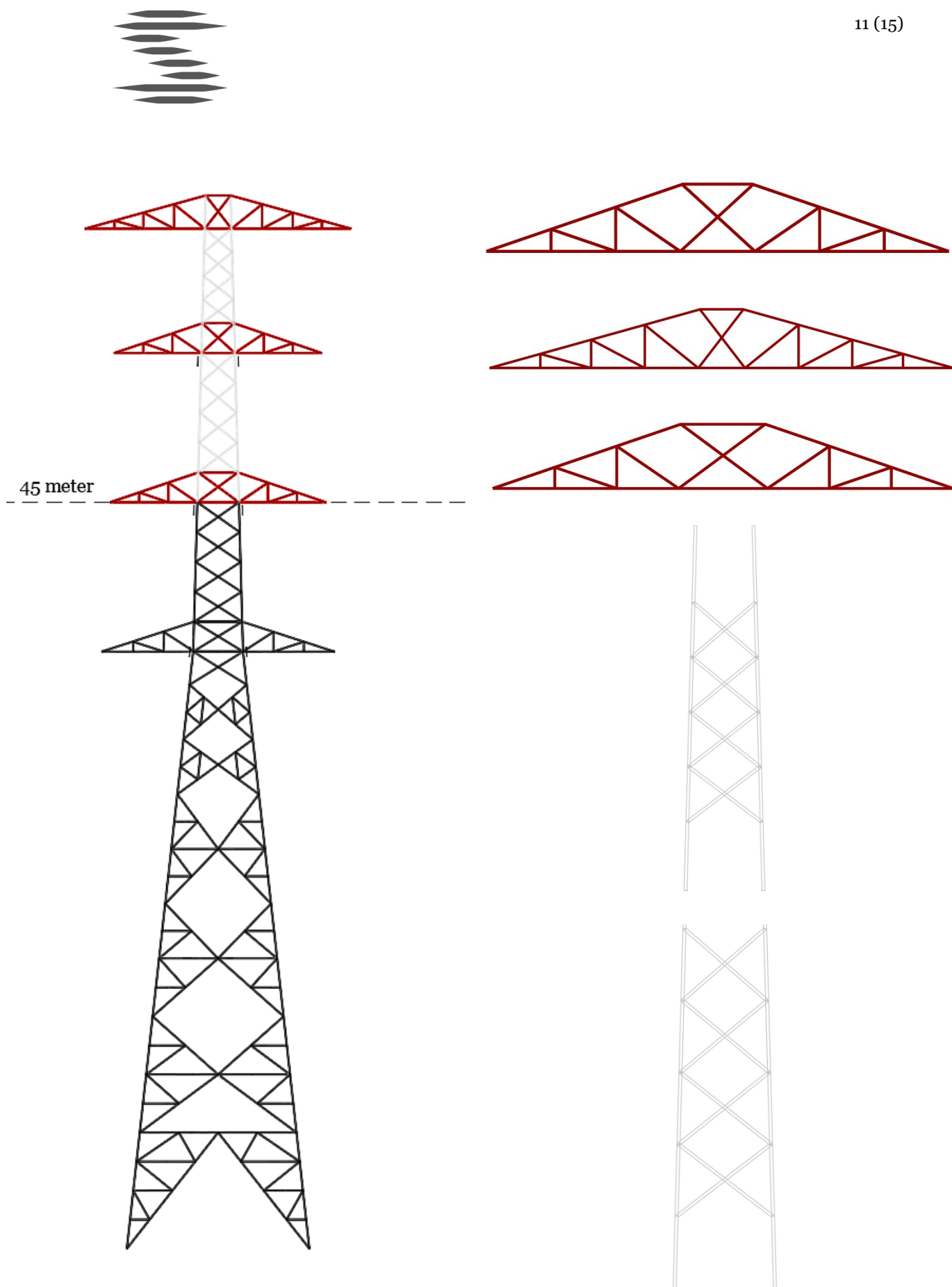
- > Stolpsektionerna ska målas i färgerna röd eller vit.
- > Stolparna kan delas upp i sektioner på 2 till 6 m. Längden 5-6 meter föredras.
- > Stolpens topp och utstickande delar ska målas röd.
- > Stolpens topp går från toppen till undre del av regeln. Se figur 4-1 och 4-2.
- > Varje hel stolpdel ska målas i en färg. Stolpkropp respektive regler för sig.

Vid beställning av färgmarkerade stolpar ska ramavtalsleverantör för stålkonstruktioner användas och färgmarkeringen ska utföras i fabrik.

I figur 4-1 och 4-2 ges exempel på hur färgmarkerade stolpar kan se ut.



Figur 4-1. Illustration av färgmarkerad stolpe av fackverkskonstruktion



Figur 4-2. Illustration av färgmarkerad stolpe av fackverkskonstruktion



5 Hinderljus och strömförsörjning

Vid val av belysning ska stolpen markeras med lågintensivt ljus och ska utgöras av ett fast rött sken. Lampan ska placeras vid stolpens högsta punkt, lysa dygnet runt, vara synligt från alla håll och får ej skymmas av någon stolpdetalj. Ljusen ska i övrigt följa de specifikationer som anges i TSFS 2020:88, bilaga 3 & bilaga 8.

Matning av lågintensivt ljus kan ske med två alternativ:

- > solceller med LTO (Litium Titanat) batterier som sitter i ett markskåp.
- > nätanslutning med markkabel och isolertransformator.

Vid nätanslutning ansluts den lokala nätägaren till ett kopplingskåp med isolertransformator som matar hinderljuset.

I första hand bör projektör välja matning med hjälp av solceller, om detta är ett valbart alternativ. I norra delarna av Sverige kan det vara besvärligt på grund av bristande antal soltimmar under vinterhalvåret. Men om det finns tekniska lösningar som möjliggör solceller undviks administration kring hantering av isolertransformator och kontakt med nätbolagen som krävs vid nätanslutning.

Solceller ska vara placerade i söderläge och monteras på ca 20-40 meters höjd för att komma ovanför omgivande träd. För att underlätta underhåll så ska solcellspanelerna monteras så att ett vertikalt säkerhetsavstånd på minst 5,5 meter hålls till den lägst belägna faslinan. Montage och utbyte av solpanelen ska kunna göras utan att ledningen behöver tas ur drift. Se ritning 4026550 för vägledning.

Installation av hinderljus samt strömförsörjning till hinderljus med tillhörande utrustning ska följa god elsäkerhetsteknisk praxis och telestörningsnämndens meddelande nr 21.

För Svenska kraftnäts kompletterande krav på utrustningarna i hinderljus- och solcellssystem, se Teknisk specifikation Flyghindermarkering.

6 Flygvarningsklot

Flygvarningsklot ska ha en diameter av 60 cm och vara enfärgade. Kloten placeras varannan röd och varannan vit. I projekteringen ska hänsyn tas till ökade laster på linor, infästningar och stolpkonstruktionen med avseende på kloten, nedhäng, sammanslagning och eventuellt vibrationsdämpare och fågelavvisare.

Vid markering utöver de krav som Transportstyrelsen kräver (bland annat för speciellt utpekade transportleder) ska antal markeringar och längden mellan kloten styras av topplinans mekaniska begränsningar i de fall kraven i föreskriften inte kan hållas.



Kloten kan sitta på OPGW-linor om det är av den nyare typen ”hexacore”. Klot får ej fästas på gamla OPGW-linor av typen ”slotted core”.

Vibrationsdämpare mellan kloten krävs i TR05-09 och TR05-30E.

För krav på material och utformning av flygvarningsklot, se TR05-17E.

7 Dokumentation

Till varje stolpplats ska en sammanställningsritning tas fram av projektören. Ritningen ska ges ett ritningsnummer och vara ritad i en SVK-ritram. På ritningen ska solpanelernas placering framgå och hur de ska vändas för att få tillräcklig solinstrålning. Ritningarna ska förses med en stycklista där tillkommande material för installationen framgår. Se principritningen 4026550 som ska anpassas till det aktuella projektet för att säkerställa funktion, hållfasthet och passning i olika stolptyper.

Kompleta tillverkningsritningar för fästen av solpanel ska tas fram av projektör. Fästena ska anpassas till de olika stolptyperna som förekommer.

Befintlig anläggningsdokumentation ska uppdateras efter att installationen är klar med ritningshänvisningar till i projekteringen framtagna handlingar.

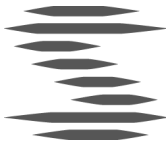
8 Ansökan om undantag

Vid behov av avsteg från Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd måste en ansökan om undantag lämnas in till Transportstyrelsen, se [medgivande om undantag i Transportstyrelsens hemsida](#).

För snabbare hantering av ärendet ska transportstyrelsens blanketter användas och de bör skickas in i god tid. Vid godkänt avsteg ska beskedet sparas i kunskapsbank för framtida projekt att ta del av. Vid upptäckten att fler projekt kommer söka undantag för samma sak finns det skäl att söka prejudikat för sakfrågan och det ska i så fall föregås av samråd med Svenska kraftnäts förvaltning.

9 Alternativa markeringsätt samt behovsanalys

Under framtagning av dokumentet har ett antal alternativa markeringsätt, utöver de som nämns i Transportstyrelsens föreskrift, utträtts. Nedan finns en sammanställning av dessa alternativ samt motivering till varför vissa har valts bort.



Behov av åskuppfångare

En analys gällande behov av åskuppfångare har gjorts och bedömningen är att detta inte är motiverat så länge det inte finns särskilda skäl för att installera det. Orsaken till detta är att det statistiskt sett är låg risk att åskan slår ner i en kraftledningsstolpe och ännu mindre risk att den faktiskt träffar lampan. Om ett blixtnedslag ändå skulle inträffa, får det inga allvarigare konsekvenser än att lampan går sönder och byts ut vid nästa säkerhetsrondering. Med en lågintensiv lampa finns inte heller krav på övervakning eller omedelbar åtgärd vid ett fel enligt Transportstyrelsens föreskrift.

Om en åskuppfångare skulle installeras, tillkommer extra kostnader för underhåll och utbyte av ledaren, vilket inte är motiverat. En åskuppfångare kommer dessutom att delvis skymma lampan och på så sätt påverkar kravet att den ska vara synlig horisonten runt.

Bränsleceller

För att kunna använda bränsleceller som alternativ till batterier och solceller, måste SVK kunna säkerställa att en eventuell explosion inte skadar anläggningen. Det finns en påtaglig elsäkerhetsrisk med att ha vätgas (som bränslecellerna innehåller) nära ledningar. För att kunna ta ett beslut om bränsleceller är en godtagbar lösning eller inte, behöver SVK be MSB att göra en utredning, enligt Elsäkerhetsspecialist inom SVK. Beslut har därför tagits att inte försena framtagningen av en hållbar lösning genom att initiera en utredning med oklar tidsåtgång och utkomst.

Induktiv matning

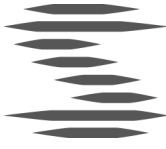
Med induktiv matning för hinderljusen kan SVK slippa både byte av batterier och lösning med nätanslutning. Idag finns induktiva lampor som man sätter på faslinan men inte på topplinan. Det finns en del lösningar som är under utredning eller nyligen etablerade på marknaden, men inga som är beprövade och anpassade till montering på topplinan.

Batteriskåp på stolpe eller nergrävt i marken

Tillsammans med Ledningsunderhåll har två alternativa monteringslösningar för placering av batteriskåpet utretts. Det första var att placera batteriskåpet en bit upp på stolpen. Detta alternativ avsågs med motiveringen att det är svårt att komma åt skåpet och byta batterier om det sitter för högt upp på stolpen. Det andra alternativet var att gräva ner batteriskåpet i marken för att på detta sätt säkerställa en jämnare temperatur samt skydd från väder och vind. Detta alternativ avsågs också med motiveringen att det blir en dålig ergonomisk vinkel att komma åt skåpet om det ligger en bit ner under marken.

Transponder i stolpen

Ett alternativ till att markera med lampor i toppen på stolpen, är att sätta en transponder som skulle varna flygplan och helikoptrar att det finns en stolpe i



närheten. Detta alternativ har utretts av Försvarmakten och de har fastställt att de avråder från *”tillämpning av radarstyrd hinderbelysning på grund av flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl, att beroende på teknikval kan uppgifter som är föremål för sekretess riskera att röjas vid användningen av sådana system samt potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del.”*

Reflexplåtar istället för belysning

I Norge har Statnett monterat reflexplåtar på stolparna som flyghindermarkering istället för lampor. Fördelarna med denna lösning är låg underhållskostnad, längre hållbarhet och mindre besiktningbehov. Efter intern utredning konstaterades att det var fler nackdelar än fördelar med denna lösning. Några av nackdelarna var följande:

- Risk att de lossnar.
- Risk vid montering (metallföremål riskerar att påverkas av elektriska fält, influens).
- Högre risk för korrosion på stolparna.
- Svenska stolpar har en annan toppkonstruktion än norska stolpar, vilket gör det svårare att fästa plåtarna.
- Risk att metallplåtarna sticker ut utanför stängerna.