

Magnetfältsberäkning Tollare

ID: ENT-901

Rev.: B

Datum: 2021-04-09

Utförd av: Johan Lundin, ENT Energiteknik AB

Mottagare: Johan

Sammanfattning: Det här dokumentet ämnar presentera de magnetiska fältstyrkor som är att vänta i närområdet kring Tollareslingan.

Innehåll

1.	Sammanfattning.....	1
2.	Kort om gränsvärden för magnetfält	1
3.	Metod.....	2
3.1	Begränsningar/omfattning.....	2
4.	Indata.....	3
4.1	Ledningar	3
4.2	Lastströmmar	3
4.3	Stolpgeometri.....	4
4.4	Höjder över mark	5
5.	Resultat.....	6
5.1	+30m	6
5.2	+28m	6
5.3	+26m	7
5.4	+24m & +22m.....	7
6.	Dämpning av magnetfält	8
6.1	Dämpning vid skifte av faser	8
7.	Magnetfält vid framtida ökad last.....	9
8.	Bibliografi	10

Rev.:	Not.:	Sign.:	Datum:
A	Första utgåva	JLU	2021-04-09
B	Uppdaterade värden på årsbasis baserat på inmätta byggnadsplaceringar samt ny dragning luftledning & övergång till kabel. Ny sammanfattning, rapport anpassad till nuläge.	JLU	2025-05-24

1. Sammanfattning

Beräkningar vid första utgåvan av rapporten indikerade att en magnetisk flödestäthet med årsmedelvärde på över $0,4 \mu\text{T}$ kan uppstå för en del ytor strax öster om de då planerade bostäderna längs med Tollareslingans östra del. Framförallt för de övre våningsplanen fanns en viss risk för flödestätheter strax över $0,4 \mu\text{T}$. Eventuellt överskridanden bedömdes vara så pass små att kraftfulla åtgärder ej rekommenderades.

Beräkningarna, som utfördes i samband med projektering och byggnation, har nu gjorts om. I beräkningsmodellen har de förändringar som Vattenfall Eldistribution utfört (justering faskonfiguration, samt ny stolpe norr om Tollareslingan) tagits hänsyn till. Resulterande fältstyrkor har utvärderats i förhållande till byggnadernas inmätta positioner.

Flödestätheter om $0,4 \mu\text{T}$ i årsmedelvärde kan råda precis utanför nu uppförda byggnader på de övre våningsplanen. Fältets utbredning bedöms ha ökat något jämfört med tidigare beräknat, möjligen eftersom Vattenfalls lednings som tidigare var i triangelformation nu övergår till plan formation vid passage förbi Tollareslingan, vilket kan innebära sämre fältutsläckning. Skillnaderna mot tidigare beräknade fält är dock marginel och kan inte sägas motivera åtgärder.

Värdena som presenteras i den här rapporten är enbart indikativa – variationer i lasten på ledningarna kan ge stor inverkan på uppmätta fält. Fälten är beräknade med grund i hela 2019 års last – mätning vid enstaka tillfällen kommer garanterat innebära mätresultat som avviker från det beräknade. 70 kV-nätet i området är maskat vilket gör att lastflöden kan variera tämligen oförutsägbart vilket då även påverkar det resulterande magnetfältet. Om lasten ökar i framtiden så kommer även fältstyrkorna öka.

En framtida lastökning bedöms enligt Vattenfall inte innebära kraftigt ökade maxlaster – det är mer sannolikt att mer energi konsumeras vilket innebär måttliga laster under en längre tid.

Den spänningshöjning till 145 kV som eventuellt på lång sikt kan ske på linjerna innebär att lastströmmarna, vid bibehållen last, minskar varpå även magnetfältet minskar.

Det är viktigt att komma ihåg att det är exponering över lång tid som är nyckelbegrepp vid analys och beslutsfattande kring magnetfältsexponering.

2. Kort om gränsvärden för magnetfält

Magnetfält uppträder varhelst ström löper. Det innebär att det alstras magnetfält runt allt ifrån kraftkablar och transformatorer till hushållsapparater såsom hårtorkar och mixerstavar.

Det finns en stor samstämmighet om vilka styrkor hos magnetfält som ger upphov *till omedelbar påverkan på människor*. Svenska myndigheter anger i sina skrifter ett så kallat *referensvärde* avseende magnetfält. Detta referensvärde utgör en rekommenderad maxgräns och bygger på EU-riktlinjer. Referensvärdet är ansatt till 1/50 av de nivåer där man med säkerhet kan påvisa negativa hälsoeffekter. För kraftfrekventa fält (50 Hz) så innebär det här en nivå om $100 \mu\text{T}$ ($500 \mu\text{T}$ för yrkesverksamma) (1).

Däremot så råder större osäkerhet kring *långtidseffekter* och eventuell ökad risk för cancer. Det finns inga entydiga bevis för att magnetfält från kraftledningarna orsakar cancer. En viss ökad risk för barnleukemi har observerats vid *varaktig exponering* av magnetfält på över $0,4 \mu\text{T}$. Risken får dock anses vara liten (1).

Det genomsnittliga magnetfältet i en bostad i ett storstadsområde uppgår normalt till ungefär $0,1 \mu\text{T}$, men årsmedelvärden på upp emot $0,2 \mu\text{T}$ är att betrakta som fullt normala för boendemiljöer. Årsmedelvärden på över $2 \mu\text{T}$ kan anses vara kraftigt förhöjda, men har dock ingen uppenbar koppling till eventuella hälsorisker utan är enbart förhöjda såtillvida att de kraftigt överstiger genomsnittliga nivåer.

Till följd av denna osäkerhet har svenska myndigheter formulerat en *försiktighetsprincip* som innebär att:

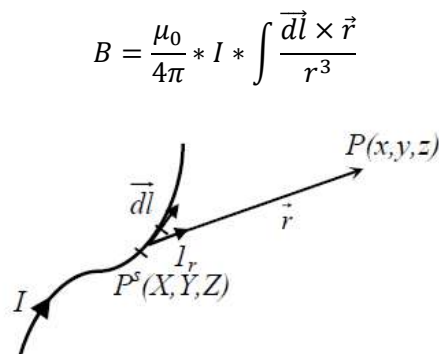
Om åtgärder, som generellt minskar exponeringen, kan vidtas till rimliga kostnader och konsekvenser i övrigt bör man sträva efter att reducera fält som avviker starkt från vad som kan anses normalt i den aktuella miljön.

Den här försiktighetsprincipen, tillsammans med indikationerna om en viss ökad risk för leukemi, har i praktiken fått resultatet att 0,4 µT anses vara den nivå som ej bör överskridas i områden där människor vistas stadigvarande, detta eftersom långtidseffekterna är okända i dagsläget. Nivån om 0,4µT är betydligt lägre än det referensvärde som myndigheterna anger (100µT).

Magnetfält skärmas normalt inte av omgivningen. Det är visserligen möjligt att skärma av magnetfält från friledningar med aktiva eller passiva tekniker, med det är ofta dyrt och sällan helt motiverat om inte särskilda omständigheter föreligger. Det elektriska fältet, som också finns allestädes närvarande, skärmas effektivt av såväl huskroppar och mark som topplinor och kabelskärmar.

3. Metod

Magnetfältets styrka inom och i närheten av luftledningen har beräknats med hjälp av Biot-Savarts lag, vilken tillåter beräkning av magnetfält vid fall som avviker från enkla, tvådimensionella geometrier.



Ledarna är modellerade som parabler med nedhäng, vilket innebär att magnetfältet på marknivå vid friledningsspännens lägsta punkt är högre än vid infästningspunkterna. Ledarna följer den verkliga linjen och antas alltså inte vara utbredda oändligt i norrgående längsriktning. Ledarna antas ha avbilder på ett komplext djup som beror på markresistiviteten (antagen till 1000 Ωm).

Kraftkabel är i modellen antagna att vara raka, tunna ledare utan nedhäng.

De ömsesidiga induktanserna mellan fasledarna och topplinan har beräknats och används för att beräkna i topplinan inducerad ström.

Varje enskild ledare är i modellen uppdelad i ett antal segment $d\vec{l}$. Respektive segments bidrag till det totala magnetfältet beräknas för ett stort antal observationspunkter P (vilka tillsammans utgör en observationsplan) och summeras sedan vektoriellt, varpå magnituden hos fältet beräknas.

3.1 Begränsningar/omfattning

Algoritmen är kontrollerad gentemot enkla basgeometrier för vilka det finns analytiska lösningar (oändligt lång ledare, kort ledare, rektangulär krets), och har befunnits stämma väl överens med dessa. Modellen överensstämmer även väl med de resultat som anges i (2).

Modellen behandlar strömmen som centrerad i respektive ledare.

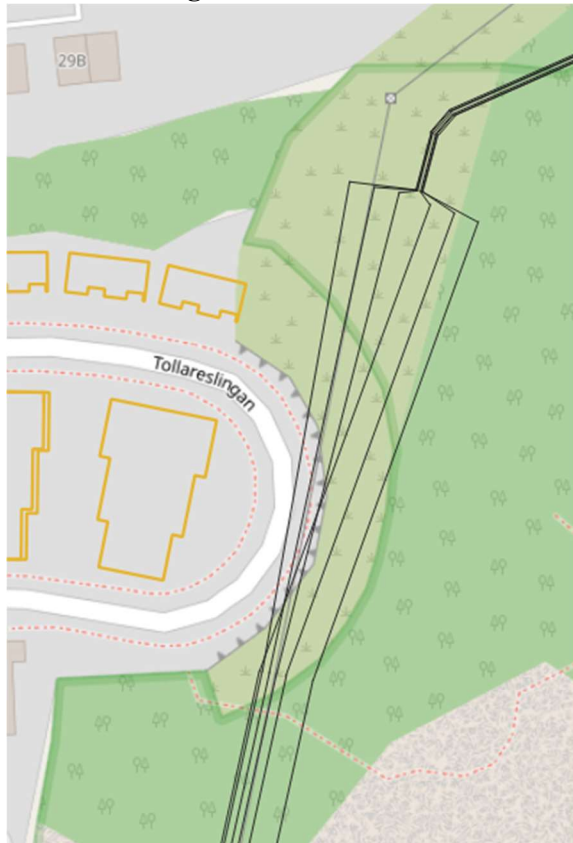
Modellen antar balanserad last för respektive ledning.

Fältstyrkan utvärderas i ett antal olika plan (plushöjder).

Beräkningarna som presenteras häri är enbart indikativa och ska inte ses som exakt reproducerbara vid mätning. Aktuell last (magnitud och effektriktning för linjerna i stolparna) samt ledarens nedhäng vid aktuella omständigheter kan ha stor påverkan på mätresultatet.

4. Indata

4.1 Ledningar



Figur 1: Ledningar förbi Tollareslingan (2025)

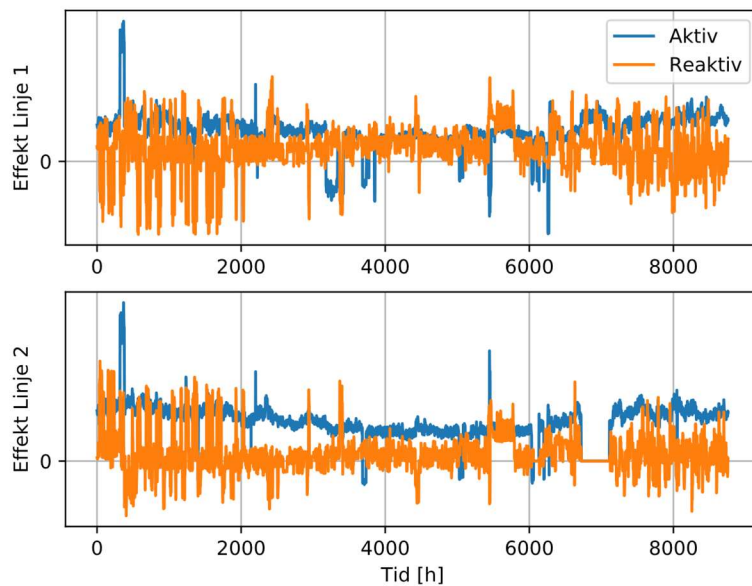
Vattenfall har satt upp en två nya stolpar norr om Tollareslingan. I dessa stolpar avslutas respektive linje i planformation, och övergår sen till kabel som viker av i nordöstlig riktning.

4.2 Lastströmmar

Magnetfälten runt kraftledningar når i allmänhet sällan upp till de nivåer som innebär akut kroppslig påverkan hos människor som vistas i närheten. Det är således motiverat att istället titta på årsmedelvärden eller typfall som representerar exponering över en längre tid.

Magnetfältet runt en enkel kraftledning varierar linjärt med lastströmmen. Vid fler ledningar så blir sambandet mer komplicerat – den linjära variationen kvarstår men även effektriktningen i respektive ledning för såväl den aktiva som reaktiva effekten kommer påverka det resulterande fältet.

Linjerna som går förbi Tollareslingan ansluter till Vattenfalls station RT91 söder om Lännerstasunden. Vattenfall har för rapportens syften levererat lastdata för de aktuella linjerna för hela år 2019. Generellt så flödar såväl den aktiva som reaktiva effekten i syd-nordlig riktning, från RT91 vidare norrut. 70 kV-nätet i området är dock maskat, vilket gör att effektriktningen kan skifta.



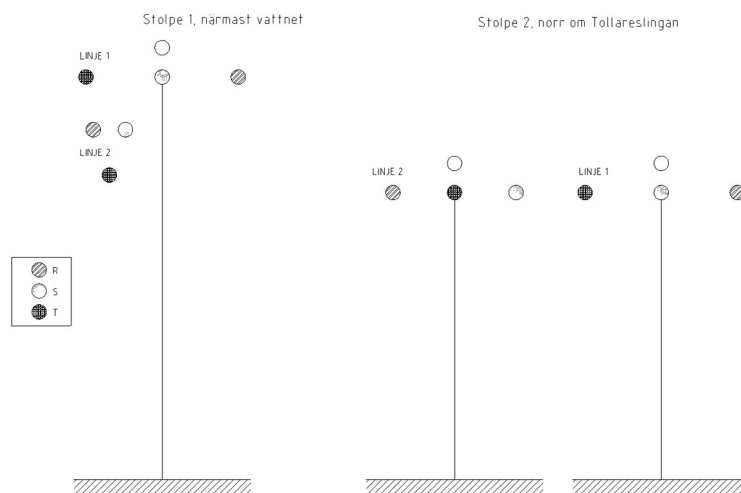
Figur 2: Laster år 2019. Aktiv (blå) och reaktiv (orange) effekt.

Som synes i Figur 2 ovan så varierar effektlödet över året, framförallt de reaktiva effektlödena under vinterhalvåret. Analys av timvärden visar dock att effektriktningen generellt inte går söderut (positiva värden indikerar effektriktning norrut), ej heller för de reaktiva effektlödena.

Lastens karakteristik gör det svårt att bilda en årsmedellast för respektive linje. Istället så har magnetfältet beräknats timme för timme för ett helt år, varpå magnetfältets medelvärde över året har beräknats.

4.3 Stolpgeometri

Stolparnas och ledarnas geometri har givits av Vattenfall, vilket har kombinerats med höjder i baskartan för området för att på så vis uppskatta ledarnas infästningspunkter och höjd över mark.



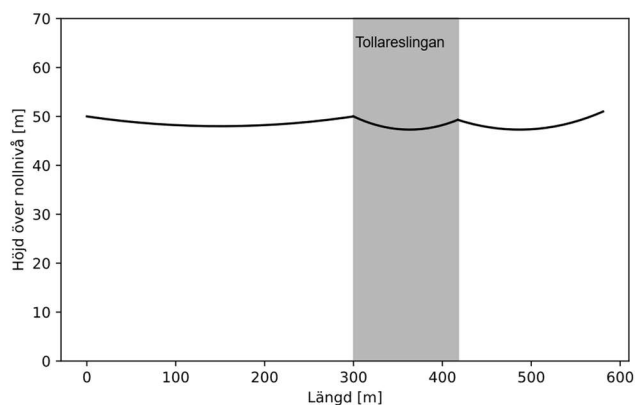
Figur 3: Nuvarande stolpgeometri - skiss

Stolpen norr om Tollareslingan har sedan revision A av rapporten ersatts med nya slutstolpar, i vilka ledningarna övergår till kabel. Den nya geometrin innebär vidare att den ledning i triangelformation som visas i Figur 3 ovan (stolpe 1) övergår till plan formation i stolpe 2 norr om Tollareslingan. Denna övergång innebär att fasledarna hamnar längre ifrån varandra vilket ger sämre fältutsläckning.

Topplinan är centrerad över mittledaren.

Den skiftande höjden hos ledningarnas fästpunkter, kombinerat med det nedhäng som ledarna uppvisar, gör att ledningen har en parabelform. Modellen tar hänsyn till denna form, och antar ett nedhäng om 1 meter under lägsta infästningspunkten för ett givet ledarspann. Detta är ett antagande – aktuell last och omgivningstemperatur kan ändra denna parameter vilket även påverkar magnetfältets styrka i närområdet (ledare hamnar närmare/längre ifrån observationsplanet/punkterna).

Stolpen på Mårtens holme samt stolpen längre öster om Tollareslingan har givits sådan höjd att ungefärliga infästningshöjder uppgår till cirka 50 m. I övrigt samma geometri/fasavstånd som för stolpe 1.



Figur 4: Antagen profil (principskiss) med följande stolpar fr.v.: Mårtens holme, stolpe 1 Tollareslingan, stolpe 2 Tollareslingan, stolpe öster om Tollareslingan. Nedhäng på respektive spann antaget till 1 meter under lägsta infästningspunkt.

4.4 Höjder över mark

Beräkningarna utförs i ett antal plan över nollnivån/vattenlinjen – då beräkningarna är indikativa så bedöms detta vara en lämplig avvägning mellan allmänna och detaljerade resultat.

5. Resultat

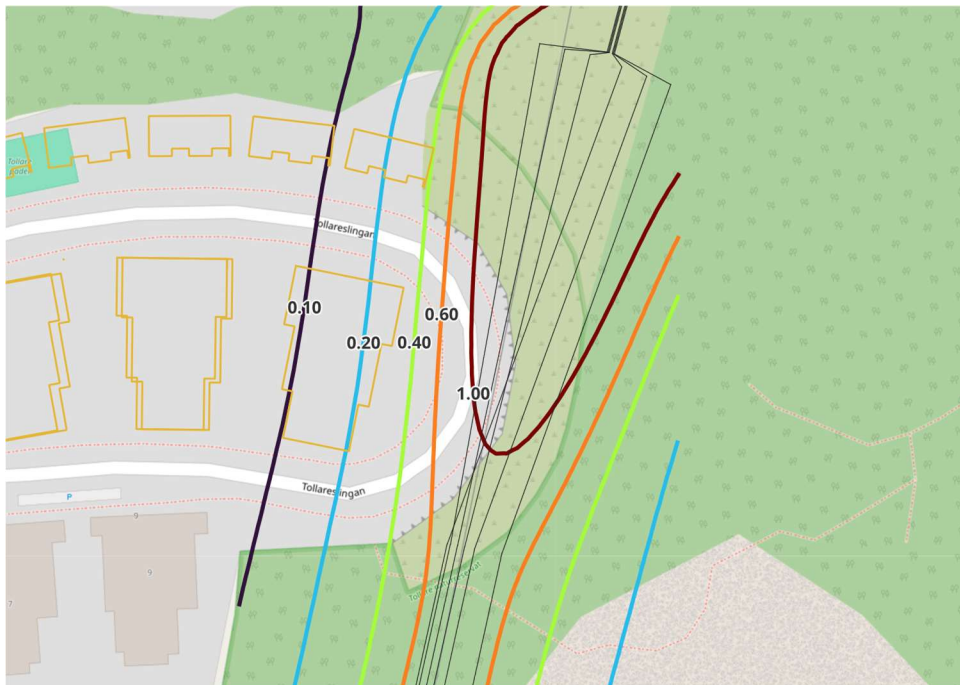
5.1 +30m



Figur 5: Magnetfält Tollareslingan +30m, årsmedelvärde

De övre/översta våningsplanen hos de östliga byggnaderna på Tollareslingan befinner sig alldeles invid gränsen för 0,4 μT .

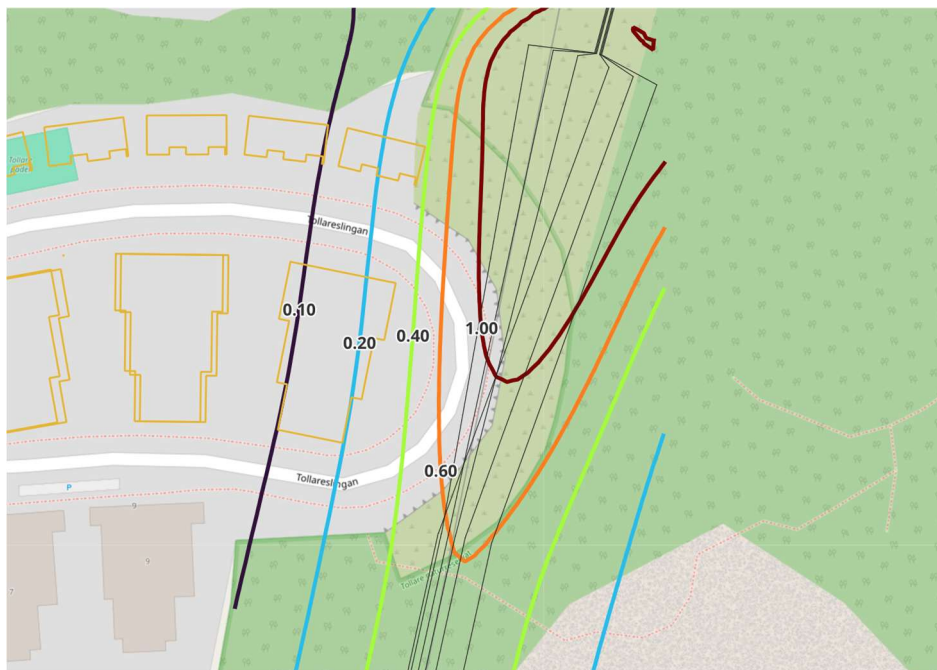
5.2 +28m



Figur 6: Magnetfält Tollareslingan +28m, årsmedelvärde

Området med fältstyrkor på 0,4 μT eller mer tangerar bebyggelse, men innebär inget kraftigt överskridande.

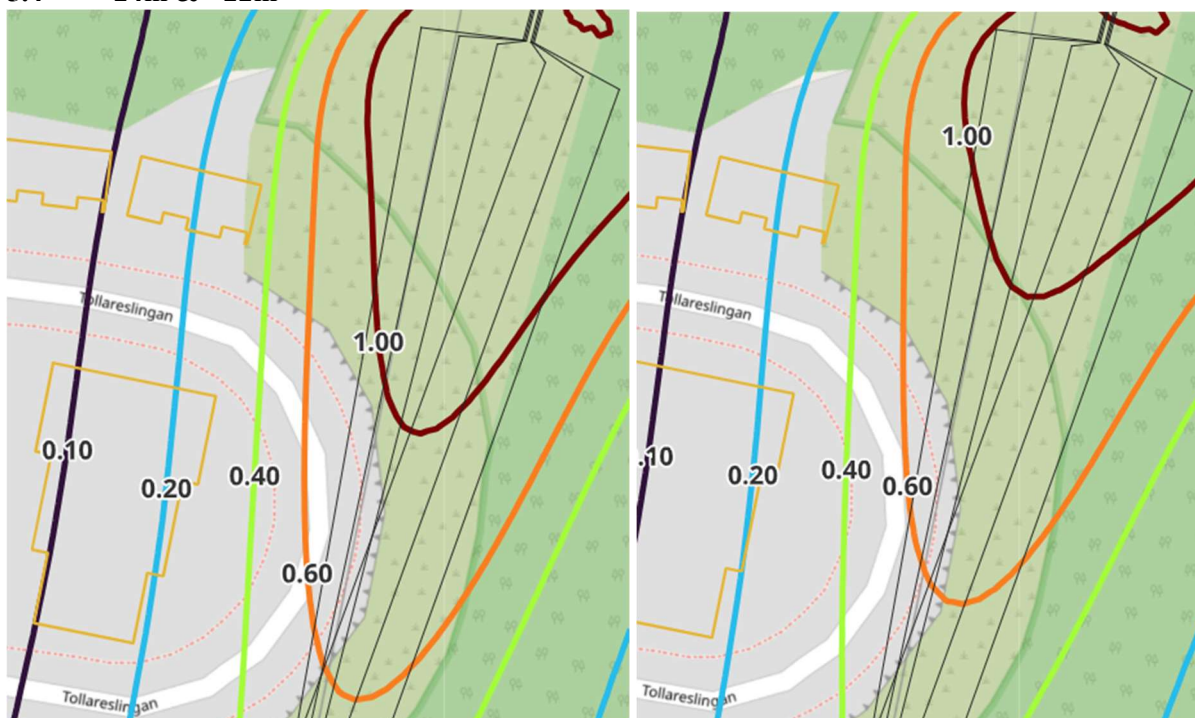
5.3 +26m



Figur 7: Magnetfält Tollareslingan +26m, årsmedelvärde

Området med fältstyrkor på $0,4 \mu\text{T}$ befinner sig stax öster om uppförd bebyggelse, men innebär inget kraftigt överskridande

5.4 +24m & +22m



Figur 8: Magnetfält Tollareslingan +24m (t.v.) samt +22m (t.h.), årsmedelvärde

För plushöjder lägre än 25-24 meter så tangerar inte längre kurva för $0,4\mu\text{T}$ uppförd bebyggelse.

6. Dämpning av magnetfält

Effekten av magnetfält på människor kan dämpas på ett flertal sätt – avstånd mellan ledare och vistelsezoner kan ökas, skärmande material i byggnader kan installeras, transponering/faskonfigurationer i stolparna kan optimeras och dämpande ledarslingor i stolparna kan installeras.

Skärmande material i byggnader, eller i fasaden hos de byggnadsdelar som vetter mot kraftledningen, skulle effektivt sänka magnetfälten i sådana utrymmen där människor vistas stadigvarande (bostäder etc.). Åtgärden lämpar sig väl när källor ska skärmade av från omgivningen (exempelvis inklädnad av inhysta nätstationer), men riskerar att bli väldigt dyr om ett hus ska skärmade från *yttre källor*. För att effektiv skärmning mot yttre källor ska uppnås så behöver en stor del, eventuellt en hel fasad samt byggnadens tak innehålla en aluminiumplåt (3). Lösningen bedöms som genomförbar ur ett dämpningsperspektiv, men kan inte anses vara helt motiverad.

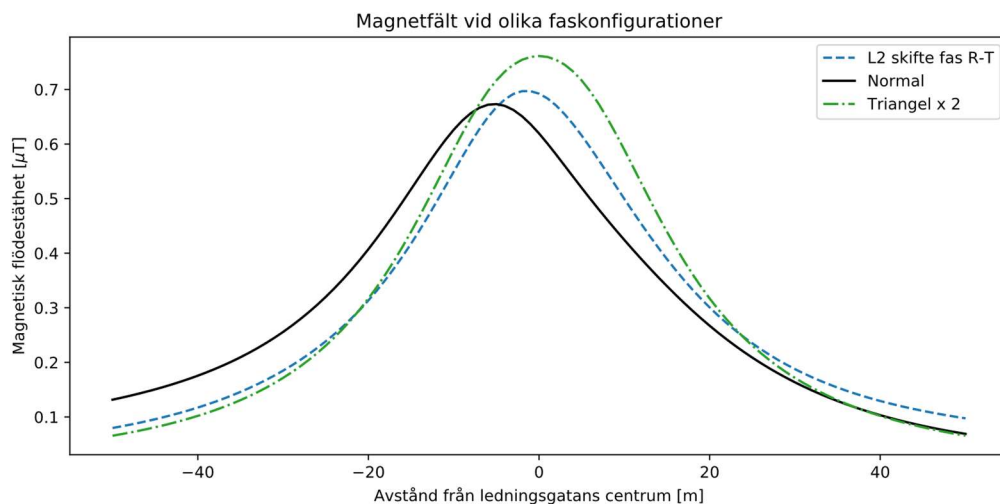
Transponering och optimering av faskonfigurationen hos ledningarna är en framkomlig väg, men innebär totalavbrott på ledningen och eventuellt omfattande omkonstruktion/montage från Vattenfalls sida. Då nätet i området är maskat så kan det även vara svårt att hitta den optimala faskonfigurationen – effektriktningen varierar över året vilket försvårar optimeringen.

Fältet kan i princip även reduceras om skärmande slingor installeras på sträckan förbi Tollareslingan. En ström induceras då i skärmslingan till följd av kraftledningarnas ström, vilken ger upphov till ett magnetfält som reducerar fältet från kraftledningarna något. Metoden används ibland vid högre spänningsnivåer, men bör principiellt kunna appliceras även för ledningar på 70/130 kV-nivån. Åtgärden innebär sannolikt totalavbrott på ledningen samt montage och interna utredningar av Vattenfall Eldistribution. Förslag på utformning av ett sådant system bedöms inte rymmas inom den här rapportens omfång.

6.1 Dämpning vid skifte av faser

Figur 3 ovan visar att båda L1-faserna befinner sig längst ut på stolparna, vilket innebär en försämrade fältutsläckning i området väster om kraftledningen. Genom att byta plats på fasledarna L1 och L3 hos linje 2 (triangel) så erhålls en marginellt bättre fältutsläckning. Vidare så kan de båda triangelkonfigurationerna på stolparna användas, istället för som i dagsläget ha linje L1 i plan. På så vis minskar magnetfältet strax väster om ledningen. Som bilden nedan visar är dock sambandet inte helt enkelt till följd av att fasvinkeln mellan linje 1 och 2 ej är densamma – fältutsläckningen kan vara svår att förutse under verkliga förhållanden.

Vattenfall har genomfört en dämpande åtgärd – ytterfaser hos ledning i plan har bytt plats vilket innebär bättre fältutsläckning. Påverkan är dock begränsad, detta eftersom ledning i triangelformation övergår till plan förbi Tollareslingan vilket innebär att fasavstånden ökar. Detta motverkar den utsläckning som fasskiftet hos linje i plan formation innebär.

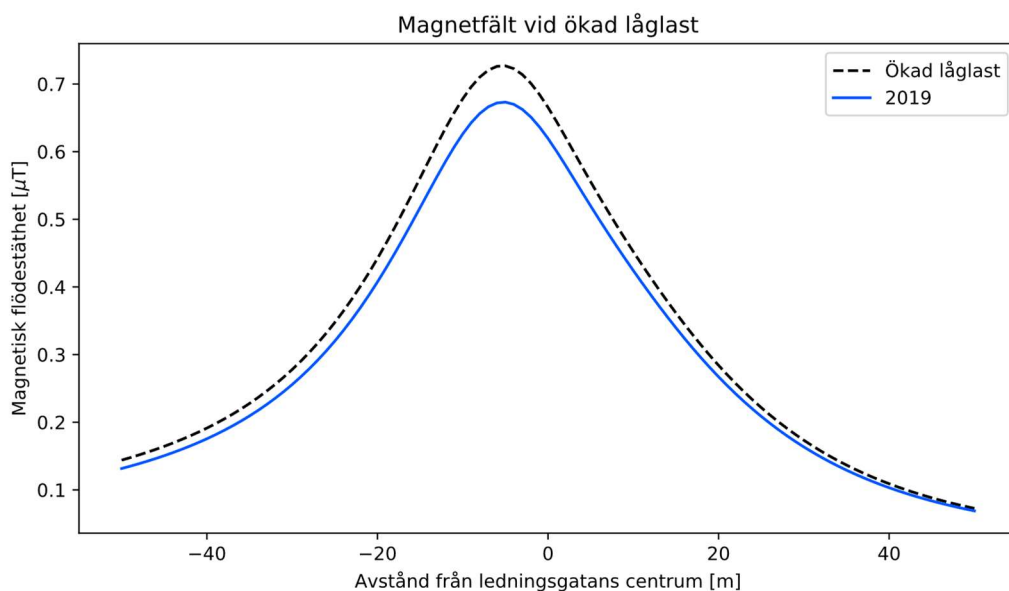


Figur 9: Magnetfält (årsmedelvärde) för ett antal olika faskonfigurationer. Vattenfalls åtgärd ej inkluderad.

7. Magnetfält vid framtida ökad last

Området runt Tollareslingan samt Nacka med omnejd växer som helhet. Lasterna i området kommer sannolikt öka i framtiden. Ökad last innebär ökat magnetfält.

För den här rapportens syften har en nätanalytiker på Vattenfall intervjuats. Det är svårt att sätta om lasterna i reda tal, men sannolikt är det inte topplasterna som kommer öka. Mer sannolikt är att energianvändningen ökar, men med ungefär samma topplaster som i dagsläget. Ökad energianvändning men utan ökade topplaster har i den här studien modellerats som att alla lastvärden under årsmedelvärdet har ökat med 30%.



Figur 10: Magnetfält (årsmedelvärde) vid ökad varaktighet och magnitud låglast/normal

Scenariot ovan ger en tämligen modest ökning av magnetfältet väster om ledningsgatan. Scenariot ovan är ej sanktionerat av Vattenfall utan är grundade på intervjuer – detaljerade lastprognoser finns inte att tillgå.

8. Bibliografi

1. **Strålsäkerhetsmyndigheten.** *Magnetfält och hälsorisker.*
2. **Modric, Vujevic & Lovric.** *3D Computation of Power Lines Magnetic Field.* 2015.
3. **Hamnerius.** *Elektriska och Magnetiska Fält i Byggnader.* 2004.