

RAPPORT

15501241

TRIANGELN, BERGSHAMRA, SOLNA BEDÖMNING AV MAGNETFÄLT



2018-04-20
REV 3 2021-04-07

STENA FASTIGHETER

Jan C Andersson

Ändringsförteckning

| VER. | | | GRANSKAD | GODKÄND |
|------|------------|---|----------|---------|
| 0 | 2018-04-20 | NY RAPPORT | | |
| 1 | 2018-06-04 | SYNPUNKTER FRÅN SOLNA STAD SAMT KOMPLETTERINGAR | | |
| 2 | 2021-03-19 | FÖRÄNDRAD BYGGNADSLAYOUT SAMT TILLKOMMANDE PUMPSTATION | | |
| 3 | 2021-04-07 | KOMMENTARER FRÅN SOLNA STAD | | |

Sammanfattning

För kraftfrekventa magnetfält tolkar Solna stad försiktighetsprincipen så att man rekommenderar att årsmedelvärdet för magnetfältet skall vara $< 0,1 \mu\text{T}$ för nya bostäder.

I denna revidering, revidering 2, har layouten för den planerade bebyggelsen ändrats så att avståndet till närmaste bostadsyta är ca 12 m från närmaste yttervägg på likriktarstationen.

Utredningen baserad på den nya layouten visar att beräknade årsmedelvärden på avståndet 12 m från likriktarstationen kan uppskattas till ca. $0,05 \mu\text{T}$ och ligger därmed betydligt under rekommenderad nivå på $0,1 \mu\text{T}$.

Beräkningarna är ändå utförda med mycket konservativa antaganden om hög framtida tågtäthet. Alla antaganden samverkar så att beräknat årsmedelvärde överskattas.

Även de tillfälliga topparna i samband med tågpassager är låga. Dessa värden kan jämföras med tillfälliga toppar på upp till $17 \mu\text{T}$ som de åkande i tunnelbanan kan utsättas för.

Avståndet till närmaste planerad byggnad är räknat från likriktarstationens närmaste hörn. Stationens båda närmaste sidor är vinklade bort från planerad byggnad.

Likriktartransformatorn, som är den komponent som avger det högsta magnetfältet, kommer att vara placerad i den borte delen av likriktarstationen vilket ger en ytterligare marginal beträffande avstånd. Den slutliga placeringen av likriktarställverket är i nuläget oklar.

Beträffande DC magnetfält (DC = Direct Current, likström, dvs ett statiskt magnetfält med frekvensen ca 0 Hz) finns i dagsläget inga misstankar om hälsoeffekter från svaga DC magnetfält av den styrka som alstras av spårvägstrafik eller tunnelbana. Det finns därför inte några motsvarande försiktighetskrav för DC magnetfält som det finns för lågfrekventa AC magnetfält (Alternating Current, växelström, dvs ett växel magnetfält med huvudfrekvensen 50 Hz).

I relation till det jordmagnetiska fältet som ständigt omger oss på ca $55 \mu\text{T}$ är fältvariationerna på de aktuella avstånden från tunnelbanan mycket låga. DC magnetfält behöver bara analyseras om extremt störningskänslig teknisk utrustning finns inom berörda lokaler, tex sjukhus, laboratorier, etc.

Magnetfältet från elbyggnaden som ligger ca 6 m från den planerade bebyggelsen avger ett magnetfält från främst transformator och lågspänningsställverk som mycket grovt kan uppskattas till ca $0,08 \mu\text{T}$. Detta resulterar i ett årsmedelvärde på ca $0,05 \mu\text{T}$. Det egentliga avståndet till transformator och lågspänningsställverk är ca 9 m eftersom de är placerade mot den borte väggen i byggnaden vilket ger ett årsmedelvärde på ca. $0,02 \mu\text{T}$, dvs ca. en femtedel av $0,1 \mu\text{T}$.

Innehållsförteckning

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Inledning | 1 |
| 2 | Syfte | 1 |
| 3 | Planerad bebyggelse kv Triangeln, Bergshamra | 1 |
| 4 | Allmänt om elektromagnetiska fält | 4 |
| 4.1 | Elektriska fält | 4 |
| 4.2 | Magnetiska fält | 4 |
| 4.3 | Jordmagnetiska fältet | 5 |
| 4.4 | Fältens avståndstagande | 5 |
| 4.5 | Elektriska och magnetiska fält från tunnelbanan | 5 |
| 4.5.1 | Magnetfält från likriktarstation (LS station) | 5 |
| 5 | Hälsoeffekter av statiska och lågfrekventa fält | 6 |
| 5.1 | Försiktighetsprincipen | 6 |
| 5.2 | Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM | 7 |
| 5.2.1 | Rapport 2012:69 Magnetfält i bostäder Ref 3 | 7 |
| 5.2.2 | Rapport 2018:09 Recent Research on EMF and Health Risk Ref 4 | 7 |
| 5.2.3 | Rapport SSMFS 2008:18 Strålsäkerhetsmyndighetens allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält Ref 5 | 8 |
| 5.2.4 | Stockholm stad Ref 2 | 10 |
| 5.2.5 | Solna stad Ref 1 | 12 |
| 6 | Störningar av fält från tunnelbanan på teknisk utrustning | 12 |
| 7 | Uppmätt magnetfält i tunnelbanevagnar i Stockholm Ref 6 | 13 |
| 8 | Magnetfältsmätning | 13 |
| 8.1 | Allmänt | 13 |
| 8.2 | Utförande | 14 |
| 8.3 | Uppskattning av maximalt årsmedelvärde | 17 |
| 8.4 | Resultat mätning 1, vägg mot transformator | 17 |
| 8.5 | Resultat mätning 2, vägg mot likriktarställverk | 19 |
| 9 | Sammanfattning av mätningarna | 21 |
| 10 | Elbyggnad, pumpstation för sjövattnen | 22 |
| 10.1.1 | Elbyggnaden | 22 |
| 10.1.2 | Allmänt om magnetfält från transformatorer och nätstationer | 24 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 11 | Bedömning av påverkan på planerad bebyggelse | 26 |
| 11.1 | Likriktarstation | 26 |
| 11.2 | Elbyggnad, pumpstation för sjövatten | 27 |
| 12 | Slutsats | 28 |
| 13 | Referenser | 29 |

Bilagor

| | |
|----------|---|
| Bilaga 1 | Beräkning av årsmedelvärde av AC magnetfält |
| Bilaga 2 | Kalibreringsintyg för NFA 400 |

1 Inledning

På fastigheten Triangeln 1 finns idag en likriktarstation för matning av tunnelbanan som går ca 15 m under fastigheten.

För kraftfrekventa magnetfält tolkar Solna stad försiktighetsprincipen så att man rekommenderar att årsmedelvärdet för magnetfältet skall vara $< 0,1 \mu\text{T}$ för nya bostäder, ref 1.

Stockholms stad miljöförvaltning, ref 2, rekommenderar att man för nya byggnader på avstånd 10 – 15 m från tunnelbana att en utredning om magnetfältsnivåer och möjligheter att reducera fälten utförs.

I denna revidering, revidering 2, har layouten för den planerade bebyggelsen ändrats så att avståndet till närmaste bostadsyta är ca 12 m från närmaste yttervägg på likriktarstationen.

Förslag till placering av ny bebyggelse enligt denna revidering, revidering 2, framgår av figur 3.1 – 3.3 nedan.

I den föregående revisionen, revidering 1, hamnade den planerade bebyggelsen delvis närmare likriktarstationen än 10 m.

I denna revidering behandlas även magnetfält från en elbyggnad innehållande elutrustning för matning av sjövattpumpar.

2 Syfte

Utredningen avser att med en magnetfältsmätning som grund bedöma magnetfältsnivåer i de delar av den planerade nya bebyggelsen som hamnar närmast den befintliga likriktarstationen.

3 Planerad bebyggelse kv Triangeln, Bergshamra

I denna revidering, revidering 2, har layouten av den planerade bebyggelsen, som består av bostäder, ändrats så att avståndet till likriktarstationen har ökats väsentligt.

Som framgår av figur 3.2 är avståndet till likriktarstationens yttervägg från de två närmaste bostadssytorna på entréplanet ca. 16 m respektive ca 18 m. Närmaste avstånd i figur 3.2 till de ytor som idag betecknas som miljörum respektive BV/permobil är ca 12 m.

På planet över entréplanet finns bostadssytor direkt ovanför miljörum respektive BV/permobil varför avståndet till dessa bostadssytor är ca 12 m. För alla övriga plan är avståndet $> 12\text{m}$.

I figuren har även lagts in en cirkel med radien 10 m för att markera den s.k. säkerhetszonen från närmaste hörn på likriktarstationen.

Likriktarstationens höjdläge i förhållande till den planerade bebyggelsen framgår av figur 3.3.

Stationens väggar är vinklade bort från den planerade bebyggelsen varför avståndet till dessa är längre. Likriktartransformatorn, som är den komponent som ger det högsta magnetfältet, är placerad i den borte delen av byggnaden och är markerad med en röd rektangel i figur 3.2. Den lilla utbyggnaden på stationen är ett kabelschakt med försumbart magnetfält.



Figur 3.1 Planerad bebyggelse i kv Triangeln

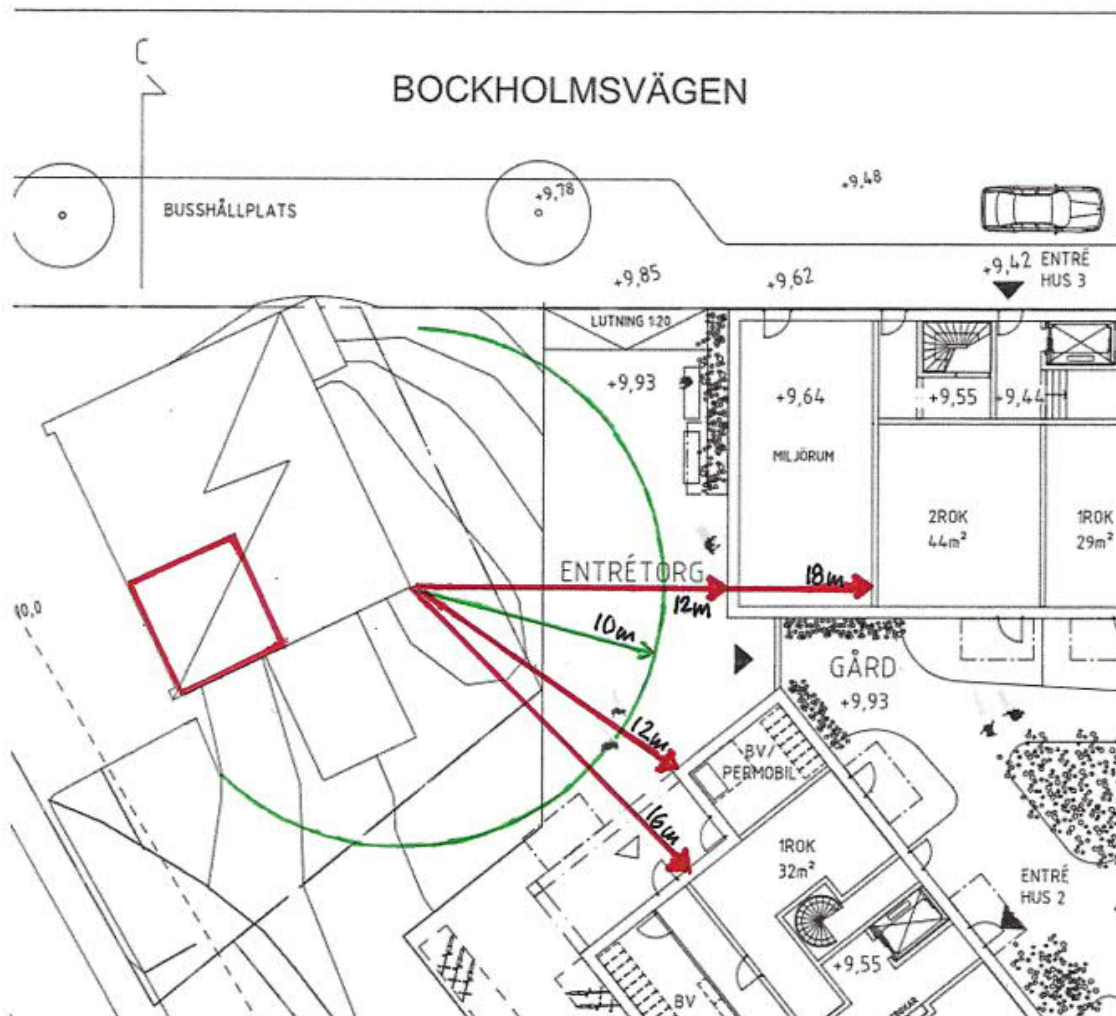
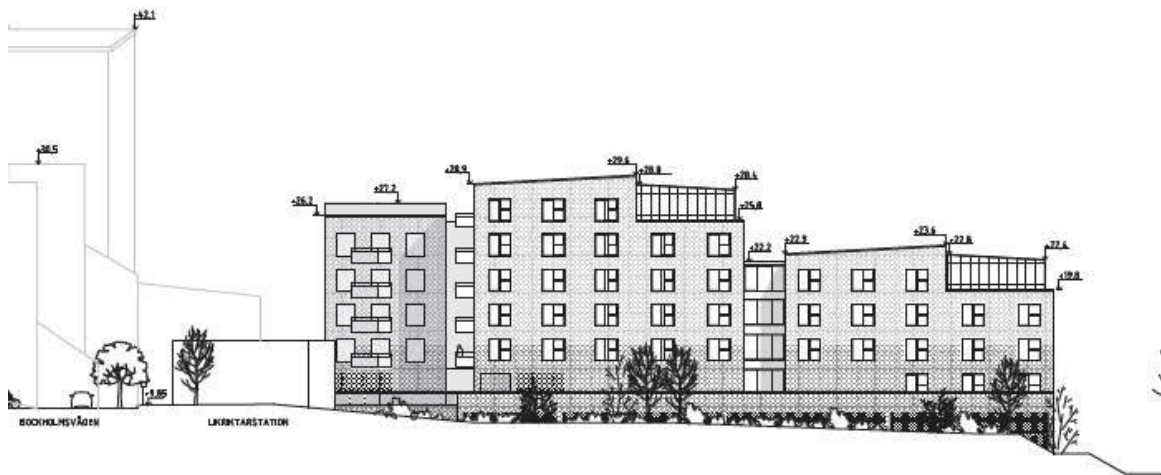


Fig. 3.2 Entréplan. Närmaste bostadsytor, byggnadsytor och 10 m säkerhetszon räknade från likriktarstationens närmaste hörn. Den röda rektangeln visar placeringen av likriktartransformatorn.



Figur 3.3 Likriktarstationens läge i höjdded i förhållande till planerad bebyggelse

4 Allmänt om elektromagnetiska fält

Elektromagnetiska fält består av elektriska och magnetiska fält. På långt avstånd från källan uppstår en elektromagnetisk våg med vinkelrät elektrisk och magnetisk fältkomponent. I detta fall är avståndet till källan kort (mindre än en våglängd), varför vi behandlar den elektriska respektive magnetiska fältstyrkan var för sig i stället för det elektromagnetiska fältets styrka.

4.1 Elektriska fält

Elektriska fält alstras av spänningar. Den elektriska fältstyrkan är lika med spänningsskillnaden delat med avståndet mellan två föremål. Det elektriska fältet anges i Volt/meter, V/m.

Likström, tex tunnelbanan, ger elektrostatiska fält.

Växelspänning ger elektriska växelfält.

Normala byggnadsmaterial som trä, betong och tegel skärmar det elektriska fältet.

4.2 Magnetiska fält

Magnetiska fält alstras av strömmar. En ledare med strömmen 1 A ger en magnetisk flödestäthet på $1\mu\text{T}$ (mikroTesla) på avståndet 1 m.

Likström, tex tunnelbanan, ger statiskt magnetfält.

Magnetfält från likström kallas även DC magnetfält (DC = Direct Current, likström, dvs ett statiskt magnetfält med frekvensen ca 0 Hz)

Växelström ger magnetiska växelfält och kallas även AC magnetfält (Alternating Current, växelström, dvs ett växel-magnetfält med huvudfrekvensen 50 Hz).

Det magnetiska fältet skärmas ej av normala byggnadsmaterial som trä, betong och tegel.

4.3 Jordmagnetiska fältet

Det jordmagnetiska fältet som ständigt omger oss är ett statiskt magnetfält på ca 50 μ T Stockholmsområdet.

4.4 Fältens avståndstagande

Både de elektriska och magnetiska fälten avtar med avståndet från källan. För de magnetiska fälten gäller:

- Fältet från en oändligt lång rak enkelledare avtar linjärt med avståndet, $(1/r)$.
- Fältet från en tvåledare, tex tunnelbanan, avtar kvadratisk med avståndet, $1/r^2$.
- Fältet från en punktkälla, tex transformator eller motor, avtar kubiskt med avståndet, $(1/r^3)$.

4.5 Elektriska och magnetiska fält från tunnelbanan

Tunnelbanan drivs med likström med den nominella spänningen 750 V DC. Strömmen går från strömskenan som ligger vid sidan av spåret genom vagnens strömavtagare till motorerna och återmatas därefter via hjulen ut i rälen. Strömskenan och rälen utgör de två ledare som alstrar magnetfältet. Magnetfältet är i princip statiskt men varierar med strömpådraget och bör därför bättre kallas för DC magnetfält. Magnetfält finns så länge det finns ett tåg som drar ström i strömskenesektionen, dvs. inte enbart när ett tåg passerar. Maximalt magnetfält erhålls främst vid start men även vid inbromsning. Magnetfältet innebär snabba och transienta förändringar i det konstanta jordmagnetiska fältet.

Det elektriska fältet kommer från strömskenan som har spänningen 750 V DC.

4.5.1 Magnetfält från likriktarstation (LS station)

Tunnelbanan matas från likriktarstationer. Dessa består av

- 33 kV ställverk
Ger relativt lågt AC magnetfält pga låga strömmar
- Likriktartransformator 33/ 0,52 kV, ca 5 MVA
Ger ett högt intermittert AC magnetfält pga höga kortvariga belastningsströmmar pga tågstarter och tågpassager. Själva transformatorn är en punktkälla varför fältet teoretiskt avtar med kubiken på avståndet.

Kabelanslutningarna på transformatorns lågspänningssida avger ett fält som teoretiskt avtar med kvadraten på avståndet.

Likriktartransformatorn är den komponent som avger det högsta magnetfältet.

- Likriktarställverk 750 V DC
De fack i ställverket som matas direkt från transformatorn med växelspanning, dvs före likriktarna, ger högt intermitterent AC magnetfält pga höga kortvariga belastningsströmmar pga tågstarter och tågpassager.
Övriga fack i ställverket ger DC magnetfält beroende på kortvariga belastningsströmmar på maximalt 6000 A.
- Kabelförband från likriktarställverk till strömskenan
Ger intermittenta förändringar i DC magnetfält som ovan.
- Stationstransformator för allmän kraft och belysning
Transformatorn har en låg märkeffekt, normalt ca 500 kVA, och ger därmed upphov till ett lågt AC magnetfält som är försumbart på 5 m avstånd.

5 Hälsoeffekter av statiska och lågfrekventa fält

5.1 Försiktighetsprincipen

Redan år 1996 beslutade Arbetsmiljöverket, Socialstyrelsen, Statens strålskyddsinstitut, Elsäkerhetsverket och Boverket att en försiktighetsprincip ska gälla för lågfrekventa och magnetiska fält.

I försiktighetsprincipen nämns ingen explicit magnetfältsnivå. Man skriver "Myndigheterna rekommenderar gemensamt följande försiktighetsprincip:

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. När det gäller nya elanläggningar bör man redan vid planeringen sträva efter att utforma och placera dessa så att exponeringen begränsas.

Det övergripande syftet med försiktighetsprincipen är att på sikt reducera exponeringen för magnetfält i vår omgivning för att minska risken att människor eventuellt kan skadas.

År 2009 gav 5 myndigheter ut broschyren "Magnetfält och hälsorisker" som beskriver magnetfält och hälsorisker samt vad myndigheterna gör.

5.2 Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM

5.2.1 Rapport 2012:69 Magnetfält i bostäder Ref 3

Abstrakt

Studien har gjorts inom ramen för myndighetens miljöövervakningsprogram på området elektromagnetiska fält. Syftet med studien var att uppskatta magnetfältsnivåer i svenska bostäder. Lågfrekventa magnetfält från bland annat järnväg, kraftledningar, transformatorstationer, hushållsapparater och vagabonderande strömmar mättes i 193 bostäder i Stockholms och Västra Götalands län. Mätningarna genomfördes under hösten 2010 och våren 2011.

Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer utifrån resultaten att magnetfält upp till 200 nT (0,2 μ T) i årsmedelvärde är att betrakta som normala för boendemiljö och att årsmedelvärden över 2000 nT (2 μ T) kan anses vara kraftigt förhöjda. Dessa slutsatser har dock ingen koppling till eventuella hälsorisker utan är ett rent konstaterande utifrån de uppmätta magnetfältsnivåerna.

Resultaten ligger i linje med liknande mätningar som gjordes år 1994. Det indikerar att magnetfältsnivåerna i svenska bostäder generellt bara har förändrats obetydligt under åren 1994-2011. Underlaget är dock begränsat vilket gör att resultaten ska tolkas med försiktighet. Resultaten kan användas som vägledning vid utformningen av försiktighetsstrategier avseende allmänhetens exponering för lågfrekventa magnetfält i bostäder.

5.2.2 Rapport 2018:09 Recent Research on EMF and Health Risk Ref 4

Sammanfattning

I rapporten granskas studier av elektromagnetiska fält och hälsorisker, publicerade från oktober 2015 till och med mars 2017. Det är den tolfte i en serie årliga vetenskapliga granskningar som fortlöpande diskuterar och utvärderar relevanta nya data och värderar dessa i förhållande till redan tillgänglig information. Resultatet blir en kontinuerligt utvecklad uppskattning av hälsorisker från exponering för elektromagnetiska fält.


Lågfrekventa fält

Allmänheten exponeras för lågfrekventa (ELF) fält, upp till 300 Hz, i första hand från kraftledningar med frekvenserna 50 och 60 Hz och från elektriska installationer och apparater i byggnader. När det gäller sambandet mellan exponering för lågfrekventa magnetfält och utvecklingen av barnleukemi visar de senaste studierna inte samstämmigt på samband. Inga nya undersökningsmetoder har emellertid använts i dessa nya studier och de har därför samma begränsningar som tidigare forskning. Därför gäller fortfarande slutsatsen från Rådets tidigare rapporter: I epidemiologiska studier har samband observerats men orsaken till detta har inte kunnat fastställas.

5.2.3 Rapport SSMFS 2008:18 Strålsäkerhetsmyndighetens allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält Ref 5

Strålsäkerhetsmyndighetens författningssamling

ISSN 2000-0987
Utgivare: Johan Strandman



Swedish Radiation Safety Authority

Strålsäkerhetsmyndighetens allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält;¹

beslutade den 19 december 2008.

Strålsäkerhetsmyndigheten beslutar följande allmänna råd.

1. Tillämpningsområde

1.1 Syftet med dessa allmänna råd är att skydda individer ur allmänheten från akuta skadliga biologiska effekter vid exponering för elektromagnetiska fält i frekvensområdet 0 Hz - 300 GHz.

De allmänna råden bygger på rekommendationer från Europeiska unionens råd². Råden avses vara vägledande vid tillämpningen av 6 § strålskyddslagen (1988:220).

1.2 I de allmänna råden ges grundläggande begränsningar samt referensvärden.

De grundläggande begränsningarna säkerställer att elektriska eller magnetiska fenomen som kan uppträda i kroppen inte stör funktioner i nervsystemet eller ger upphov till skadlig värmeutveckling. Referensvärdena utgörs av storheter som är mätbara utanför människokroppen. De är härledda ur de grundläggande begränsningarna och säkerställer att de grundläggande begränsningarna inte överskrids.

Om uppmätta värden överstiger referensvärdena, innebär detta inte nödvändigtvis att de grundläggande begränsningarna överskrids. I sådana fall gäller enligt dessa allmänna råd de grundläggande begränsningarna.

De grundläggande begränsningarna är, enligt internationella rekommendationer, satta vid ungefär två procent av de nivåer vid vilka akuta biologiska effekter är vetenskapligt säkerställda.

SSMFS 2008:18

Utkom från trycket
den 30 januari 2009

1.3 Dessa allmänna råd omfattar områden där allmänheten kan vistas under sådana tider att begränsningarna är av betydelse.

1.4 Referensvärdena garanterar inte att medicinteknisk utrustning såsom proteser av metall, pacemaker eller andra implantat inte påverkas eller drabbas av funktionsstörningar. Sådana frågor behandlas i bestämmelser om elektromagnetisk kompatibilitet och medicintekniska produkter.

1.5 Dessa allmänna råd tillämpas inte på arbetstagare som i sin yrkesverksamhet exponeras för elektromagnetiska fält. För exponering av sådana arbetstagare gäller föreskrifter från Arbetsmiljöverket.

Statiska elektriska fält (DC)

SSM:s rekommendationer som skall skydda mot akuta hälsorisker för allmänheten anger referensvärdet 10 000 V/m för frekvenser i intervallet 1 – 8 Hz men anger inget referensvärde för frekvenser under 1 Hz.

Elektriska växelfält (AC)

SSM:s rekommendationer som skall skydda mot akuta hälsorisker för allmänheten anger referensvärdet 5 000 V/m vid frekvensen 50 Hz.

Statiska magnetfält (DC)

SSM:s rekommendationer som skall skydda mot akuta hälsorisker för allmänheten anger referensvärdet 40 000 μ T för frekvenser under 1 Hz.

Lågfrekventa (kraftfrekventa) magnetfält (AC)

SSM:s rekommendationer som skall skydda mot akuta hälsorisker för allmänheten anger referensvärdet 100 μ T vid frekvensen 50 Hz.

5.2.4 Stockholm stad Ref 2

Nedanstående textavsnitt angående magnetfält är hämtade från av Stockholms stad utgiven "Hjälprepa för miljöfrågor i stadsplaneringen i Stockholms stad", 2017-06-01 ref 2.

Bedömningsgrunder för elektriska och magnetiska fält

Planrelaterade

- När det gäller nya elanläggningar och byggnader bör man vid planeringen eftersträva en utformning och placering som begränsar exponeringen för elektromagnetiska fält. Som försiktighetsprincip rekommenderar miljöförvaltningen att nya byggnader där människor vistas mer än tillfälligt inte bör byggas där 0,4 µT (årsmedelvärde) överskrids (med stöd av Socialstyrelsens meddelandeblad juni 2005).
- Om åtgärder, som generellt minskar exponeringen, kan vidtas till rimliga kostnader och konsekvenser bör man sträva efter att reducera fält som avviker från vad som kan anses normalt i den aktuella miljön. När det gäller nya elanläggningar och byggnader bör man redan vid planeringen sträva efter att utforma och placera dessa så att exponeringen begränsas, särskilt när det gäller skolor, daghem och bostäder. (Myndigheternas försiktighetsprincip)
- Skyddsavståndet till den vanligaste typen av transformatorstationer bör vara minst fem meter till platser där människor vistas stadigvarande. Skyddszonen gäller såväl horisontal som vertikalplan och räknas från transformatorstationens lågspänningsdel. Skyddszonen kan minskas om magnetfältsbegränsande åtgärder vidtas. Nödvändigt skyddsavstånd bör i så fall bedömas från fall till fall.

Fig. 5.1 Textavsnitt från Hjälprepa för miljöfrågor i stadsplaneringen i Stockholms stad", 2017-06-01 ref 2.

Rekommendationer ”Magnetfält och hälsorisker 2009” (Socialstyrelsen, Boverket, Elsäkerhetsverket, Arbetsmiljöverket och Strålsäkerhetsmyndigheten):

- Sträva efter att utforma eller placera nya kraftledningar och andra elektriska anläggningar så att exponering för magnetfält begränsas.
- Undvik att placera nya bostäder, skolor, och förskolor nära elanläggningar som ger förhöjda magnetfält.
- Sträva efter att begränsa fält som starkt avviker från vad som kan anses normalt i hem, skolor, förskolor respektive arbetsmiljöer.

Försiktighetsstrategi 2016 (Strålsäkerhetsmyndigheten):

- Magnetfält som är kraftigt förhöjda bör reduceras i miljöer där barn vistas varaktigt om det kan genomföras till rimliga kostnader och med försumbara konsekvenser. I vanlig boendemiljö är magnetfältsnivåer över 2 μT i årsmedelvärde att betrakta som kraftigt förhöjda.
- För nya elektriska anläggningar bör man redan vid planeringen beakta teknikval och placering för att sträva mot att barn inte exponeras för förhöjda magnetfältsnivåer om det kan genomföras till låga kostnader och med försumbara konsekvenser. Detsamma gäller vid utformning och uppförande av nya byggnader i närheten av befintliga elektriska anläggningar. I vanlig boendemiljö är magnetfältsnivåer upp till 0,2 μT i årsmedelvärde att betrakta som normala.

Försiktighetsprincipen:

Ellagstiftningen liksom miljöbalkens regler om försiktighet är tillämpliga på denna typ av exponeringar. Det innebär att risker för människors hälsa ska undvikas så långt som det kan anses ekonomiskt rimligt. Försiktighetsprincipen innebär att de möjligheter som finns att minska magnetfältsexponeringen, till rimliga kostnader och konsekvenser i övrigt, ska beaktas i all samhällsplanering och byggande.

Fig. 5.2 Textavsnitt från Hjälpreda för miljöfrågor i stadsplaneringen i Stockholms stad”, 2017-06-01 ref 2.

Beträffande magnetfält från spårtrafik anges följande

Det är svårt att ange generella skyddsavstånd som kan tillämpas mellan kontaktledning från tåg/tunnelbana och bostäder. Vid avståndet 20 meter är magnetfältet oftast mindre än 0,4 μT , men kan under några sekunder vid tågpassage uppgå till cirka 0,5 μT . Miljöförvaltningens bedömning är att kortvariga överskridanden av 0,4 μT vid tågpassager kan accepteras även vid nybyggnad av bostäder. Men då bör 0,5 μT inte överskridas som maximalvärde i bostadsrum. Det senare främst föranlett av risken för störningar på elektrisk utrustning, men även som ett uttryck för försiktighetsprincipen. Det är mycket ovanligt med magnetfältsnivåer från spårtrafik som ger upphov till så höga nivåer att medelvärdesexponeringen över dygnet i bostadsrum överstiger 0,4 μT . Vid nybyggnad och i samband med överdäckning finns möjlighet att reducera magnetfältet från spårtrafiken.

Fig. 5.3 Textavsnitt från Hjälpreda för miljöfrågor i stadsplaneringen i Stockholms stad”, 2017-06-01 ref 2.

5.2.5 Solna stad Ref 1

Enligt Solna stads dokument "På väg mot ett hållbart Solna" använder man 0,1 μT årsmedelvärde som riktvärde för nya bostäder. Se kopia nedan

Strålning

- Vid byggande av nya bostäder, skolor och förskolor eftersträvas ett riktvärde på 0,1 μT vad gäller elektromagnetiska strålning från kraftledningar eller liknande. Strålningen understiger 0,4 μT vid nybyggnation intill kraftledningar.

Fig 5.4 Textavsnitt från "På väg mot ett hållbart Solna", september 2019, sid 6

6 Störningar av fält från tunnelbanan på teknisk utrustning

De altrade DC elektriska fälten innebär sällan något problem. Elektriska fältstyrkor av samma storleksordning existerar naturligt i luft beroende på väderfenomen. Vid dålig kontakt mellan strömskena och strömvtagare uppstår gnisturladdningar. Dessa kan orsaka ljusfenomen och radiostörningar. Dessa störningar ligger dock under EU:s EMC gränsvärden och är därmed hanterade

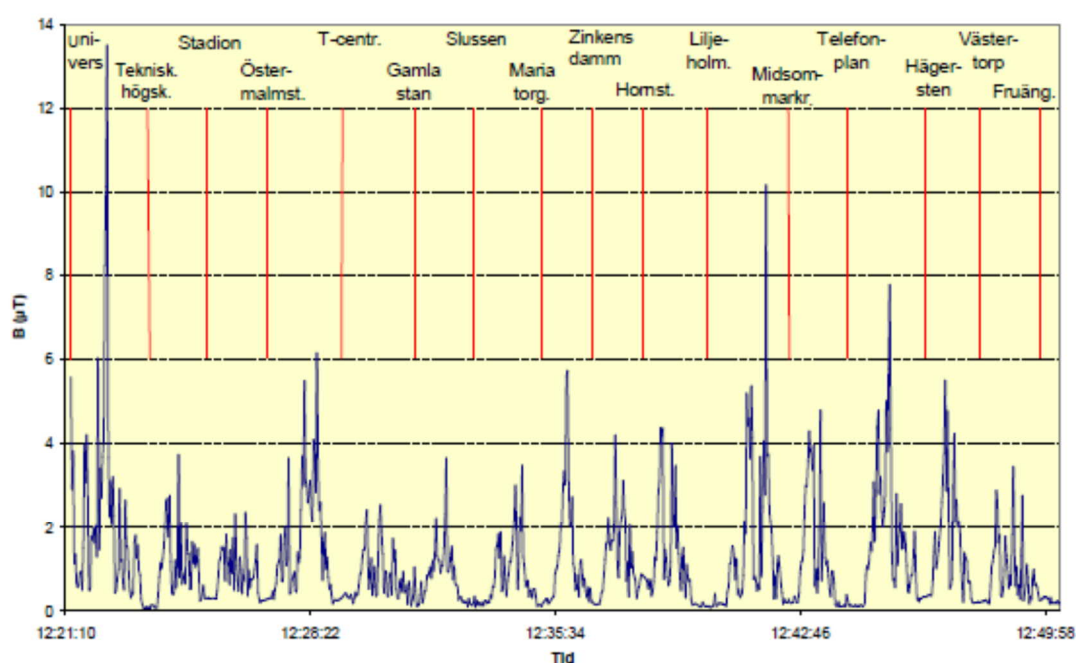
DC magnetfälten kan störa teknisk apparatur med fria elektronstrålar t.ex. magnetresonanskameror, elektronmikroskop och elektronstrålelitografer som finns inom sjukvård, forskning och industri. Även den gamla typen av bildskärmar och TV apparater med katodstrålerör kan störas. Undersökningar har visat att bildstörningar börjar uppstå vid ca 0,5 μT . Detta gäller både för växelfält och för variationer i DC magnetfält. Platta skärmar påverkas inte.

7 Uppmätt magnetfält i tunnelbanevagnar i Stockholm Ref 6

I SSM rapport, ref 6, presenteras mätningar utförda under färd i tunnelbanevagnar i Stockholms tunnelbana. Mätningarna omfattar endast magnetiskt växelfält i frekvensområdet 5 – 2000 Hz.

I C20 vagnarna varierade medelvärden mellan ca 0,5 och 2,1 μT . Maxvärden vid enstaka tillfällen upp mot 17 μT .

Figur 7.4 nedan visar en mätning under färd mellan Universitet och Fruängen och passage av station Telefonplan.



Figur 5.64: Magnetfält i tunnelbanetåg av C20-typ mellan Universitetet och Fruängen, 2008-01-06, mätt med MFM3000-instrument och 2s samplingsperiod.

Fig. 7.1 Resultat från mätning av AC magnetfält i C20 vagn från, ref 6

8 Magnetfältsmätning

8.1 Allmänt

| | |
|-----------|---|
| Datum | 2018-04-12 |
| Plats | Likrikarstation Enskede Gård, Bägerstavägen |
| Deltagare | Jan Andersson, Sweco Hans Larsén, Bihal AB |

| | |
|--------------------|--|
| Mätinstrument | |
| - Loggning | Gigahertz Solutions NFA 400, AC och DC |
| - Manuell kontroll | Enviromentor |

8.2 Utförande

Likriktarstation Ls 277 Ålkistan togs ur drift i november 2017 för en total ombyggnad och uppgradering till dagens standard. Den beräknas vara i drift igen i november 2018.

Mätning utfördes i stället på en nybyggd likriktarstation, Ls Enskede Gård, med samma specifikation, bl.a. en 5 MVA torrisolerad transformator, som Ls Ålkistan kommer att ha efter ombyggnad.

Likriktarstationen har beteckningen Ls ENG 104 och är belägen vid Bägerstavägen enligt kartbild nedan.

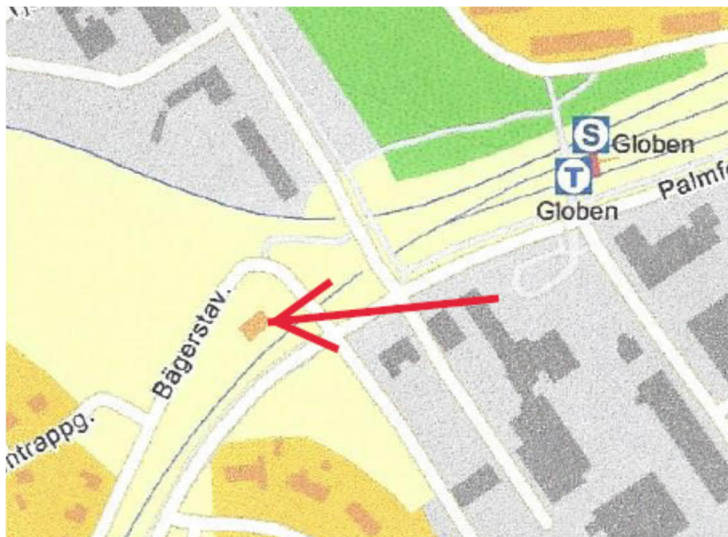


Fig. 8.1 Placering av likriktarstation Enskede Gård

Mätningen inleddes med att kontrollera magnetfältet runt stationen för att se var magnetfältet var kraftigast för att där utföra loggning. Högsta värden noterades vid vägg utanför transformator och därefter vid vägg utanför 750 V DC ställverksrummet.

Vid ett besök inuti stationen noteras följande värden på AC magnetfält

- Ca 1,5 m från likriktartransformator var maxvärden vid tågpassage ca 26 μ T
- Ca 1,5 m framför likriktarställverkets AC fack var maxvärden vid tågpassage ca 13 μ T

Stationens fasad, väggen mot ställverket, utgör gräns mot spårområdet med kraftigt sluttande mark ner mot spårområdet vilket omöjliggjorde en lämplig placering av mätutrustningen utanför denna vägg. Mätningen utfördes i stället på den andra sidan av spårområdet intill stängslet vid Palmfeltsvägen på ett avstånd av ca 16,5 m från väggen.

Detta resulterade i följande mätpunkter

- Mätpunkt 1 5 m från fasad utanför likriktartransformator
- Mätpunkt 2 16,5 m från fasad utanför likriktarställverket.



Fig. 8.2 Mätpunkt 1



Fig 8.3 Gräns mot spårområdet med sluttande mark ner mot spåren



Fig. 8.4 Mätpunkt 2

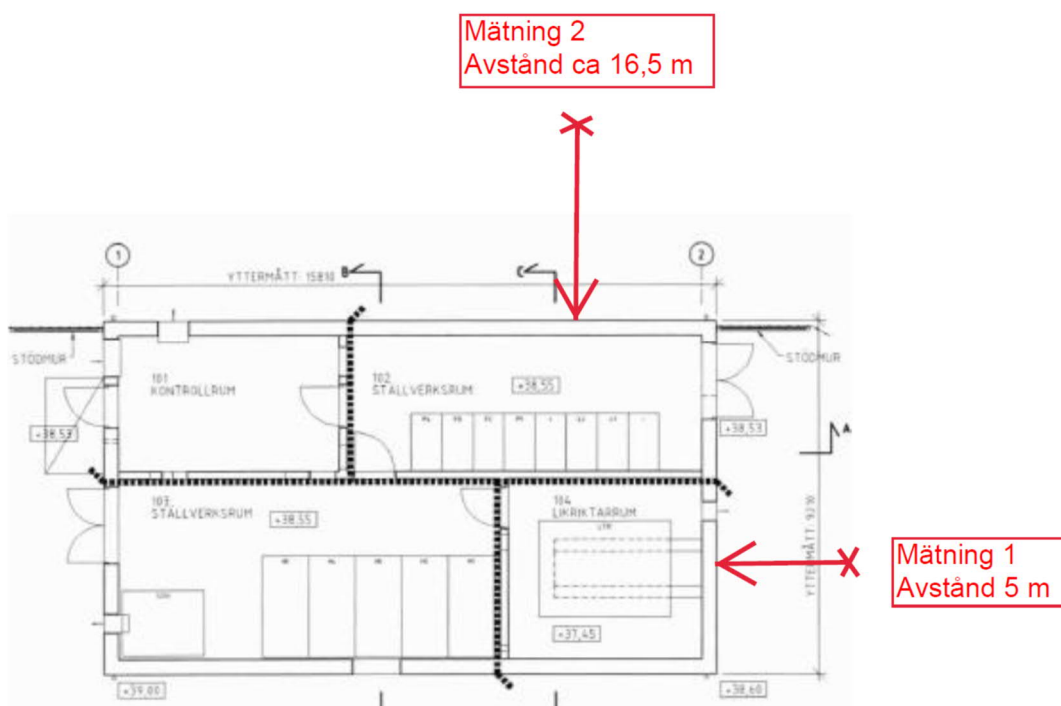


Fig. 8.5 Mätpunkt 1 och 2 i förhållande till layout för Ls Enskede Gård

8.3 Uppskattning av maximalt årsmedelvärde

Vid mätillfället var det som framgår av resultatkurvan lågtrafik. Följande antaganden om tågtäthet avser ett eventuellt framtida läge med maximal tågtäthet.

Antaganden

- Högtrafik 3 timmar morgon och kväll samt ingen trafik 4 timmar nattetid.
- Högtrafik
Samtliga toppvärden vid tågpassage är $1,35 \mu\text{T}$ = uppmätt maxvärde och med en varaktighet på 10 sek. Tågtätheten är ett tåg var 3:e minut dvs. 20 tåg per timme.
- Lågtrafik
Samtliga toppvärden vid tågpassage är $1,35 \mu\text{T}$ = uppmätt maxvärde och med en varaktighet på 10 sek. Tågtätheten är ett tåg var 10:e minut dvs. 6 tåg per timme.
- Tiden mellan tågpassager
Medelvärdet för dessa perioder $0,29 \mu\text{T}$ vilket är uppmät medelvärde som även inkluderar toppvärden vid tågpassager, dvs. en uppskattning i överkant.
- Beräkning görs för ett dygn. Antag att alla dygn är lika.
- Årsmedelvärdet är lika som dygnsmedelvärdet.

Beräkningar av årsmedelvärden se bilaga 1.

8.4 Resultat mätning 1, vägg mot transformator

Start loggning 2018-04-12 kl ca 13:45
Stopp loggning 2018-04-12 kl ca 14:05

AC magnetfält

Avstånd 5 m från vägg mot likriktartransformator

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| • Maxvärde totalt AC fält | 1,350 μT |
| Minvärde totalt AC fält | 0,149 μT |
| Medelvärde totalt AC fält | 0,287 μT |
| Årsmedelvärde | 0,267 μT |

Omräkning till 10 m avstånd (kvadratisk avtagande med avståndet)

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| • Maxvärde totalt AC fält | 0,338 μT |
| Minvärde totalt AC fält | 0,037 μT |
| Medelvärde totalt AC fält | 0,072 μT |
| Årsmedelvärde | 0,067 μT |

Omräkning till 12 m avstånd (kvadratisk avtagande med avståndet)

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| • Maxvärde totalt AC fält | 0,234 μT |
| Minvärde totalt AC fält | 0,026 μT |

| | |
|---------------------------|---------------|
| Medelvärde totalt AC fält | 0,050 μ T |
| Årsmedelvärde | 0,046 μ T |

Omräkning till 16 m avstånd (kvadratisk avtagande med avståndet)

- | | |
|---------------------------|---------------|
| Maxvärde totalt AC fält | 0,132 μ T |
| Minvärde totalt AC fält | 0,015 μ T |
| Medelvärde totalt AC fält | 0,028 μ T |
| Årsmedelvärde | 0,026 μ T |

DC magnetfält

Avstånd 5 m från vägg mot likriktartransformator

För totalt DC magnetfält är förändringarna från det jordmagnetiska fältet på ca 55 μ T ca 10 μ T. De förhöjda mätvärdena i början på mätningen berodde på att mätsonden flyttas något.

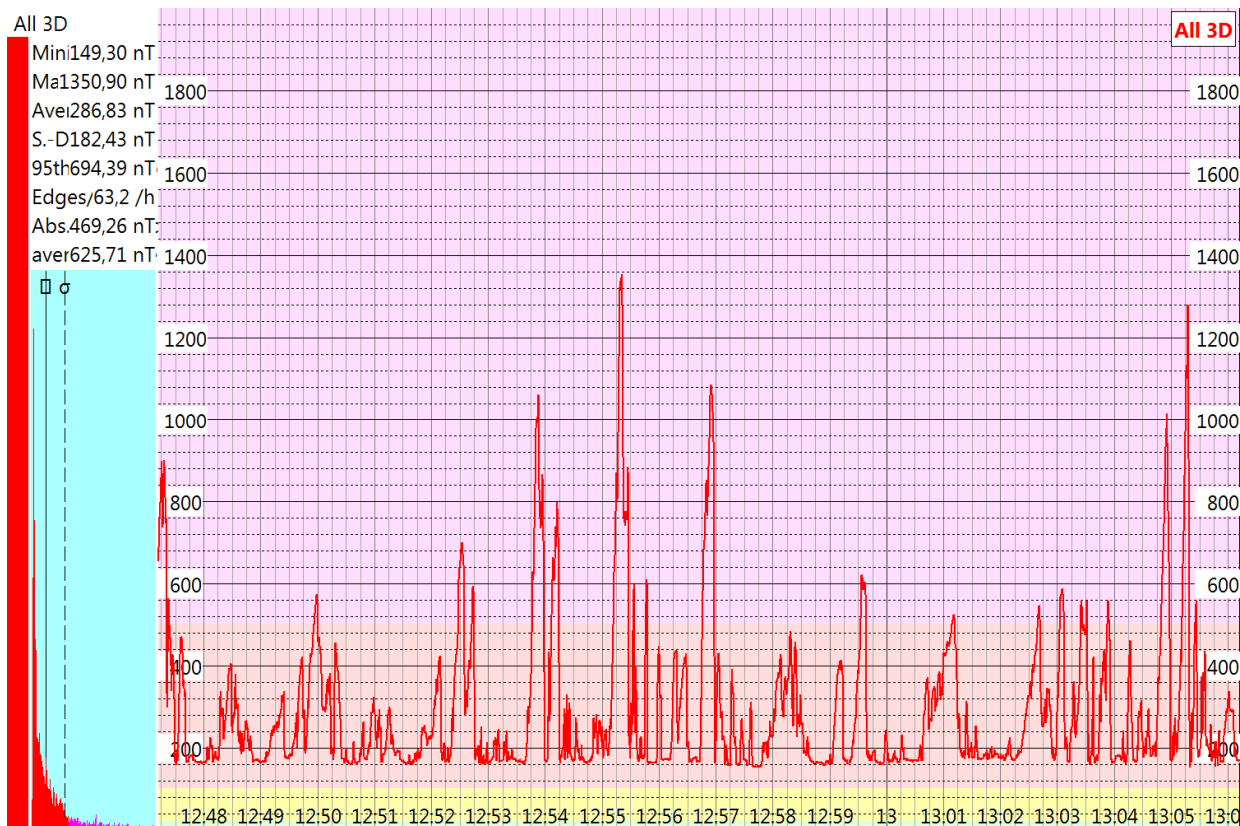


Fig. 8.6 Mätning 1 Totalt AC fält

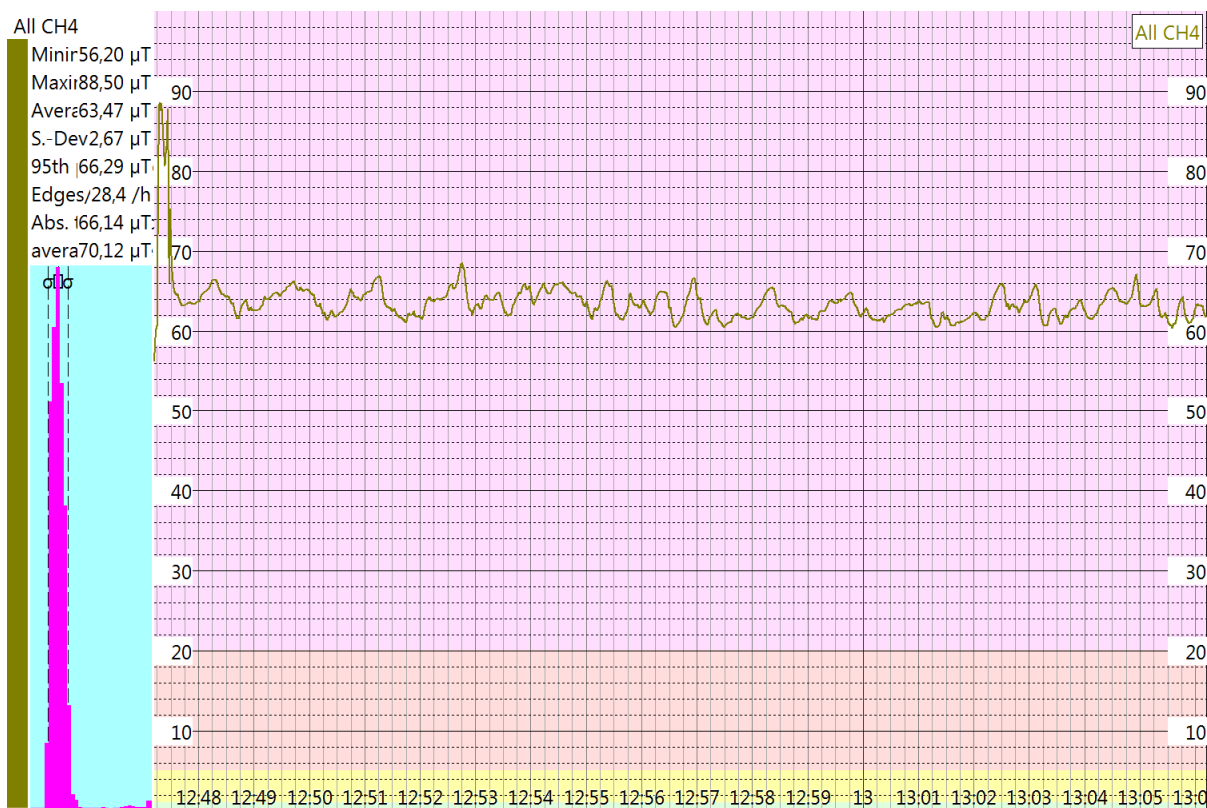


Fig. 8.7 Mätning 1 Totalt DC fält

8.5 Resultat mätning 2, vägg mot likriktarställverk

Start loggning 2018-04-12 kl ca 14:10

Stopp loggning 2018-04-12 kl ca 14:40

AC magnetfält

Avstånd 16,5 m från vägg mot likriktarställverk

- Maxvärde totalt AC fält 0,099 µT
- Minvärde totalt AC fält 0,013 µT
- Medelvärde totalt AC fält 0,030 µT
- Årsmedelvärde AC fält 0,027 µT

Omräknat till 10 m avstånd (kvadratisk avtagande med avståndet)

- Maxvärde totalt AC fält 0,270 µT
- Minvärde totalt AC fält 0,035 µT
- Medelvärde totalt AC fält 0,082 µT
- Årsmedelvärde AC fält 0,074 µT

Omräkning till 12 m avstånd (kvadratisk avtagande med avståndet)

- Maxvärde totalt AC fält 0,187 μ T
- Minvärde totalt AC fält 0,025 μ T
- Medelvärde totalt AC fält 0,057 μ T
- Årsmedelvärde 0,051 μ T

Omräknat till 16 m avstånd (kvadratisk avtagande med avståndet)

- Maxvärde totalt AC fält 0,105 μ T
- Minvärde totalt AC fält 0,014 μ T
- Medelvärde totalt AC fält 0,032 μ T
- Årsmedelvärde AC fält 0,029 μ T

DC magnetfält

Avstånd 16,5 m från vägg mot likriktarställverk.

Mätningen utfördes med båda spårens strömskenor mellan mätinstrument och stationens vägg varför DC fältet från strömskenorna är det dominerande bidraget.

För totalt DC magnetfält är förändringarna från det jordmagnetiska fältet på ca 55 μ T ca 25 - 30 μ T.

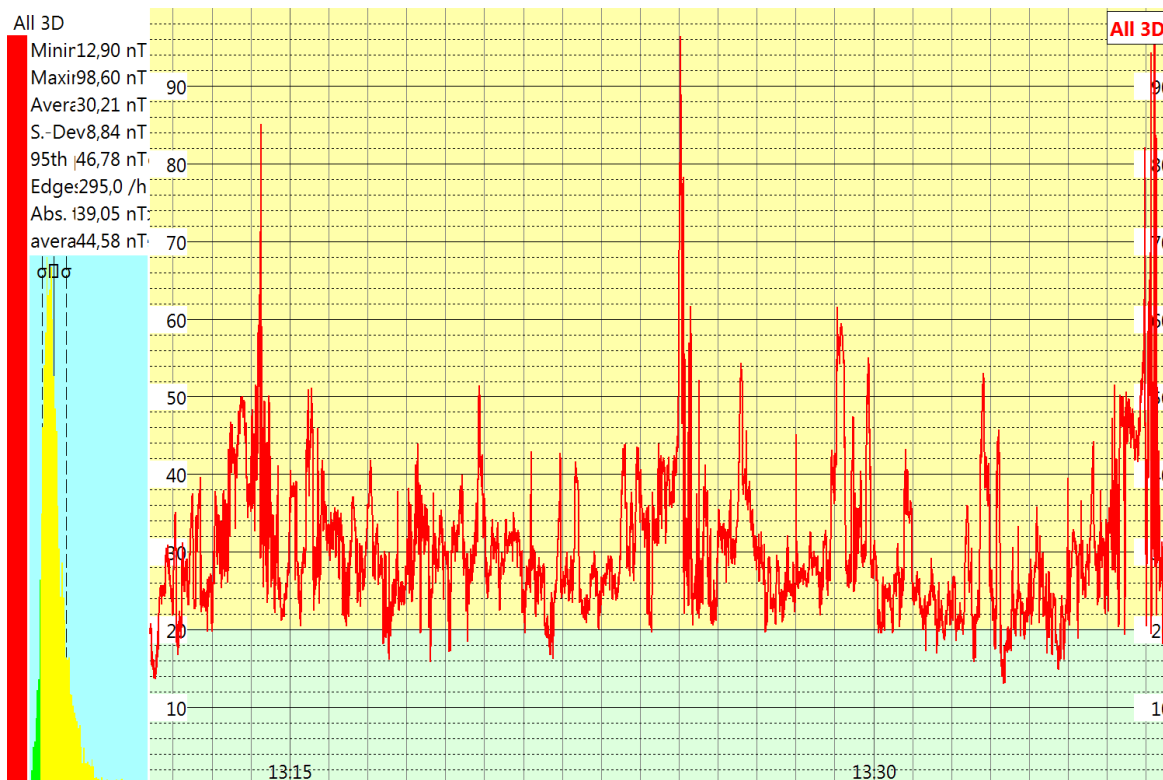


Fig. 8.8 Mätning 1 Totalt AC fält

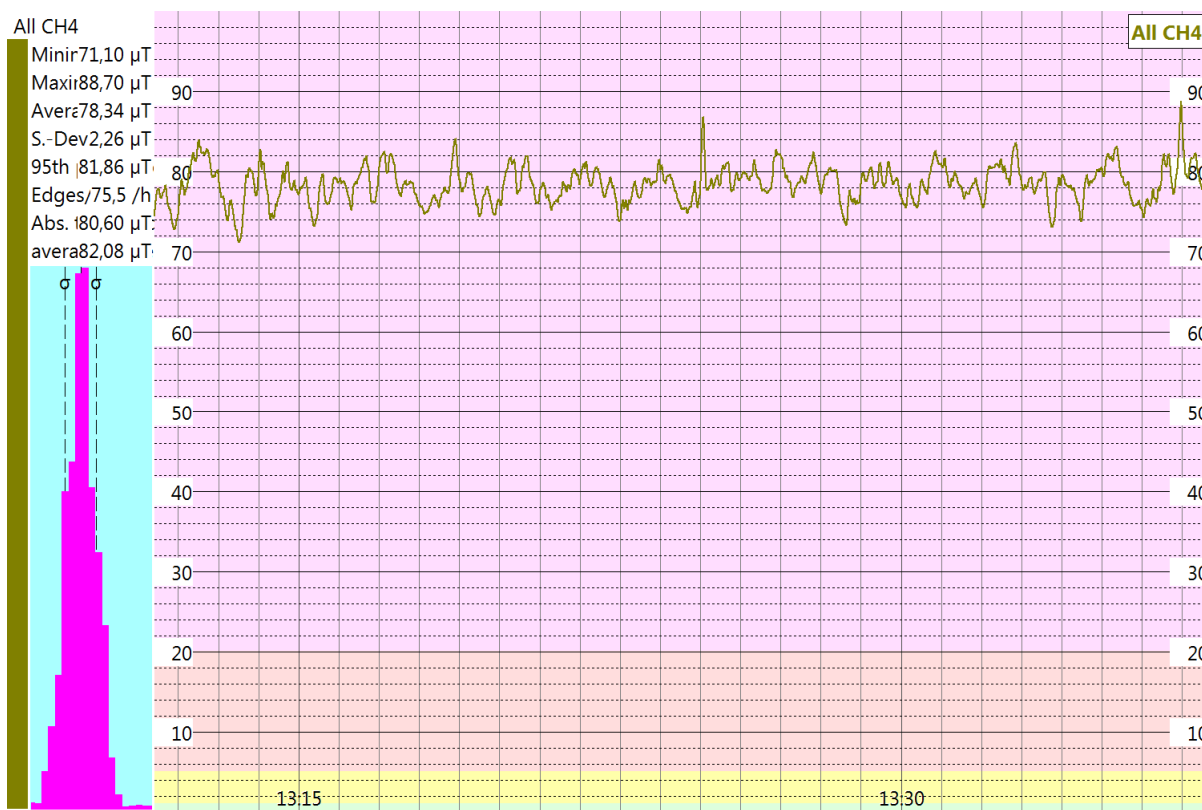


Fig. 8.9 Mätning 1 Totalt DC fält

9 Sammanfattning av mätningarna

| Mätning mot vägg till likriktartransformator | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Mätvärde | Omräknat | Omräknat | Omräknat |
| Avstånd | 5 m | 10 m | 12 m | 16 m |
| Max värde vid tågpassage | 1,35 µT | 0,34 µT | 0,23 µT | 0,13 µT |
| Medelvärde | 0,29 µT | 0,07 µT | 0,05 µT | 0,03 µT |
| Beräknat årsmedelvärde | 0,27 µT | 0,07 µT | 0,05 µT | 0,03 µT |

Tabell 9.1

Omräkning av mätvärden till andra avstånd har gjorts som mätvärde kvadratisk avtagande mot avståndet.

| Mätning mot vägg till likriktarställverk | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------------------|-------------------------|
| | Omräknat | Omräknat | Omräknat | Mätvärde |
| Avstånd | 10 m | 12 m | 16 m | 16,5 m |
| Max värde | 0,27 μ T | 0,19 μ T | 0,11 μ T (0,105) | 0,10 μ T (0,099) |
| Medelvärde | 0,08 μ T | 0,06 μ T | 0,03 μ T (0,032) | 0,03 μ T (0,030) |
| Beräknat årsmedelvärde | 0,07 μ T | 0,05 μ T | 0,03 μ T (0,029) | 0,03 μ T (0,027) |

Tabell 9.2

Omräkning av mätvärden till andra avstånd har gjorts som mätvärde kvadratisk avtagande mot avståndet.

10 Elbyggnad, pumpstation för sjövattnet

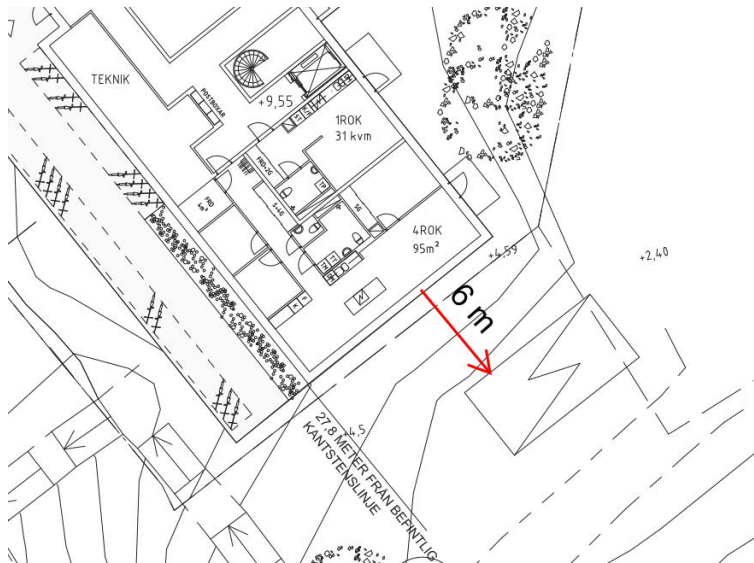
10.1.1 Elbyggnaden

Söder om planerad bebyggelse finns en byggnad med yttermått 4140 mm x 8440 mm, tillhörande Norrenergi AB, innehållande utrustning för matning av sjövattnepumpar nere vid vattnet i Ålkistan. Avståndet från yttervägg på byggnaden till den planerade bebyggelsen är ca 6 m.

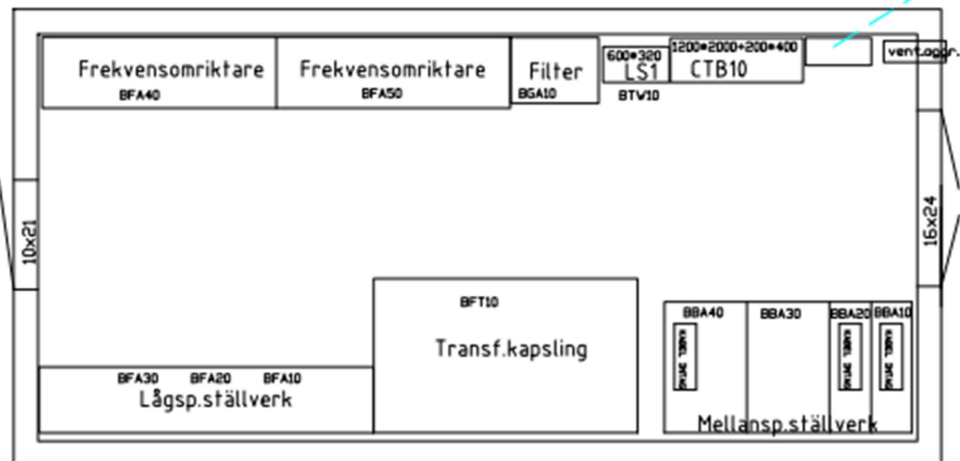
Elutrustningen i byggnaden består i huvudsak av:

- Mellanspänningsställverk; två inkommande fack, mätfack samt brytarfack
- Transformator 1600 kVA
- Lågspänningsställverk, 230/400 V
- Frekvensomformare, 2 st

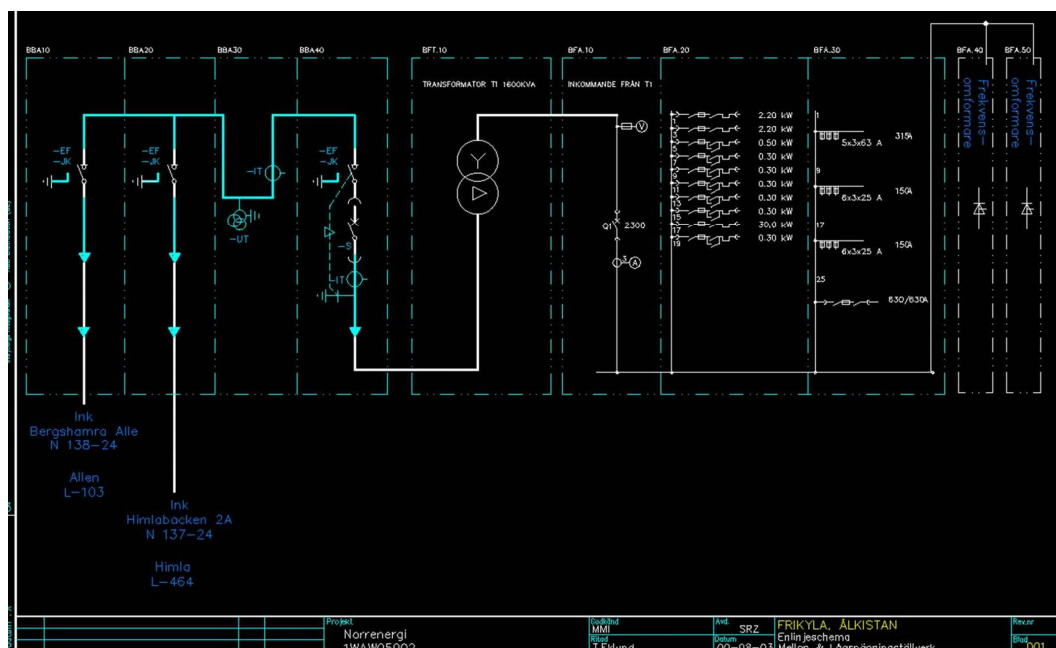
De två sjövattnepumparna är på 560 kW vardera och placerade nere vid vattnet. Pumpmotorerna matas via frekvensomformare placerade i elbyggnaden. Pumparna körs endast en i taget. De är enligt uppgift från Norrenergi i drift från ca maj till november, dvs ca 7 månader. Pumparnas funktion är att pumpa upp sjövattnet från lilla Värtan till en kylstation i Frösunda där vattnet passerar genom kylväxlare för att sedan rinna ut i lilla Värtan igen



Figur 10.1 Avståndet mellan elbyggnad och planerad bebyggelse är ca 6 m



Figur 10.2 Layout av elbyggnaden. Transformatorsidan är mot söder
Avståndet till lågspänningsställverk och transformator är alltså i verkligheten ca 9 m.



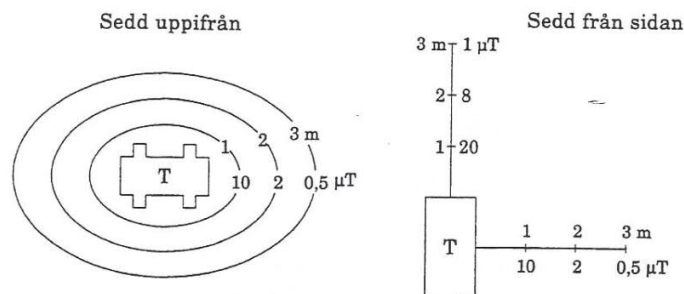
Figur 10.3 Enlinjeschema för elanläggningen

Av enlinjeschemat framgår att de båda frekvensomriktarna har en gemensam matning från en 630 A grupp vilket visar att endast en pump kan köras åt gången. Den matande gruppen på 630 A ger en maximalt uttagbar effekt på 436 kVA. Motorernas märkeffekt är 560 kW men belastningseffekten är alltså max 436 kVA.

Enligt figur 5.1 är normalt "skyddsavstånd" från en normal transformatorstation minst 5 meter. En transformatorstation (nätstation) innehåller i normalfallet en transformator på 800 kVA. Denna är ständigt i drift men med varierande last.

10.1.2 Allmänt om magnetfält från transformatorer och nätstationer

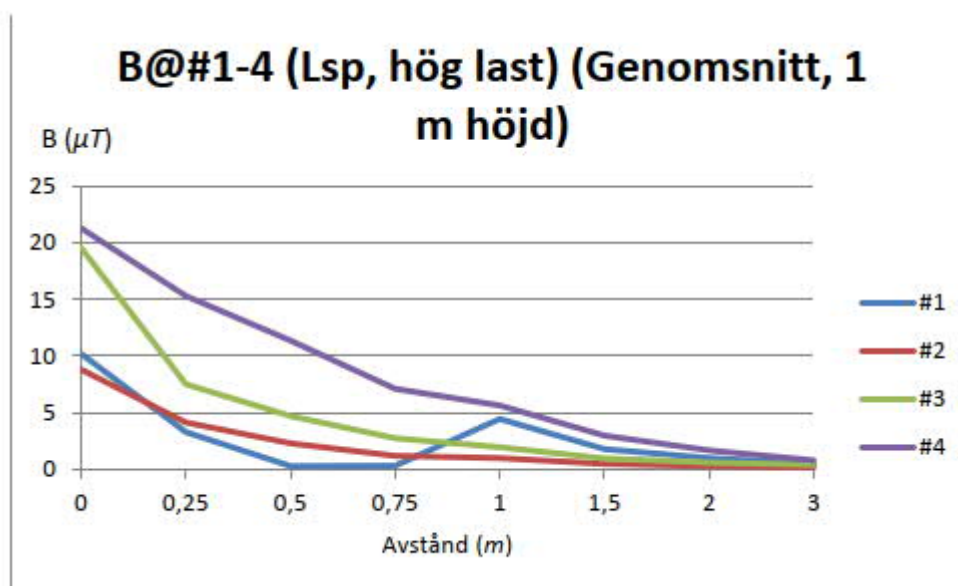
I figur nedan visas uppmätt magnetfält och dess avståndstagande från en 800 kVA transformator belastad till två tredjedelar. Fältet avtar kubiskt från transformatorn.



Figur 6. Magnetiska flödestätheter invid en transformator, 800 kVA, lastad till två tredjedelar.

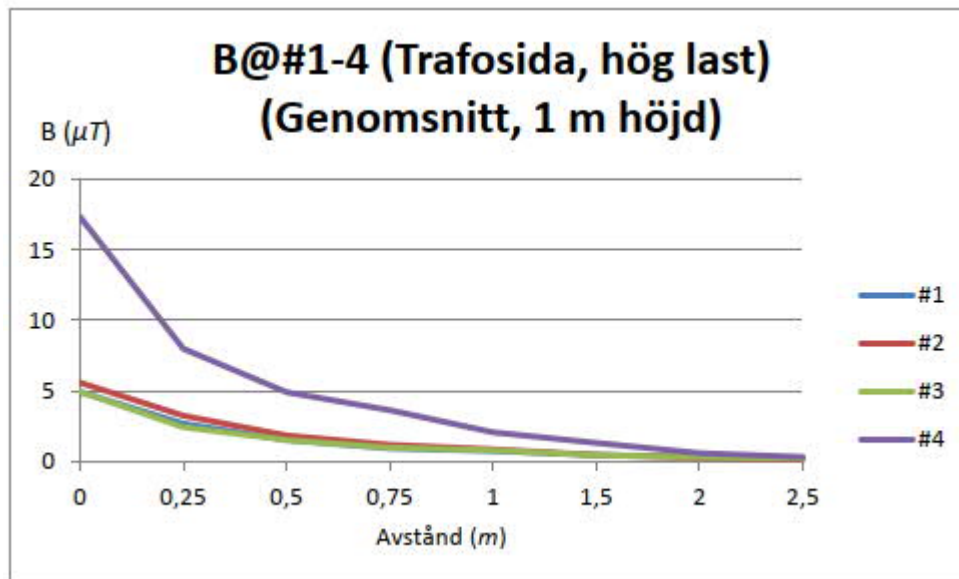
Figur 10.4 Uppmätt magnetfält från en 800 kVA transformator

I figurer 10.5 och 10.6 nedan visas uppmätning av magnetfältet från fyra olika typer av nätstationer och på olika avstånd, referens 7. Nätstation 1 -3 har en 800 kVA transformator medan nätstation 4 har två 800 kVA transformatorer.



Figur 10.5 Magnetfältets avtagande från fyra olika typer av nätstationer referens 7

På avståndet 3 m i figur ovan är magnetfältet ca 0,2 μT enligt tillhörande tabell med mätdata.



Figur 10.6 Magnetfältets avtagande från fyra olika typer av nätstationer referens 7

På avståndet 3 m i figur ovan är magnetfältet ca 0,3 µT enligt tillhörande tabell med mätdata.

Av figur 10.5 och 10.6 framgår att magnetfältet mätt på den sida där lågspänningsställverket är placerat är något högre än på transformatorsidan.

11 Bedömning av påverkan på planerad bebyggelse

11.1 Likriktarstation

Avståndet från likriktarstationens närmaste hörn till den planerade bebyggelsen och närmaste bostadsytor på entréplanet framgår av figur 3.2. I figuren har även en cirkel med 10 m radie lagts in för att markera den s.k. säkerhetszonen från likriktarstationens närmaste hörn.

På entréplanet ligger de närmaste bostadsytorna på avstånden 18 m respektive 16 m från likriktarstationens närmaste hörn. På våningen över entréplanet är det minsta avståndet 12 m, se avsnitt 3.

Avståndet 12 m har därför valts som bas för uppskattning av årsmedelvärdet i närmaste bostadsytor.

Av avsnitt 9 framgår att omräknade årsmedelvärden för avståndet 12 m är ca. 0,05 µT för såväl vägg mot likriktartransformator som för vägg mot likriktarställverk.

Uppskattat årsmedelvärde för de närmaste belägna bostadsytorna är alltså ca. 0,05 µT vilket är betydligt under det rekommenderade värdet på 0,1 µT från ref 1.

De momentana topparna vid tågpassager är försumbara.

Alla beräkningar utgår från likriktarstationens närmaste hörn vilket ger en extra marginal då själva likriktartransformatorn, som är den komponent som avger det högsta magnetfältet, är placerad i byggnadens bortre del. Se fig 3.2.

11.2 Elbyggnad, pumpstation för sjövatten

Transformatorn i elbyggnaden har märkeffekten 1600 kVA men med en maximal belastning ca 500 kVA under maximalt 7 månader per år. Övrig tid går transformatorn i stort sett endast i tomgång och avger då ett försumbart magnetfält. Magnetfältet är ungefär proportionellt mot belastningen. Detta innebär att årsmedelvärdet är ca 7/12 av den uppskattade magnetfältsnivån

I elbyggnaden är det transformatorn samt 400 V ställverket som avger de största magnetfälten. Dessa är placerade vid den bortre väggen sett från den planerade bebyggelsen vilket är en stor fördel då det egentliga avståndet till dessa kommer att vara ca 9 m. Mellanspänningsställverket ger ett mycket litet magnetfältsbidrag. Frekvensomriktarnas bidrag är relativt litet.

I tabell nedan har värdena för 3 m i figur 11.4 och figur 11.5 (högre värde än figur 10.6) omräknats till avstånden 6 m (avstånd till elbyggnadens yttervägg) samt 9 m (avstånd till verklig placering av transformator och lågspänningsställverk mot den bortre väggen i byggnaden enligt fig. 10.2)

| Uppskattade magnetfältsnivåer Respektive årsmedelvärden inom parentes | | |
|--|--|---|
| Avstånd till planerad bebyggelse | Transformator Figur 11.4 kubiskt avtagande | Nätstation lågsp sida Figur 11.5 kvadratisk avtagande |
| 3 m | 0,5 μ T | 0,3 μ T |
| 6 m yttervägg | 0,06 μ T (0,035 μ T) | 0,08 μ T (0,047 μ T) |
| 9 m Lsp stv. och trafo | 0,02 μ T (0,012 μ T) | 0,03 μ T (0,018 μ T) |

Tabell 11.1

Om man utgår från det högsta värdet på avståndet 6 m i tabell ovan som uppskattas till 0,08 μ T blir motsvarande årsmedelvärde ca. 0,05 μ T. För avståndet 9 m blir uppskattningen 0,03 μ T med årsmedelvärdet ca 0,02 μ T.

Ovanstående siffror är grova uppskattningar men visar ändå att nivån på det uppskattade årsmedelvärdet ligger långt under 0,1 μ T, se 5.2.5.

Om elanläggningen i byggnaden i framtiden kommer att byggas ut bör en förnyad och noggrannare uppskattning göras med uppmätning av magnetfältet från elbyggnaden som grund.

12 Slutsats

För kraftfrekventa magnetfält tolkar Solna stad försiktighetsprincipen så att man rekommenderar att årsmedelvärdet för magnetfältet skall vara $< 0,1 \mu\text{T}$ för nya bostäder.

I denna revidering, revidering 2, har layouten för den planerade bebyggelsen ändrats så att avståndet till närmaste bostadsyta är ca 12 m från närmaste yttervägg på likriktarstationen.

Utredningen baserad på den nya layouten visar att beräknade årsmedelvärden på avståndet 12 m från likriktarstationen kan uppskattas till ca. $0,05 \mu\text{T}$ och ligger därmed betydligt under rekommenderad nivå på $0,1 \mu\text{T}$.

Beräkningarna är ändå utförda med mycket konservativa antaganden om hög framtida tågtäthet. Alla antaganden samverkar så att beräknat årsmedelvärde överskattas.

Även de tillfälliga topparna i samband med tågpassager är låga. Dessa värden kan jämföras med tillfälliga toppar på upp till $17 \mu\text{T}$ som de åkande i tunnelbanan kan utsättas för.

Avståndet till närmaste planerad byggnad är räknat från likriktarstationens närmaste hörn. Stationens båda närmaste sidor är vinklade bort från planerad byggnad.

Likriktartransformatorn, som är den komponent som avger det högsta magnetfältet, kommer att vara placerad i den borte delen av likriktarstationen vilket ger en ytterligare marginal beträffande avstånd. Den slutliga placeringen av likriktarställverket är i nuläget oklar.

Beträffande DC magnetfält (DC = Direct Current, likström, dvs ett statiskt magnetfält med frekvensen ca 0 Hz) finns i dagsläget inga misstankar om hälsoeffekter från svaga DC magnetfält av den styrka som alstras av spårvägstrafik eller tunnelbana. Det finns därför inte några motsvarande försiktighetskrav för DC magnetfält som det finns för lågfrekventa AC magnetfält (Alternating Current, växelström, dvs ett växel magnetfält med huvudfrekvensen 50 Hz).

I relation till det jordmagnetiska fältet som ständigt omger oss på ca $55 \mu\text{T}$ är fältvariationerna på de aktuella avstånden från tunnelbanan mycket låga. DC magnetfält behöver bara analyseras om extremt störningskänslig teknisk utrustning finns inom berörda lokaler, tex sjukhus, laboratorier, etc.

Magnetfältet från elbyggnaden som ligger ca 6 m från den planerade bebyggelsen avger ett magnetfält från främst transformator och lågspänningsställverk som mycket grovt kan uppskattas till ca $0,08 \mu\text{T}$. Detta resulterar i ett årsmedelvärde på ca $0,05 \mu\text{T}$. Det egentliga avståndet till transformator och lågspänningsställverk är ca 9 m eftersom de är placerade mot den borte väggen i byggnaden vilket ger ett årsmedelvärde på ca. $0,02 \mu\text{T}$, dvs ca. en femtedel av $0,1 \mu\text{T}$.

13 Referenser

- 1 Solna stad, "På väg mot ett hållbart Solna". September 2019.
- 2 Stockholms stad, Hjälprea för miljöfrågor i stadsplaneringen i Stockholms stad – en vägledning från miljöförvaltningen i Stockholm
Avsnitt BYGGNADEN – version 2017-06-01
- 3 Strålsäkerhetsmyndigheten, Rapport 2012:69, Magnetfält i bostäder
- 4 Strålsäkerhetsmyndigheten, Rapport 2018:09, Recent Research on EMF and Health Risk
- 5 Strålsäkerhetsmyndigheten, SSMFS 2008:18, Strålsäkerhetsmyndighetens allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält.
- 6 Strålsäkerhetsmyndigheten, Rapport 2010:20, Lågfrekventa magnetfält i olika färdmedel.
- 7 Linnaeus University, Magnetfält alstrade kring nätstationer i samband med lokaldistribution av elkraft, 2012-06-28, Fredrik Strömberg,

Bilaga 1

| BERÄKNING AV ÅRSMEDELVÄRDE | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------------|------------------|---|---|-------------|-----------|----------|----------|-------------------|-------------------|--|
| Mätning 1 Transformatorvägg | | | | Omräknat som proportionellt mot avståndet i kvadrat | | | | | | | | |
| | Mätvärde | Omräknat | Omräknat | | | | | | | | | |
| Avstånd m | 5 | 7 | 10 | | | | | | | | | |
| Maxvärde μT | 1,35 | 0,6888 | 0,3375 | | | | | | | | | |
| Medelvärde μT | 0,29 | 0,1480 | 0,0725 | | | | | | | | | |
| Beräkning 5 m avstånd | | | | Medelvärde / tim | | | | | | Medelvärde / dygn | | |
| | | Medelv μT | Maxvärde μT | Antal sek | Antal toppar | Topp Bidrag | Mv Bidrag | Totalt | Mv/tim | Antal tim | Totalt per dygn | |
| Beräkning 1 tim | Högtrafik | 0,29 | 1,35 | 10 | 20 | 270 | 986 | 1256 | 0,348889 | 6 | 2,093333 | |
| Beräkning 1 tim | Lågtrafik | 0,29 | 1,35 | 10 | 6 | 81 | 1026,6 | 1107,6 | 0,307667 | 14 | 4,307333 | |
| Dygnsmedelvärde μT = årsmedelvärde | | | | | | | | | | | 0,2667 | |
| Beräkning 7 m avstånd | | | | Medelvärde / tim | | | | | | Medelvärde / dygn | | |
| | | Medelv μT | Maxvärde μT | Antal sek | Antal toppar | Topp Bidrag | Mv Bidrag | Totalt | Mv/tim | Antal tim | Totalt per dygn | |
| Beräkning 1 tim | Högtrafik | 0,148 | 0,6888 | 10 | 20 | 137,7551 | 503,2 | 640,9551 | 0,178043 | 6 | 1,068259 | |
| Beräkning 1 tim | Lågtrafik | 0,148 | 0,6888 | 10 | 6 | 41,32653 | 523,92 | 565,2465 | 0,157013 | 14 | 2,198181 | |
| Dygnsmedelvärde μT = årsmedelvärde | | | | | | | | | | | 0,1361 | |
| Beräkning 10 m avstånd | | | | Medelvärde / tim | | | | | | Medelvärde / dygn | | |
| | | Medelv μT | Maxvärde μT | Antal sek | Antal toppar | Topp Bidrag | Mv Bidrag | Totalt | Mv/tim | Antal tim | Totalt per dygn | |
| Beräkning 1 tim | Högtrafik | 0,0725 | 0,3375 | 10 | 20 | 67,5 | 246,5 | 314 | 0,087222 | 6 | 0,523333 | |
| Beräkning 1 tim | Lågtrafik | 0,0725 | 0,3375 | 10 | 6 | 20,25 | 256,65 | 276,9 | 0,076917 | 14 | 1,076833 | |
| Dygnsmedelvärde μT = årsmedelvärde | | | | | | | | | | | 0,0667 | |
| BERÄKNING AV ÅRSMEDELVÄRDE | | | | | | | | | | | | |
| Mätning 2 Ställverksvägg | | | | | Omräknat som proportionellt mot avståndet i kvadrat | | | | | | | |
| | Mätvärde | Omräknat | Omräknat | Omräknat | | | | | | | | |
| Avstånd m | 15 | 10 | 7 | 5 | | | | | | | | |
| Maxvärde μT | 0,099 | 0,22275 | 0,454592 | 0,891 | | | | | | | | |
| Medelvärde μT | 0,03 | 0,0675 | 0,137755 | 0,27 | | | | | | | | |
| Beräkning 15 m avstånd | | | | | Medelvärde / tim | | | | | | Medelvärde / dygn | |
| | | Medelv μT | Maxvärde μT | Antal sek | Antal toppar | Topp Bidrag | Mv Bidrag | Totalt | Mv/tim | Antal tim | Totalt per dygn | |
| Beräkning 1 tim | Högtrafik | 0,03 | 0,099 | 10 | 20 | 19,8 | 102 | 121,8 | 0,033833 | 6 | 0,203 | |
| Beräkning 1 tim | Lågtrafik | 0,03 | 0,099 | 10 | 6 | 5,94 | 106,2 | 112,14 | 0,03115 | 14 | 0,4361 | |
| Dygnsmedelvärde μT = årsmedelvärde | | | | | | | | | | | 0,0266 | |
| Beräkning 10 m avstånd | | | | | Medelvärde / tim | | | | | | Medelvärde / dygn | |
| | | Medelv μT | Maxvärde μT | Antal sek | Antal toppar | Topp Bidrag | Mv Bidrag | Totalt | Mv/tim | Antal tim | Totalt per dygn | |
| Beräkning 1 tim | Högtrafik | 0,0675 | 0,22275 | 10 | 20 | 44,55 | 229,5 | 274,05 | 0,076125 | 6 | 0,45675 | |
| Beräkning 1 tim | Lågtrafik | 0,0675 | 0,22275 | 10 | 6 | 13,365 | 238,95 | 252,315 | 0,070088 | 14 | 0,981225 | |
| Dygnsmedelvärde μT = årsmedelvärde | | | | | | | | | | | 0,0599 | |
| Beräkning 7 m avstånd | | | | | Medelvärde / tim | | | | | | Medelvärde / dygn | |
| | | Medelv μT | Maxvärde μT | Antal sek | Antal toppar | Topp Bidrag | Mv Bidrag | Totalt | Mv/tim | Antal tim | Totalt per dygn | |
| Beräkning 1 tim | Högtrafik | 0,1377551 | 0,4546 | 10 | 20 | 90,91837 | 468,3673 | 559,2857 | 0,155357 | 6 | 0,932143 | |
| Beräkning 1 tim | Lågtrafik | 0,1377551 | 0,4546 | 10 | 6 | 27,27551 | 487,6531 | 514,9286 | 0,143036 | 14 | 2,0025 | |
| Dygnsmedelvärde μT = årsmedelvärde | | | | | | | | | | | 0,1223 | |
| Beräkning 5 m avstånd | | | | | Medelvärde / tim | | | | | | Medelvärde / dygn | |
| | | Medelv μT | Maxvärde μT | Antal sek | Antal toppar | Topp Bidrag | Mv Bidrag | Totalt | Mv/tim | Antal tim | Totalt per dygn | |
| Beräkning 1 tim | Högtrafik | 0,27 | 0,891 | 10 | 20 | 178,2 | 918 | 1096,2 | 0,3045 | 6 | 1,827 | |
| Beräkning 1 tim | Lågtrafik | 0,27 | 0,891 | 10 | 6 | 53,46 | 955,8 | 1009,26 | 0,28035 | 14 | 3,9249 | |
| Dygnsmedelvärde μT = årsmedelvärde | | | | | | | | | | | 0,2397 | |

2018-04-19 Jan Andersson

Bilaga 2

Certificate of Calibration

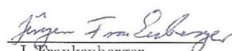
Gigahertz Solutions GmbH

March 26, 2018

Abstract

Certificate no.: 035000001972-20180326
 Item: NFA-400
 Manufacturer: Gigahertz Solutions GmbH
 Serial no.: 035000001972
 Calibration procedure: see text
 Date of calibration: March 26, 2018
 Date of issue: March 26, 2018
 Editor: J. Frankenberger
 Number of pages: 4

All equipment used for the calibration is subject to continuous monitoring.


 J. Frankenberger