Armering som EMP-skärm

Mätning på RC Helsingborg

RÄDDNINGS
VERKET

Armering som EMP-skärm
Mätning på RC Helsingborg

Publikationen har utarbetats av
Sven Garmland, Emicon AB, Lund

Räddningsverkets kontaktpersoner:
Lars Berg och Björn Ekengren, enheten för byggteknik

2002 Räddningsverket, Karlstad
Lednings- och teknikavdelningen

Beställningsnummer B54-224/02
2002 års utgåva

Innehåll

1. BAKGRUND **3**

2. PROVOBJEKT **3**

3. PROVPERSONAL **3**

4. PROVTID **3**

5. MÄTNINGENS GENOMFÖRANDE **4**

6. MÄTUPPSTÄLLNINGAR **4**

6.1 LOKAL BELYSNING 4
6.2 PLANVÅGSBELYSNING 4

7. MÄTPUNKTER **6**

8. EXTRAPOLERING **7**

9. MÄTRESULTAT **8**

9.1 LOKAL DÄMPNINGSMÄTNING 8
9.2 PLANVÅGSBELYSNING 13
9.3 JÄMFÖRELSER MED ANDRA RÄDDNINGSCENTRALER 18
9.4 RESULTERANDE EMP-FÄLT 19
9.5 RESULTERANDE EMP-STRÖMMAR 21

10. SLUTSATSER **23**

11. REFERENSER **24**

Bilaga:

Verifiering av EMP-skydd i RC Helsingborg, Provplan, Emicon rapport MTR-0201.

Figurlista

Figur 1. Mätuppställning för lokal dämpningsmätning. 4

Figur 2. Provuppställning vid planvågsbelysning 5

Figur 3. Mätpunkter i plan 0 6

Figur 4. Mätpunkter i plan 1 7

Figur 5. Mätpunkter i plan 2 7

Figur 6. Hotpulsens frekvensspektrum 7

Figur 7. Magnetfältsdämpning mitt på vägg i plan 1. 8

Figur 8. Magnetfältsdämpning i hörn i plan 1. 8

Figur 9. Magnetfältsdämpning vid sidan om dörr i plan 0, dörr öppen. 9

Figur 10. Magnetfältsdämpning vid sidan om dörr i plan 0, dörr stängd. 9

Figur 11. Magnetfältsdämpning mitt för dörr i plan 0, dörr stängd. 10

Figur 12. Magnetfältsdämpning vid ventilationsgaller invid intagsplåt i plan 0. 10

Figur 13. Magnetfältsdämpning vid vägg i plan 2 11

Figur 14. Magnetfältsdämpning vid fönsterkarm i plan 2. 11

Figur 15. Magnetfältsdämpning vid väggar 12

Figur 16. Magnetfältsdämpning vid dörr 12

Figur 17. Planvågsdämpning i plan 0, mitt i rummet 13

Figur 18. Planvågsdämpning i plan 1, mitt i rummet. 14

Figur 19. Planvågsdämpning i plan 1, nära vägg. 14

Figur 20. Planvågsdämpning i plan 2, nära vägg. 15

Figur 21. Planvågsdämpning i plan 1, mätt med magnetfältssond. 15

Figur 22. Planvågsdämpning i jämförelse med dämpningskrav enligt skalskyddsklasserna SS_B och SS_C. 16

Figur 23. Skärmningsberäkning på burar med måtten 34×18×17 meter och 3×3×3 meter. 17

Figur 24. Planvågsdämpning i 4 olika räddningscentraler. 18

Figur 25. Fältstyrka mitt i rummet i plan 0, extrapolerad till EMP-hot. 19

Figur 26. Fältstyrka mitt i rummet i plan 1, extrapolerad till EMP-hot. 19

Figur 27. Fältstyrka nära vägg i plan 1, extrapolerad till EMP-hot. 20

Figur 28. Fältstyrka nära vägg i plan 2, extrapolerad till EMP-hot. 20

Figur 29. Magnetisk fältstyrka mitt i rummet i plan 1, extrapolerad till EMP-hot. 21

Figur 30. Inducerad kortslutningsström i trådslinga monterad i plan 0, extrapolerad till EMP-hot. 22

Figur 31. Inducerad kortslutningsström i trådslinga monterad i plan 1, extrapolerad till EMP-hot. 22

Figur 31. Inducerad kortslutningsström i trådslinga monterad i plan 2, extrapolerad till EMP-hot. 23

1. Bakgrund

På uppdrag av Räddningsverket har Emicon under 2001 genomfört en serie beräkningar av armeringskonstruktioners förmåga att dämpa elektromagnetiska fält. Målet med detta har varit att skapa ett underlag för kravsättning på armeringens utförande för bland annat räddningscentraler, så att en optimal EMP-skärmning skapas.

Som stöd för och komplement till beräkningarna har nu projektet fortsatt med en mätning på en armeringskonstruktion. Valet av mätobjekt föll på den nya räddningscentralen som är under uppförande i Helsingborg. Mätningar har här kunnat genomföras alldeles efter det att gjutningen färdigställts och innan några elektriska installationer påbörjats. Detta är en förutsättning för att själva armeringens egenskaper ska kunna utvärderas.

Denna rapport är en redovisning av resultaten från mätningarna.

2. Provobjekt

Nedan presenterade mätningar har genomförts på räddningscentralen som är integrerad med den nya brandstationen under uppförande i Helsingborg med namn ”Station 21”.

Räddningscentralen är byggd i 3 plan, varav ett under mark. Armeringen är utförd i 2 lager som vart och ett formar två separata burar. I det yttre armeringslagret har väggar, tak och golv sammanfogats på ett kontrollerat sätt för att skapa en kontinuerlig bur. I det inre lagret har detta genomförts endast i plan 2. Det är dock troligt att sammanfogning erhållits, mer eller mindre oavsiktligt, även i plan 0 och plan 1.

Armeringen är utförd med ϕ10-järn med en maskstorlek på 150 mm. Minst 10 korsningspunkter per kvadratmeter har sammanfogats med najning. Armeringslagren har sinsemellan förskjutits en halv maska.

Räddningscentralen har 2 ytterdörrar i vardera plan 0 och plan 1, samt en i plan 2. Dörrarna är normala skyddsrumsdörrar, typ SRD, utan någon speciell elektrisk tätning. Fönstren var vid mätningen försedda med stålluckor, typ SP, ej heller de försedda med någon speciell elektrisk tätning.

Räddningscentralens storlek är 34×18×17 meter.

3. Provpersonal

Mätningarna genomfördes av Torbjörn Karlsson och Sven Garmland, Emicon AB, Lund. Rapporten är skriven av Sven Garmland.

4. Provtid

Mätningarna genomfördes 25-27 januari 2002.

5. Mätningens genomförande

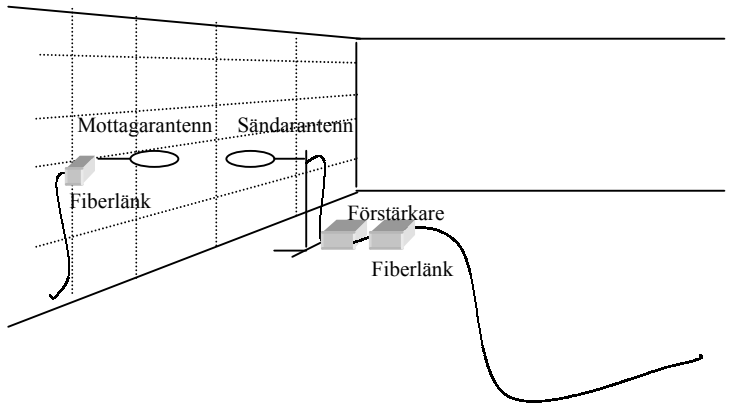
Mätningarna syftade till att bestämma den elektromagnetiska kopplingen genom armeringen. Eftersom armeringens utförande skiljer i de olika planen genomfördes provningen dels med en planvågsbelysning där sändarantennen placerades på ca 75 meters avstånd och dels med lokal belysning med en mindre sändarantenn placerad på olika ställen omedelbart utanför väggen. Tanken med detta är att dels ge kunskap om den allmänna EMP-verkan i anläggningen och dels möjliggöra en jämförelse mellan de olika armeringsmetodernas egenskaper.

Eftersom anläggningen saknar installation genomfördes strömmätningar i en simulerad installation. Denna bestod av en 2,2 m × 6 m, rektangulär trådslinga. Slingan placerades på olika ställen på samtliga plan i anläggningen.

6. Mätuppställningar

6.1 Lokal belysning

Mätningarna inleddes med lokal belysning i ett antal punkter på de olika planen. Denna mätning går till så att kopplingen mellan två magnetiska dipolantenner mäts, dels med skärm mellan dem och dels utan skärm. Skärmdämpningen kan sedan beräknas genom att relatera de två mätningarna till varandra. Avståndet mellan antennerna var 1,62 meter och mätningen genomfördes ca 1 meter över golvnivå med horisontellt orienterade antenner. För att förhindra oönskad koppling mellan skärmens ut- och insida isolerades antennerna med fiberoptiska länkar. Fiberlänk och förstärkare på utsidan strömförsörjdes från byggcentral och fiberlänken på insidan var batteriförsörjd. Inga elektriska ledare drogs genom skärmen.



Figur 1. Mätuppställning för lokal dämpningsmätning.

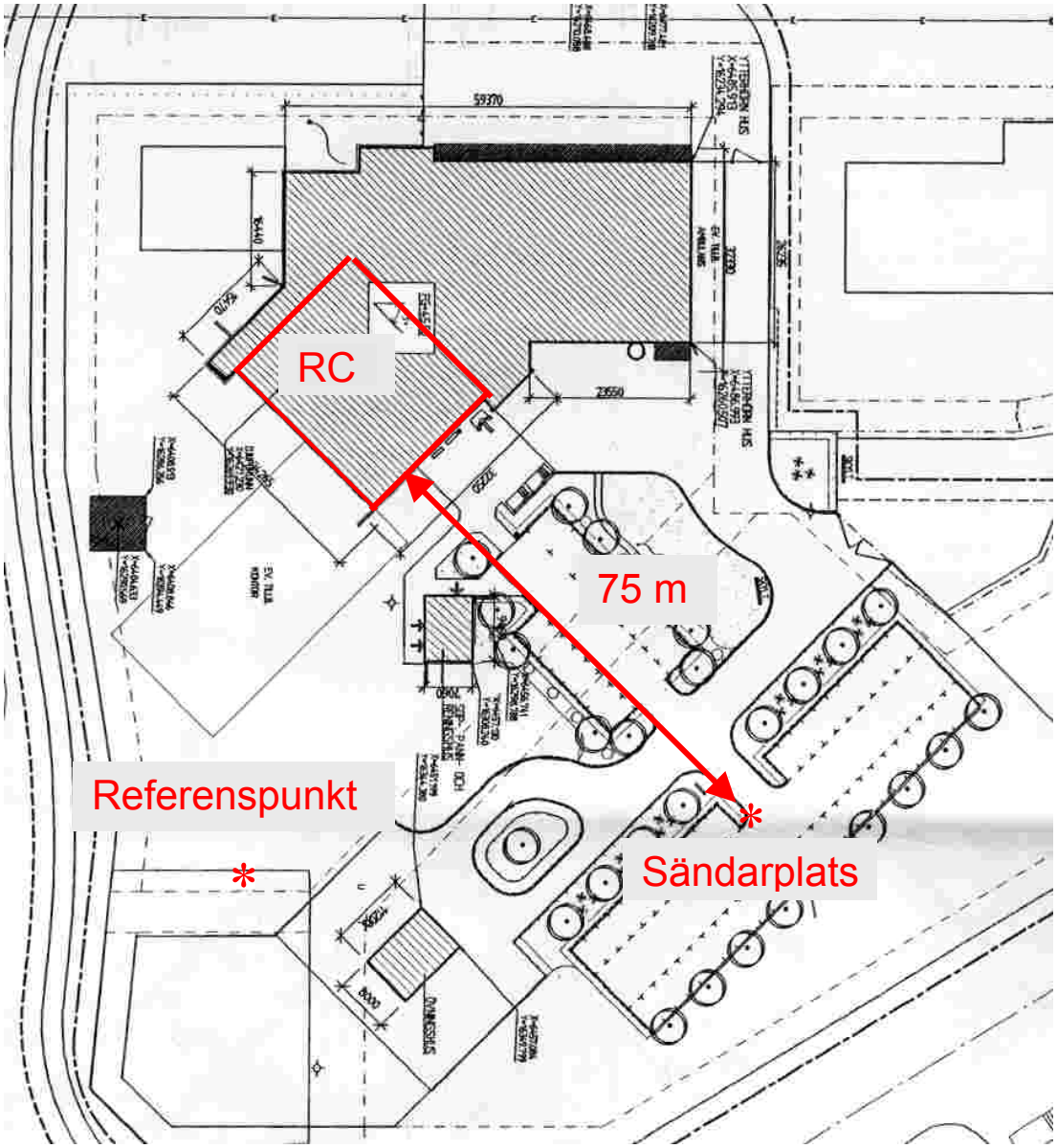
6.2 Planvågsbelysning

Planvågsbelysningen gick till så att ett sändarsystem bestående av två vertikala dipolantenner placerades på 75 meters avstånd nordost om räddningscentralen. Den ena antennen var 1 meter lång och den andra var 4 meter lång. Ett jordplan bestående av 6 radiella trådar

drogs ut på marken. Sändarsignalen skickades till sändarplatsen via en fiberoptisk länk, där den förstärktes med hjälp av två separata förstärkare, en för vardera antennen. Förstärkarna och fibermottagaren strömförsörjdes från ett litet mobilt bensindrivet elverk.

För att bestämma infallande fältstyrka mättes ett referensfält i en referenspunkt lokaliserad på samma avstånd från den rundstrålande sändaren som räddningscentralen, men i en annan riktning.

Inne i anläggningen mättes resulterande fältstyrka i ett antal punkter i utrymmen närmast belysningsantennen samt inducerad ström i den rektangulära trådslingan.



Figur 2. Provuppställning vid planvågsbelysning

Fältmätningarna genomfördes med sfärisk dipolantenn med fiberoptisk överföring av mätsignalen och med 30 cm magnetisk dipolantenn och fiberoptisk länk.

Inducerad ström mättes med strömtransformator ansluten till fiberoptisk länk. Fiberlänkarna terminerade i byggledningens bod där övrig mätutrustning placerats.

E-fältet mättes över frekvensområdet 1-500 MHz och ström och magnetfältsmätningarna genomfördes över frekvensområdet 1-100 MHz.

Förhållandet mellan interna mätsignaler och referenssignalen mättes med nätverksanalysator som registrerar både amplitud och fas. Mätresultaten har därigenom kunnat användas för extrapolering till EMP-fält så att, förutom dämpningskurvor, det transienta pulssvaret erhållits.

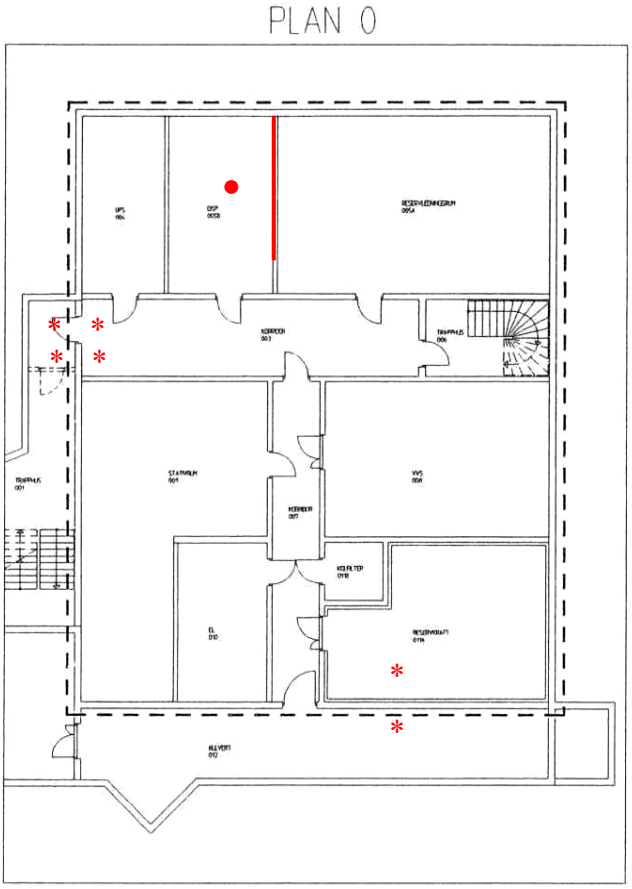
7. Mätpunkter

Lokalisering av mätpunkterna framgår av figurerna nedan.

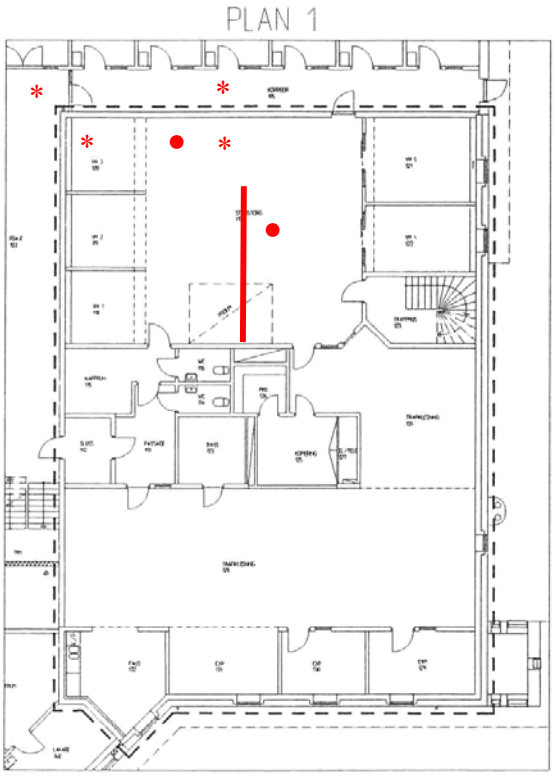
* Plats för lokal provning

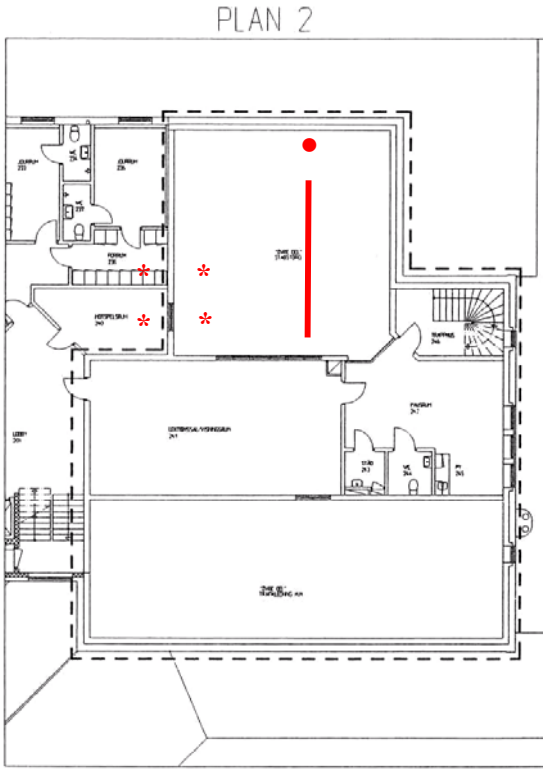
● Mätpunkt vid planvågsbelysning

— Mätpunkt för inducerad ström i trådslinga



Figur 3. Mätpunkter i plan 0



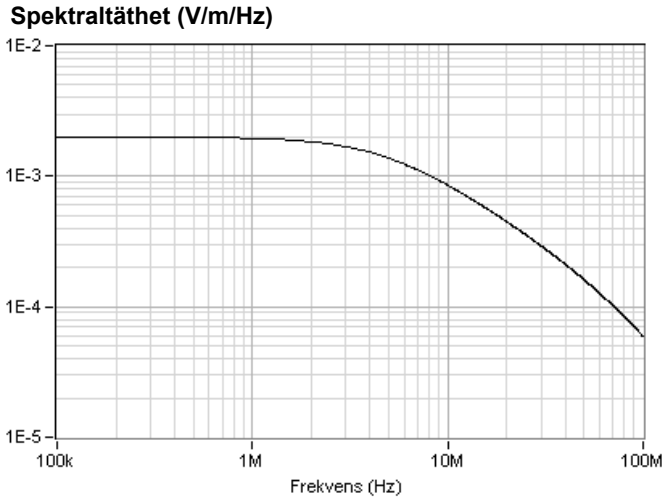


Figur 4. Mätpunkter i plan 1

Figur 5. Mätpunkter i plan 2

8. Extrapolering

Resultaten från planvågsbelysningen har använts för extrapolering till EMP-hot. Genom att multiplicera den uppmätta dämpningen med EMP:s frekvensspektrum får man det resultat som en EMP-puls skulle ge i mätpunkten. Genom en invers fouriertransformering kan detta även beskrivas i tidsplanet. Vid extrapoleringen till EMP har vi använt den av Hög-kvarteret fastställda hotpulsen som har ett toppvärde på 50 kV/m, $E(t) = E_0(e^{-\beta \cdot t} - e^{-\alpha \cdot t})$, där $\beta = 3 \cdot 10^8$ och $\alpha = 5 \cdot 10^7$.

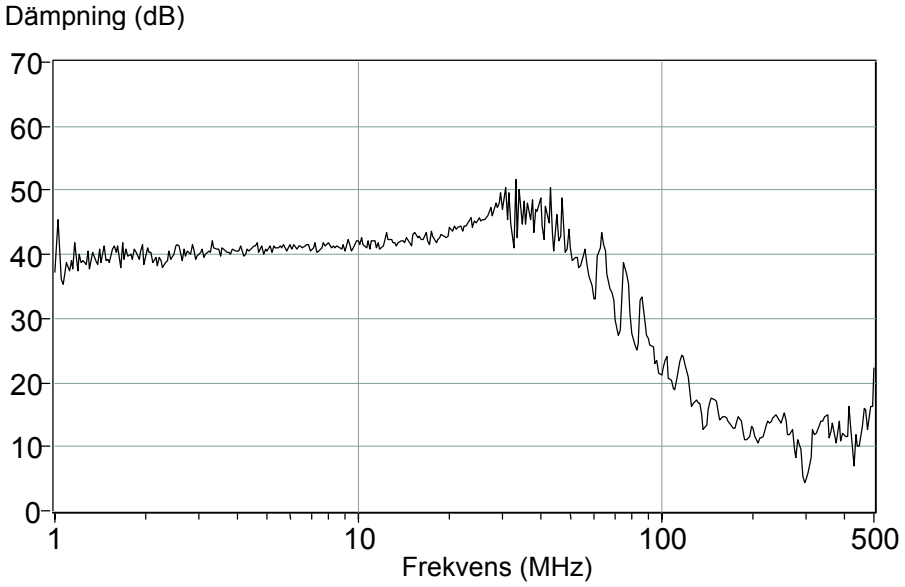


Figur 6. Hotpulsens frekvensspektrum

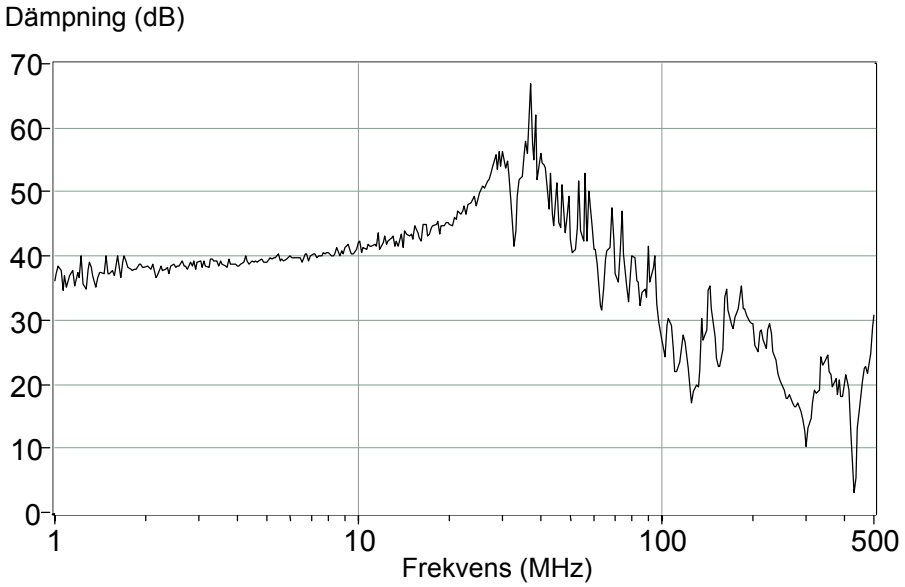
9. Mätresultat

9.1 Lokal dämpningsmätning

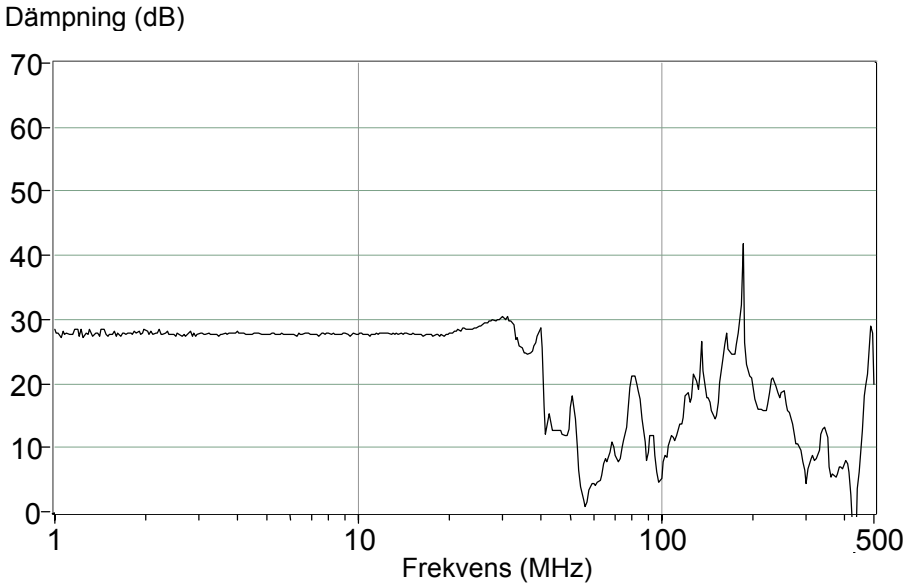
Figurerna nedan visar uppmätt lokal magnetfältsdämpning i de olika mätpunkterna.



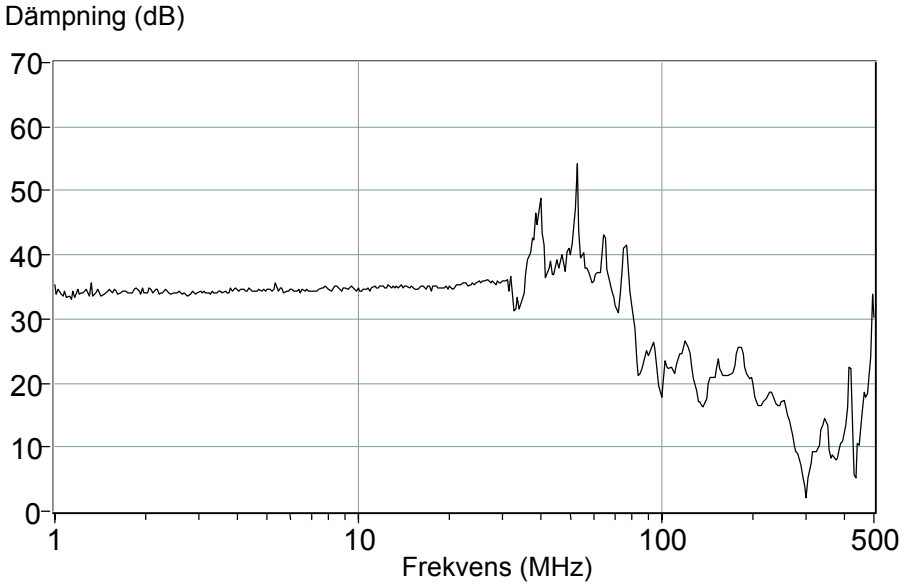
Figur 7. Magnetfältsdämpning mitt på vägg i plan 1.



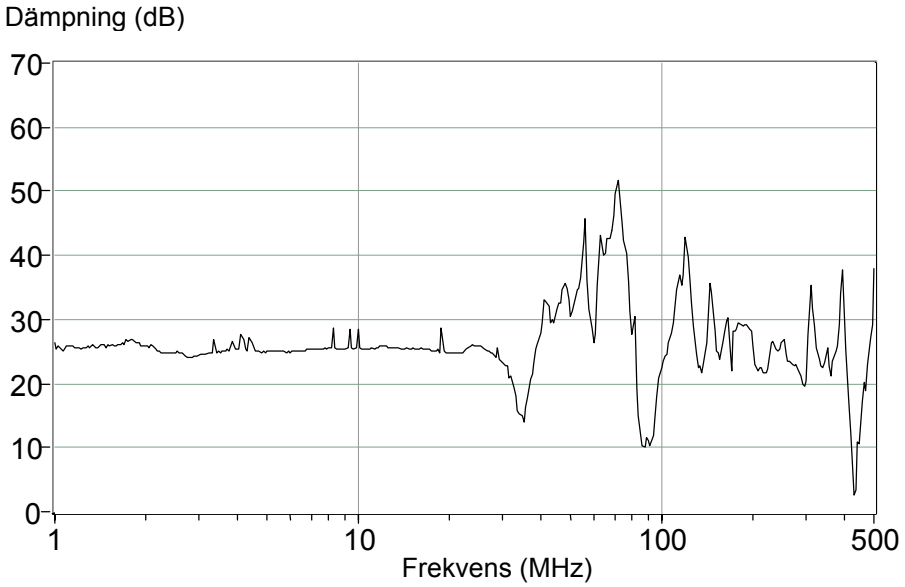
Figur 8. Magnetfältsdämpning i hörn i plan 1.



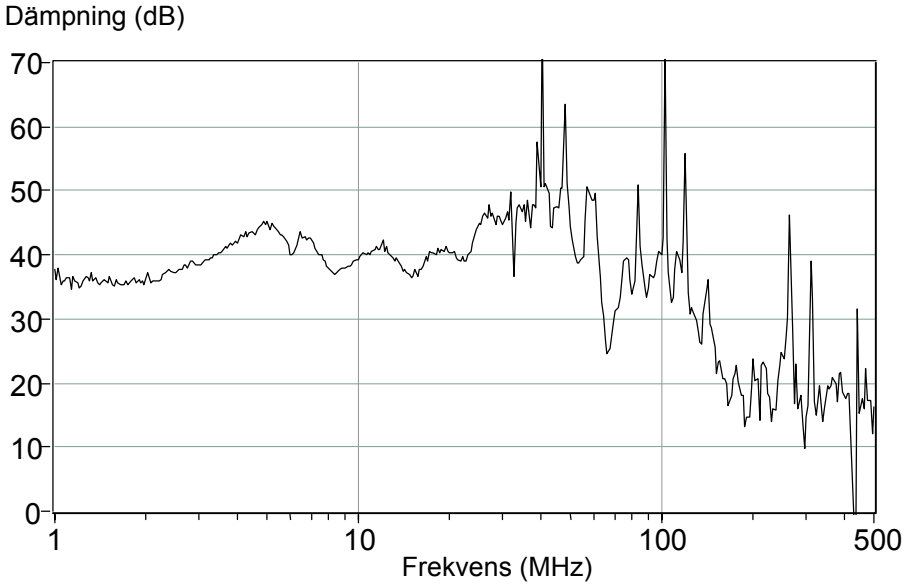
Figur 9. Magnetfältsdämpning vid sidan om dörr i plan 0, dörr öppen.



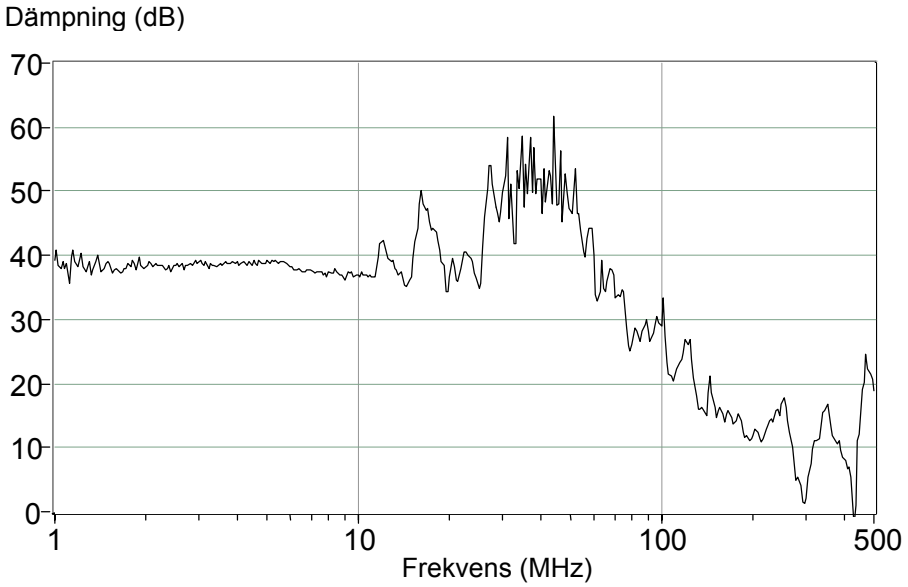
Figur 10. Magnetfältsdämpning vid sidan om dörr i plan 0, dörr stängd.



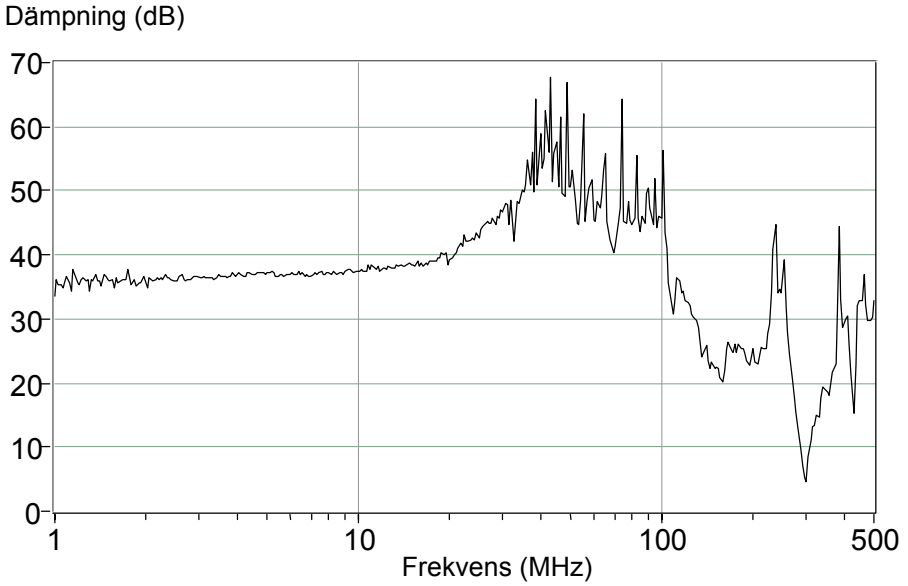
Figur 11. Magnetfältsdämpning mitt för dörr i plan 0, dörr stängd.



Figur 12. Magnetfältsdämpning vid ventilationsgaller invid intagsplåt i plan 0.

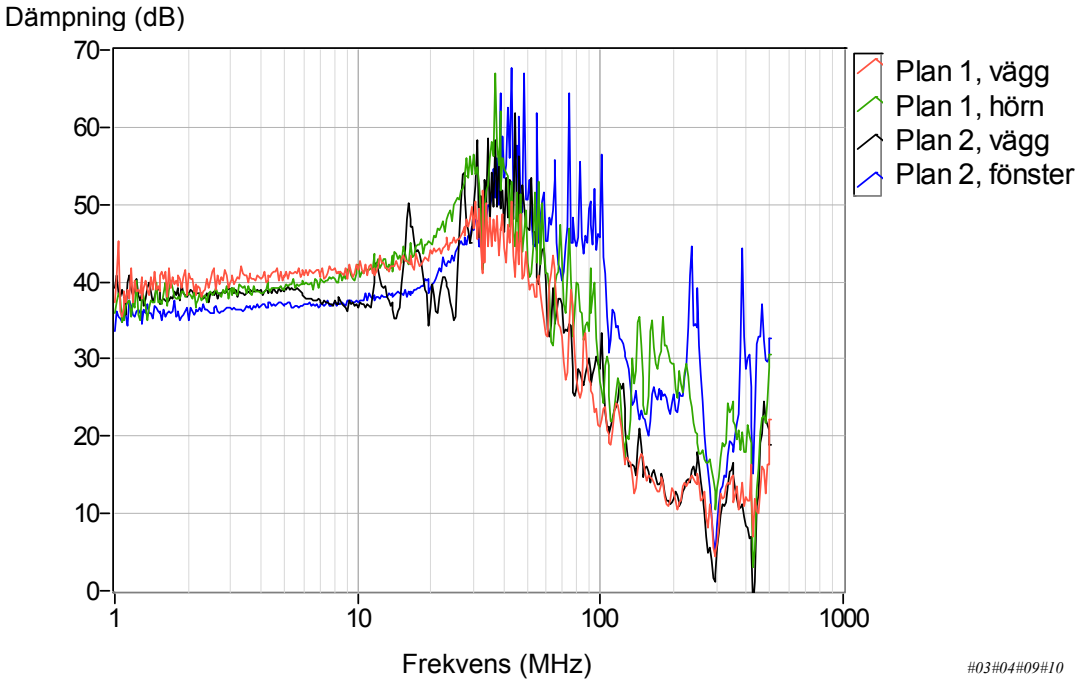


Figur 13. Magnetfältsdämpning vid vägg i plan 2

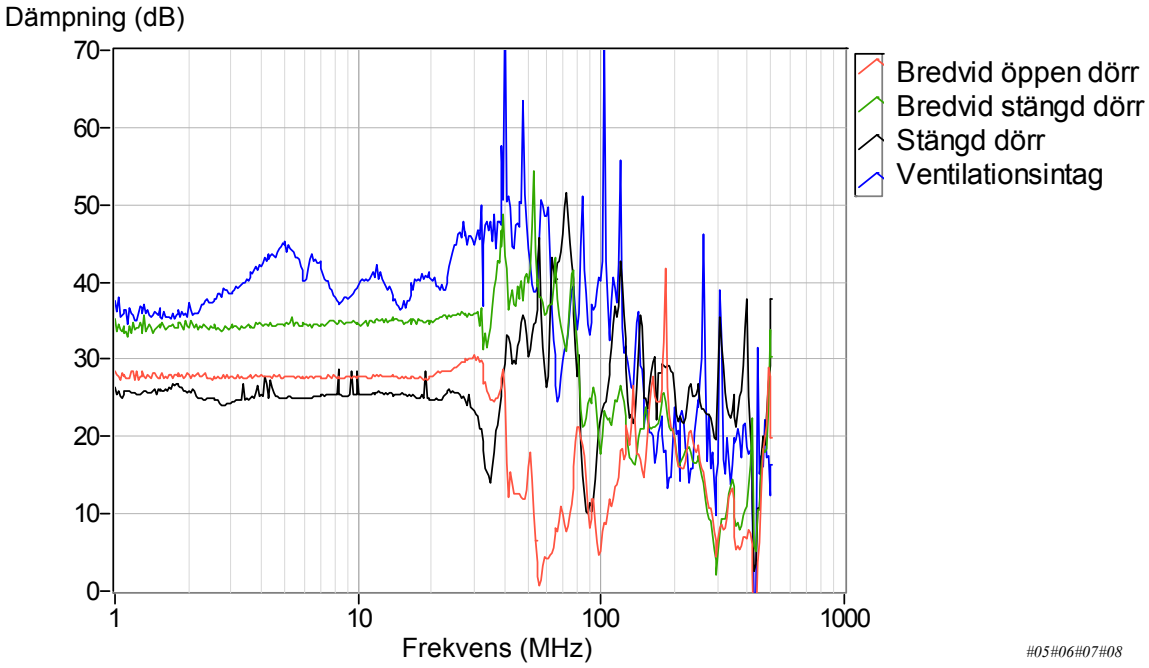


Figur 14. Magnetfältsdämpning vid fönsterkarm i plan 2.

I figurerna nedan har kurvorna samlats ihop gruppvis i två diagram, för att lättare kunna jämföra resultaten.



Figur 15. Magnetfältsdämpning vid väggar.



Figur 16. Magnetfältsdämpning vid dörr och intag

Kommentarer

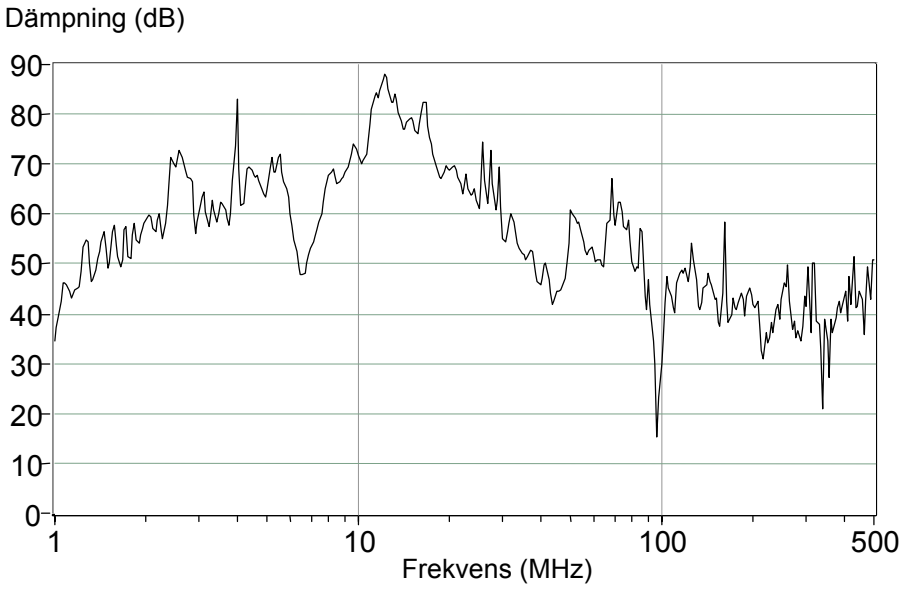
Vid väggarna ligger lågfrekvensdämpningen på 35-40 dB, en nivå som gäller upp till ca 60-70 MHz. Dämpningen avtar sedan med frekvensen i och med att våglängden inte längre är mycket större än maskorna i armeringen.

Förutom väggens konstruktion bestäms rummets dämpning även av dess storlek och det infallande fältets krökning, dvs. avståndet till källan. En lokal dämpningsmätning som denna tar inte hänsyn till annat än väggens konstruktion och i och med att den är lokal deltar bara en yta av väggen vars storlek är ungefär lika stor som avståndet mellan antennerna.

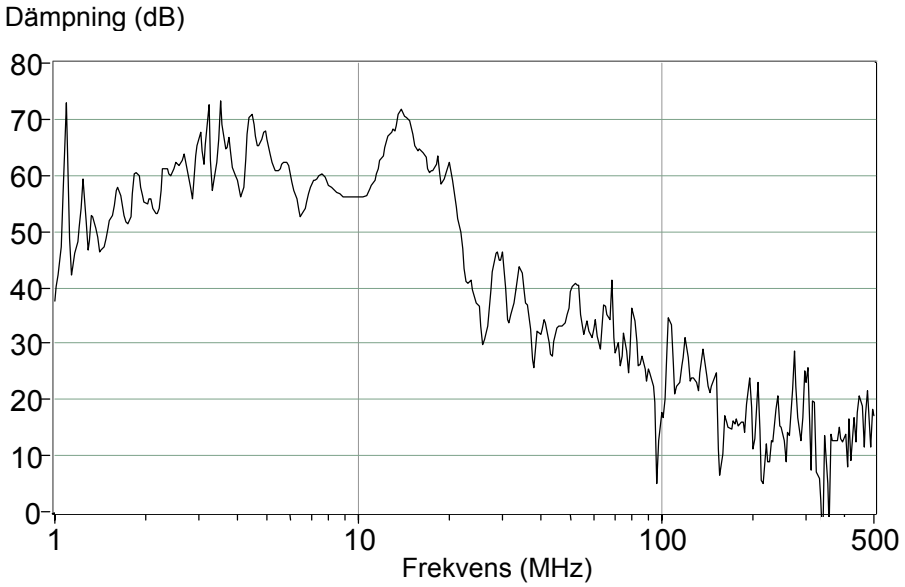
Någon signifikant skillnad mellan dämpningen i de olika planens väggkonstruktioner kunde inte ses. Detta tyder på att man tack vare betongen och mer eller mindre oavsiktlig sammankoppling av armeringen får kontakt mellan väggarna även i det inre armeringslagret i plan 0 och 1.

9.2 Planvågsbelysning

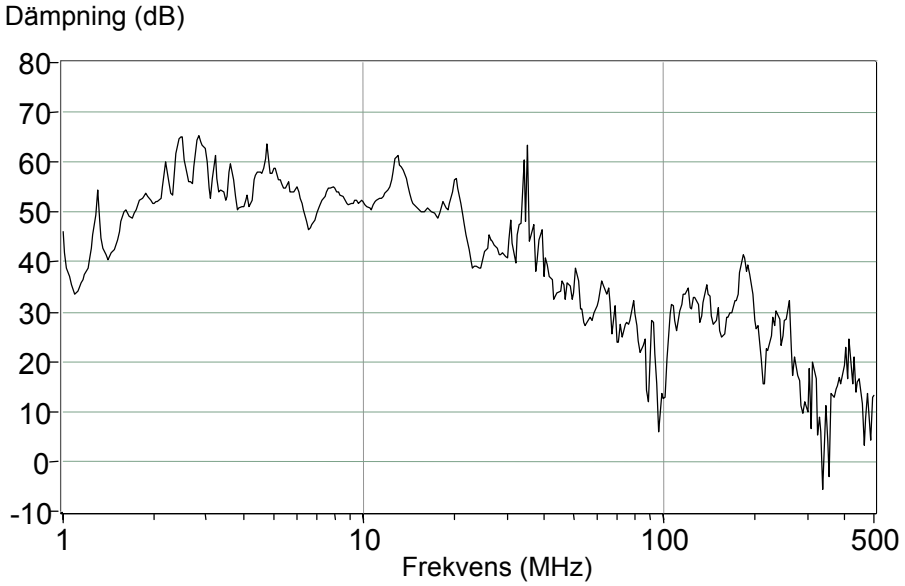
Den dämpning som man får vid planvågsbelysningen är den som är mest relevant vid bedömningen av skärmens funktion som EMP-skydd. Planvågsdämpningen får man genom att dividera det infallande fältets styrka med resulterande fältstyrka i respektive mätpunkt. I figurerna nedan visas erhållen dämpning i de olika mätpunkterna.



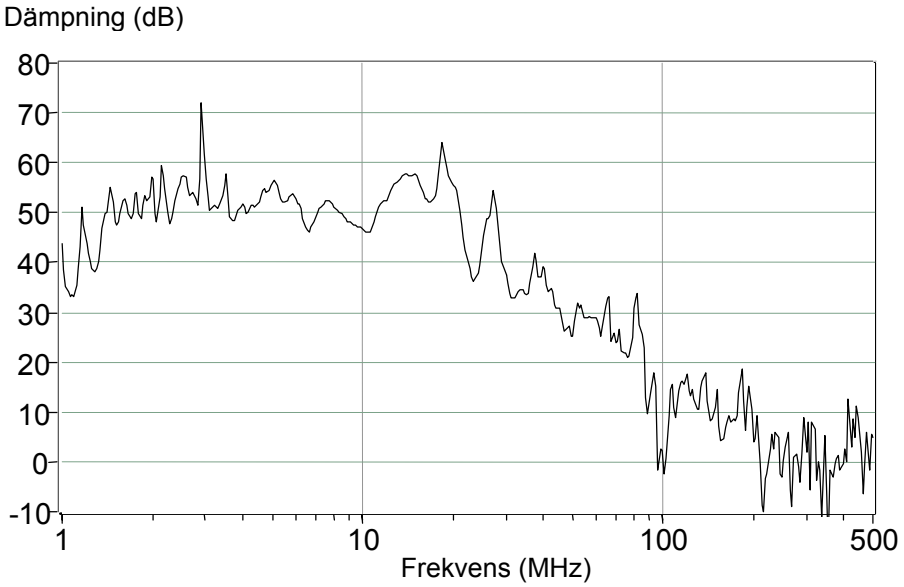
Figur 17. Planvågsdämpning i plan 0, mitt i rummet.



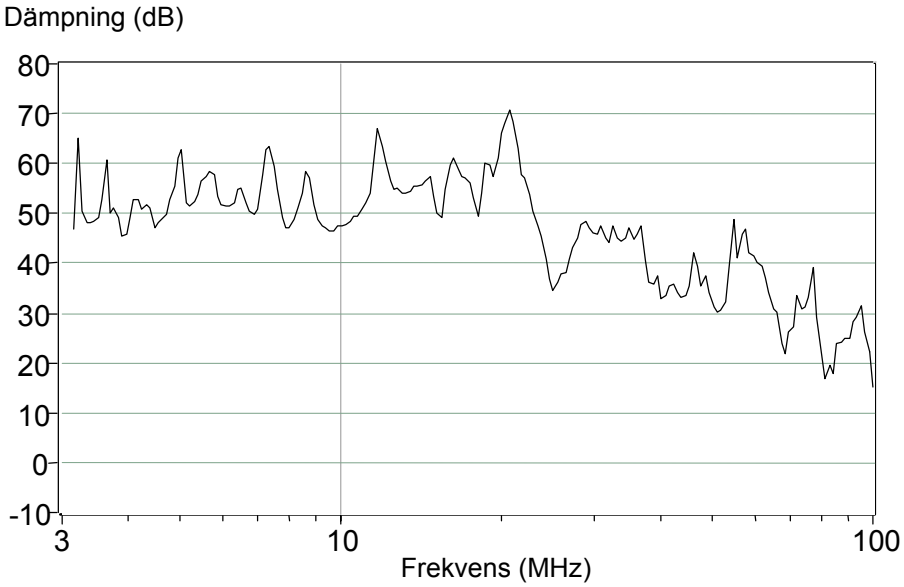
Figur 18. Planvågsdämpning i plan 1, mitt i rummet.



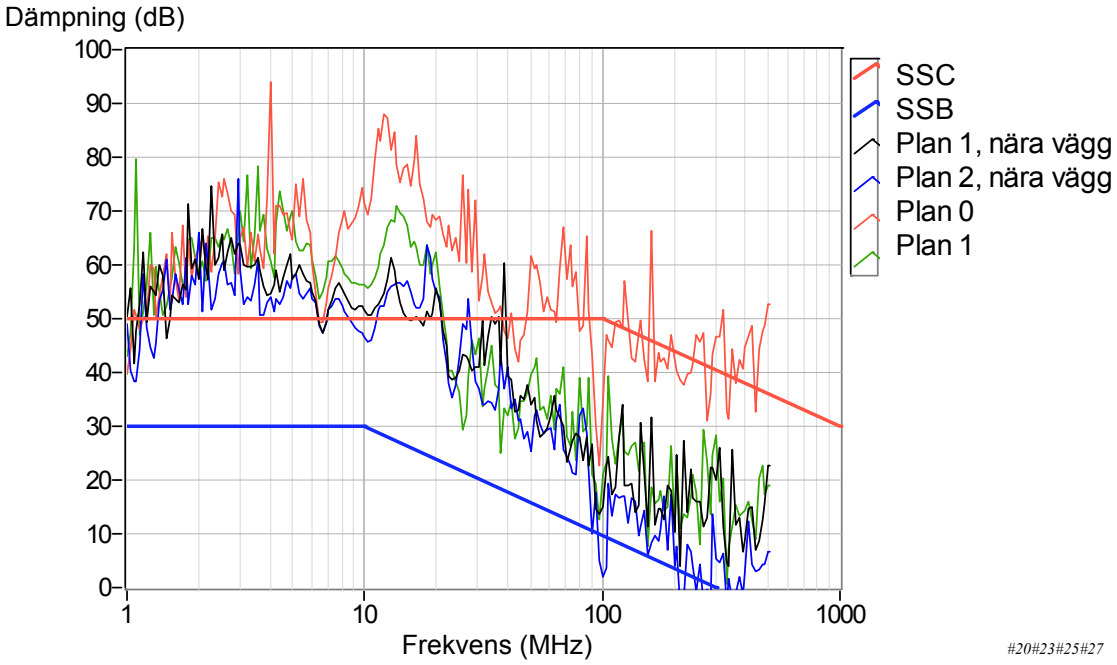
Figur 19. Planvågsdämpning i plan 1, nära vägg.



Figur 20. Planvågsdämpning i plan 2, nära vägg.



Figur 21. Planvågsdämpning i plan 1, mätt med magnetfältssond. #39#44

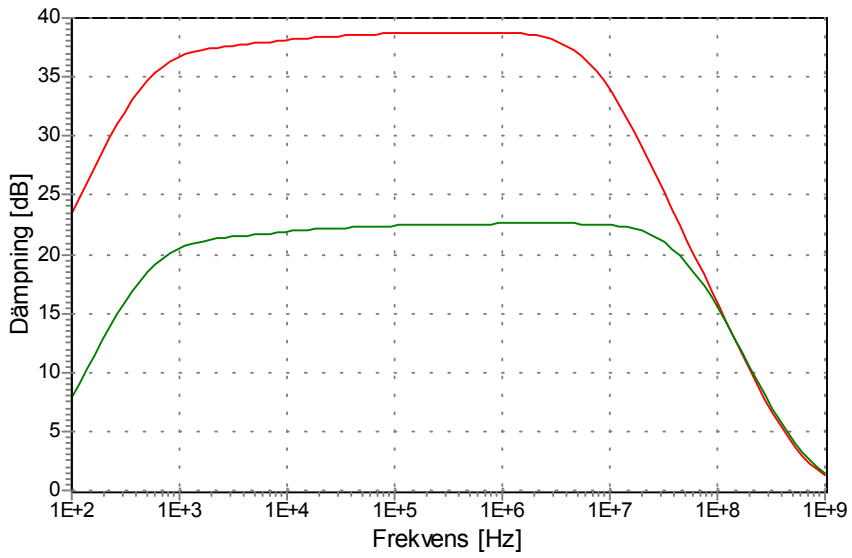


Figur 22. Planvågsdämpning i jämförelse med dämpningskrav enligt skalskyddsklasserna SS_B och SS_C.

Kommentarer

Vi kan konstatera att för frekvenser under några 10-tals MHz uppmättes, som förväntat, högre dämpningsvärden än vid den lokala mätningen. Vid högre frekvenser fås inte samma dämpningsökning, vilket också stämmer väl överens med de teoretiska analyserna. Detta innebär att gränsfrekvensen sjunker till ca 20 MHz. Från denna frekvens och uppåt minskar dämpningen med ungefär 40 dB/dekad. Detta avtagande är brantare än för en enkel bur.

I figur 23 nedan visas en dämpningsberäkning på två olika stora burar. Den ena har samma storlek som räddningscentralen medan den mindre är 3×3×3 meter stor, vilket kan sägas motsvara den lokala dämpningsmätningen. Denna beräkning är genomförd på en enkel bur med samma mått på armeringen som hos räddningscentralen.



Figur 23. Skärmningsberäkning på burar med måtten 34×18×17 meter och 3×3×3 meter, 150 mm maska, ϕ10 järn.

Vi ser här samma effekt som mätningarna visar, att dämpningen ökar med volymen men att detta gäller i första hand för frekvensområdet under brytpunkten ovanför vilken maskstorleken börjar påverka dämpningen.

Beräkningar har även gjorts på dubbel armering. Det är emellertid inte praktiskt möjligt att göra sådana beräkningar på en så stor bur som räddningscentralen. De beräkningarna genomfördes istället på en 1,65 meters kub. Resultaten visade då att en enkel bur gav en maximal dämpning på ca 20 dB och med dubbel armering fås i stort sett en sammanlagring av de två skiktens dämpning om avståndet mellan dem är större än en maskstorlek. Det innebär i vårt fall en total dämpning på knappt 40 dB. Enligt andra beräkningar på enkla burar kan vi se hur volymen påverkar dämpningen. En jämförelse mellan en 1,6 meters kub och en 34×18×17 meters bur visar att dämpningen ökar ca 20 dB. Total dämpning i räddningscentralen borde alltså bli knappt 60 dB. Vi talar nu om den plana delen av frekvensområdet, under brytfrekvensen. Kurvorna ovan visar även att den volymsberoende dämpningsökningen inte gäller vid högre frekvenser. Brytpunkten vid vilken dämpningen börjar sjunka flyttar sig nedåt från ca 50 MHz till ca 8 MHz.

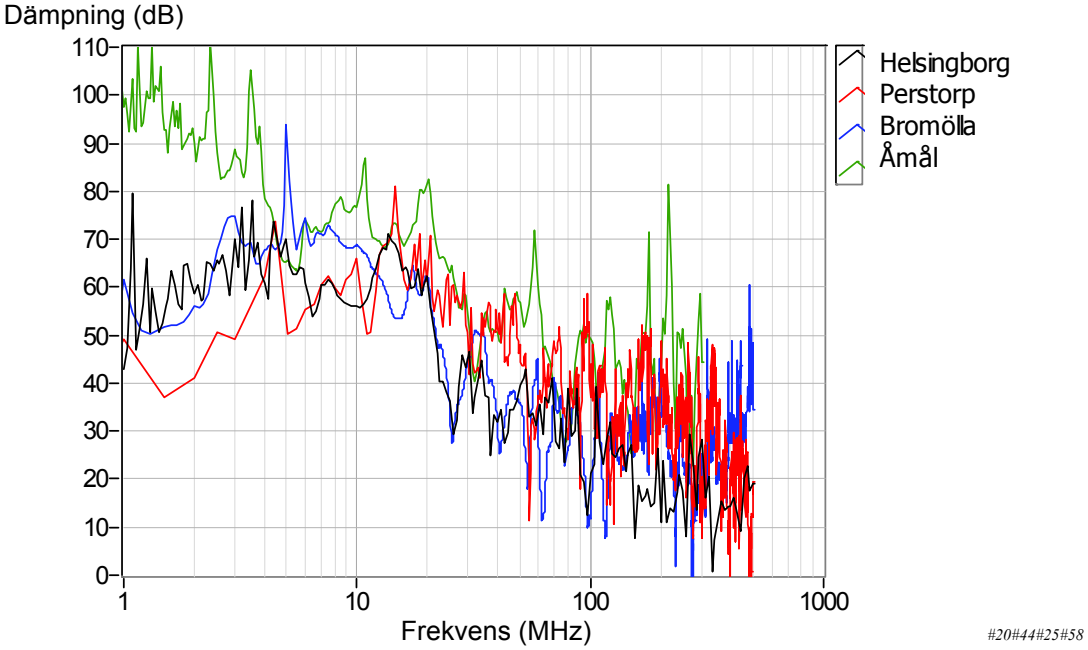
Om vi tittar på de uppmätta dämpningskurvorna, i figur 22, ser vi att detta stämmer ganska väl. Uppmätt dämpning för lägre frekvenser ligger mellan 50-60 dB. Brytpunkten ligger lite högre än 8 MHz men det beror på en resonans i anläggningen som ger en förhöjd dämpning kring 10 MHz.

Den undre kurvan i figur 23 som visar dämpningen för en enkel 3 meters kub visar en dämpning på drygt 20 dB. Enligt ovanstående kan vi då förvänta oss ca 40 dB för en dubbel bur. Tittar vi på mätresultaten från de lokala mätningarna i kapitel 9.1 ser vi att även detta stämmer bra. Även här ligger brytfrekvensen i mätresultaten lite högre än i beräkningarna men det syns tydligt att det beror på en resonans som ökar dämpningen kring 30-40 MHz. Resonansen syns också tydligt i de mer avancerade beräkningarna som genomförts på små burar.

Slutligen kan vi konstatera att i plan 0 uppfylls i stort skalskyddsklass SS_C medan i övriga plan SS_C uppfylls för frekvenser under 20 MHz och SS_B för frekvensområdet över 20 MHz. I och med att frekvensspektrum för EMP avtar långsammare än dämpningen kommer högfrekvensinnehållet att dominera hos de resulterande fälten.

9.3 Jämförelser med andra räddningscentraler

Motsvarande dämpningsmätningar har tidigare genomförts på räddningscentralerna i Åmål, Bromölla och Perstorp. Nedanstående diagram visar en jämförelse mellan de fyra olika mätningarna.



Figur 24. Planvågsdämpning i 4 olika räddningscentraler.

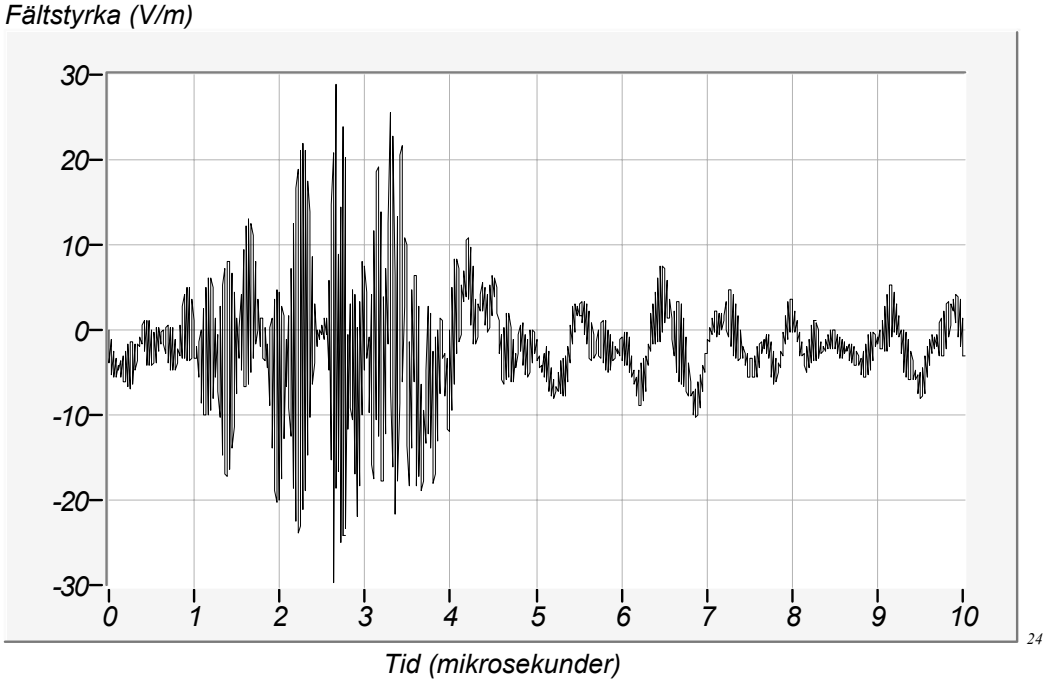
Dämpningsmätningarna beskriver knappast någon enkel kurvform utan är i allra högsta grad frekvensberoende, vilket gör att man inte utan vidare kan säga att den ena anläggningen är bättre än den andra. Vi kan ändå konstatera att för de allra flesta frekvenserna uppvisar Åmålsanläggningen den högsta dämpningen. Skillnaderna på låga frekvenser är dock förmodligen något överdrivna. Den höga lågfrekvensdämpningen i Åmålsanläggningen beror på en viss understimulering medan övriga mätningar ligger i eller nära brusnivån i detta frekvensområde.

Högfrekvensområdet, uppåt 100 MHz och däröver, tycks sämst i Helsingborgsanläggningen vilket kan bero på läckage genom dörröppningen. Övriga anläggningar hade antingen tätad dörr eller ingen dörr alls i väggen mot belysningsantennen. Den bättre dämpningen i Perstorpanläggningen för frekvenser över 10 MHz beror förmodligen på att mätningen är gjord en bit in i anläggningen och inte i ett rum gränsande mot ytterväggen.

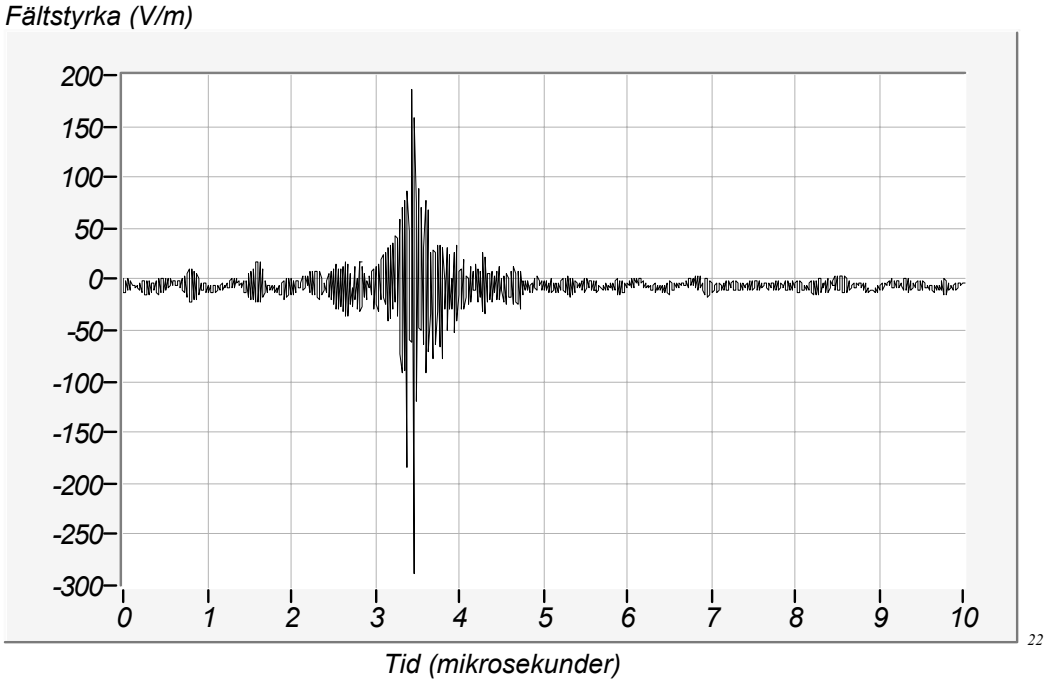
9.4 Resulterande EMP-fält

För att kvantifiera resulterande påkänningar inne i räddningscentralen har de uppmätta signalerna även extrapolerats till EMP. Genom att multiplicera erhållna dämpningskurvor med spektrumet för EMP-hotpulsen och sedan transformera över resultatet till tidsplanet har vi fått EMP-svaret i respektive mätpunkt.

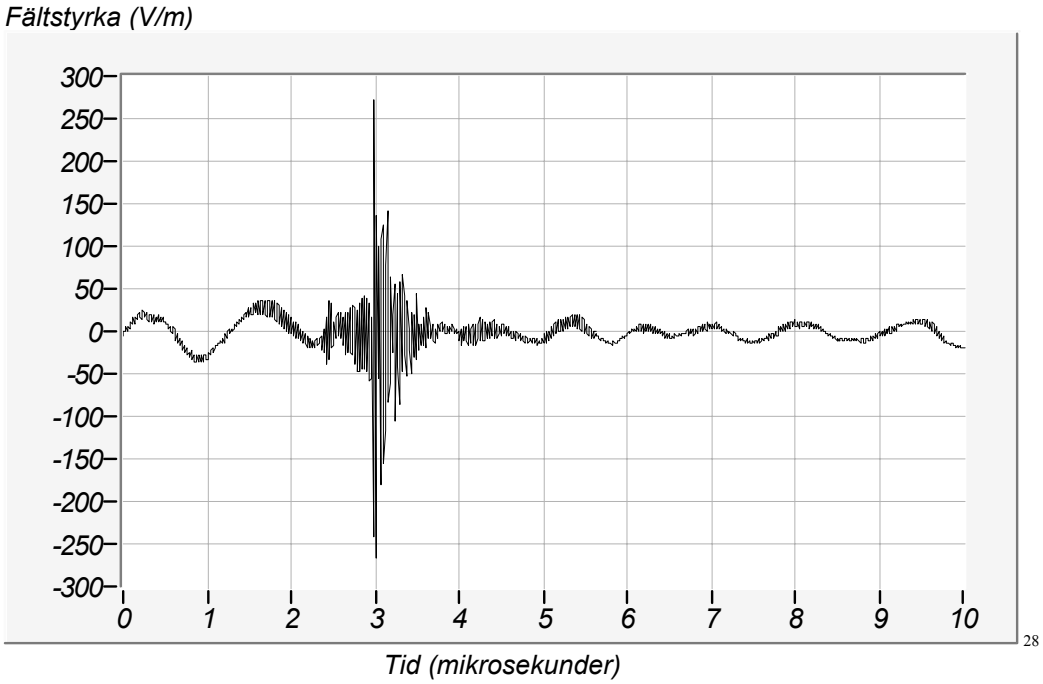
Erhållna EMP-svar visas i figurerna nedan.



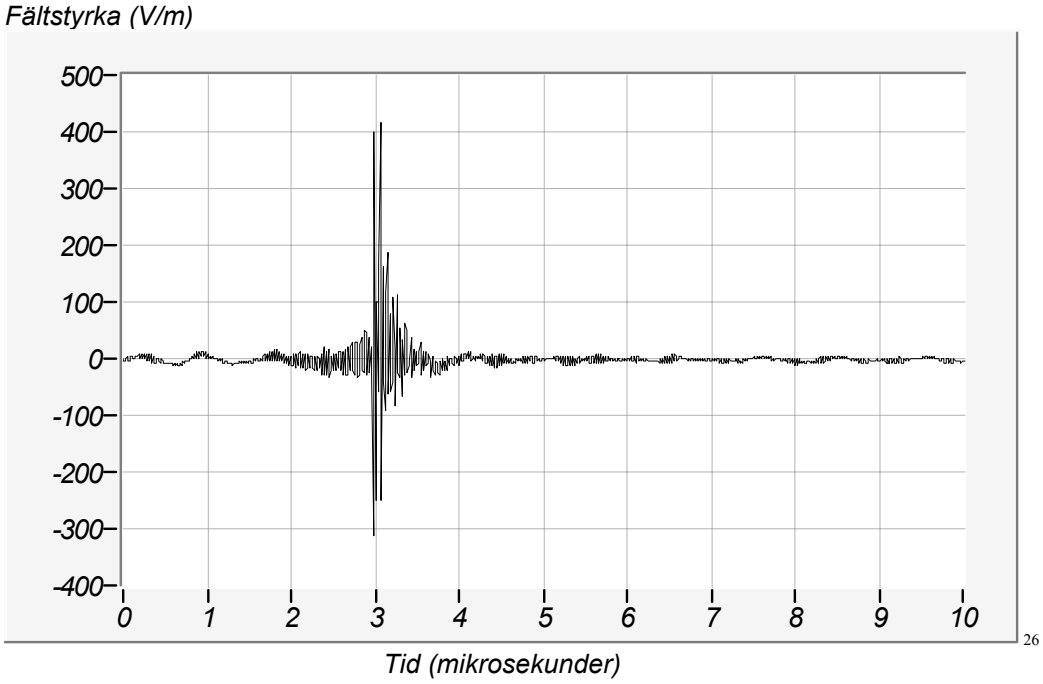
Figur 25. Fältstyrka mitt i rummet i plan 0, extrapolerad till EMP-hot.



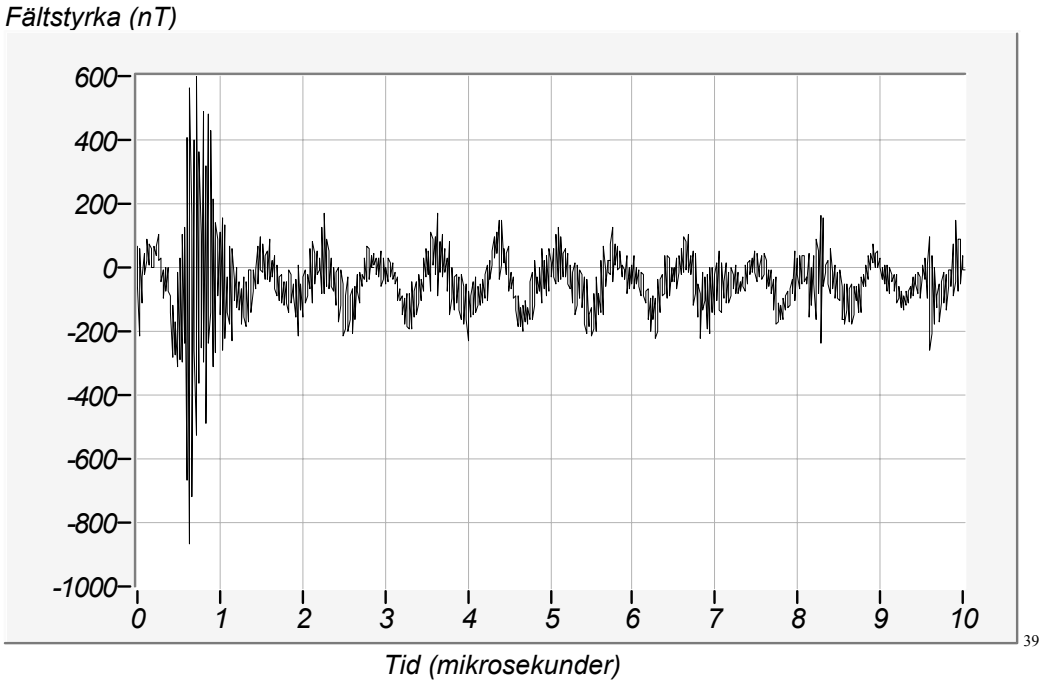
Figur 26. Fältstyrka mitt i rummet i plan 1, extrapolerad till EMP-hot.



Figur 27. Fältstyrka nära vägg i plan 1, extrapolerad till EMP-hot.



Figur 28. Fältstyrka nära vägg i plan 2, extrapolerad till EMP-hot.



Figur 29. Magnetisk fältstyrka mitt i rummet i plan 1, extrapolerad till EMP-hot.

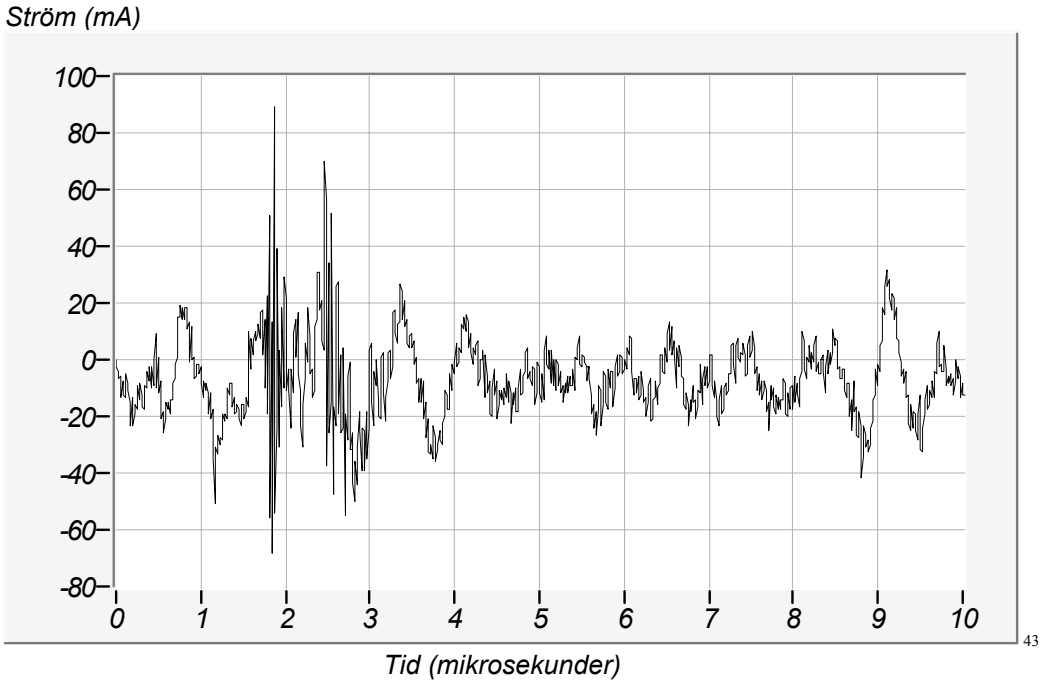
Kommentar

Vi kan konstatera att pulssvaret helt domineras av den högfrekventa delen av EMP-spektrumet. Det innebär att en ökning av dämpningen på den plana delen (under 20 MHz) inte skulle påverka pulssvaret. Det enda sättet att minska detta är att förbättra dämpningen på höga frekvenser. Det innebär förmodligen att förbättra skärmningen vid dörrar och fönster.

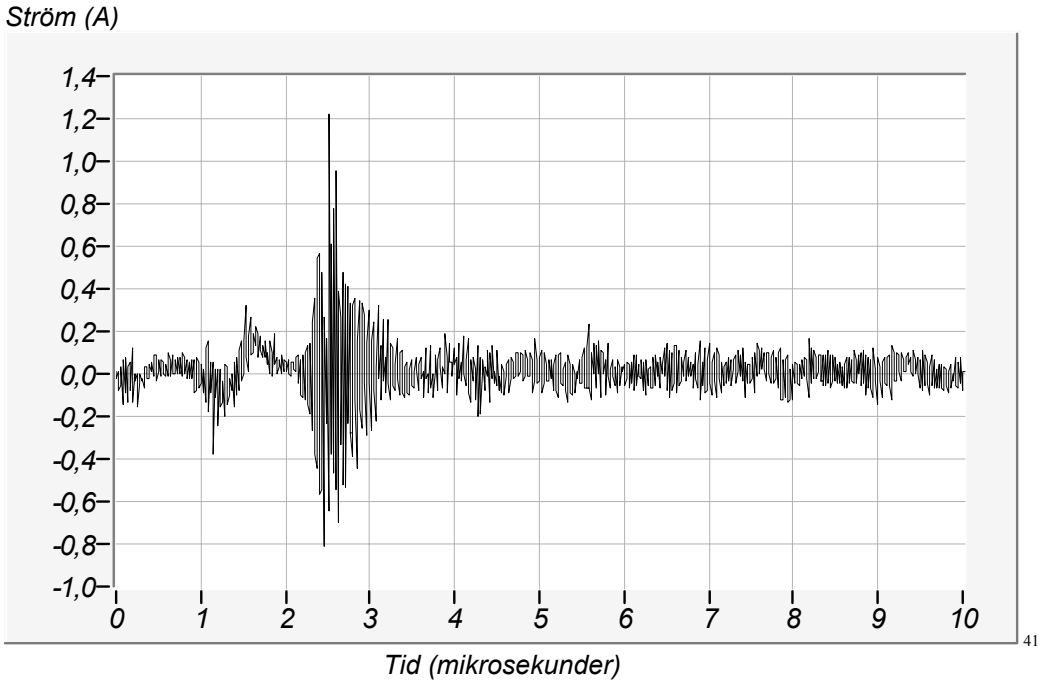
Fältstyrkan i sig säger inte så mycket om vilken påkänning EMP skulle ge på anläggningens utrustning, men den ger ändå en uppfattning om vilka nivåer man kan förvänta sig hos inducerade störningar i anläggningens interna installation. Detta beror naturligtvis i allra högsta grad på hur installationen utformas men i värsta fall kan vi förvänta oss spänningstransienter på några hundra volt. Detta är en nivå som för normal elektronikutrustning är oskadlig. All elektronik provas idag med kortvariga transienter på åtminstone 1 kV.

9.5 Resulterande EMP-strömmar

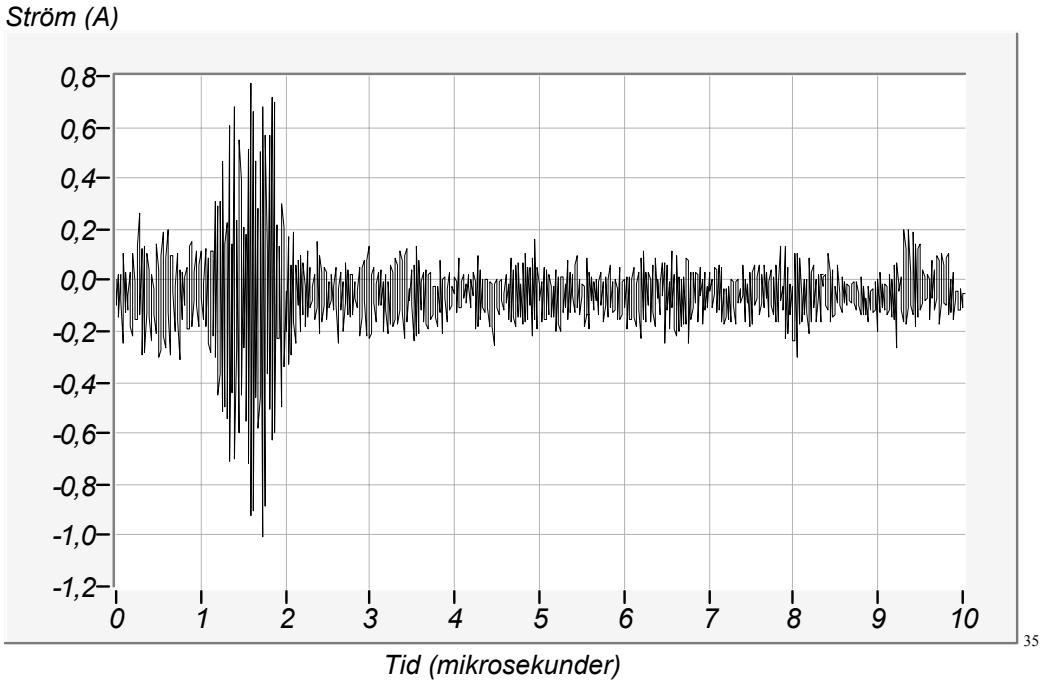
För att illustrera vad resulterande fältstyrka medför i form av inducerad ström fick en rektangulär trådslinga simulera den installation som ännu inte fanns i anläggningen. Inducerad ström i denna slinga, placerad på olika ställen i anläggningen, framgår av figurerna nedan.



Figur 30. Inducerad kortslutningsström i trådslinga monterad i plan 0, extrapolerad till EMP-hot.



Figur 31. Inducerad kortslutningsström i trådslinga monterad i plan 1, extrapolerad till EMP-hot.



Figur 31. Inducerad kortslutningsström i trådslinga monterad i plan 2, extrapolerad till EMP-hot.

Kommentar

Liksom fältet domineras de inducerade strömmarna av högfrekvensinnehållet. Vi kan konstatera att resulterande kortslutningsströmmar ligger på ca 1 A i plan 1 och plan 2 och ca 0,1 A i plan 0.

Slingan var monterad fritt i luften och skärmas inte av närliggande metallstrukturer, som oftast är fallet för en normal installation. Om installationen skärmas, antingen via skärmade kablar eller med ett förgrenat jordplan, skulle dessa strömmar sjunka väsentligt.

10. Slutsatser

Mätresultaten visar god överensstämmelse med beräkningarna. Detta gäller såväl planvågsbelysningen som de lokala dämpningsmätningarna. Den bristande sammankopplingen av den inre armeringen i plan 0 och plan 1 tycks inte ha försämrat dämpningen. Detta tyder på att det ändå blir en viss kontakt mellan armeringsjärnen som, tillsammans med betongens överbryggande förmåga, gör att även den inre armeringen ändå fungerar som en kontinuerlig bur.

Toppvärdet av resulterande fältstyrka i anläggningen begränsas till storleksordningen några 100 V/m och inducerade strömtoppvärden i simulerad installation till storleksordningen 1 A. Detta är nivåer som kan betraktas som relativt harmlösa. I plan 0 ligger nivåerna ytterligare en faktor 10 lägre. Detta är speciellt intressant eftersom huvuddelen av anläggningens tekniska utrustning kommer att installeras här.

Helt säker på att all utrustning klarar resulterande EMP-påkänning i anläggningen kan man emellertid inte vara. Man bör därför utforma installationen på ett störningståligt sätt. Hur detta kan göras framgår av räddningsverkets installationsanvisningar.

Att förbättra skärmningsegenskaperna hos armeringen förefaller bortkastat. Om man trots allt skulle vilja minska den interna EMP-påkänningen, ska man förmodligen i första hand förbättra skärmningen i dörrar och fönster. Detta kan dock aldrig ge någon stor skärmningsförbättring pga. armeringens begränsningar. Vår bedömning är att det är bättre att utforma installationen på ett sätt så att full EMP-tålighet säkerställs, istället för att försöka förbättra den yttre zongränsen.

11. Referenser

[1] Marchner M: EMP-Memo 913 – Skyddsrumsarmering som EMP-skärm, FOA Rapport C 30548-4.2, oktober 1989.

[2] Utvärdering av EMP-skydd i RC Åmål, Emicon rapport MTR-9218, februari 1992.

[3] Verifiering av EMP- och åskskydd i RC Bromölla, Emicon rapport MTR-9705, november 1997.

[4] Verifiering av EMP-skydd i RC Perstorp, Emicon rapport MTR-0003, juni 2000.

[5] Beräkningar av skärmningsegenskaperna hos armeringsbur, Räddningsverket rapport B54-225/02, juli 2002.

Bilaga

Emicon

MTR-0201

Januari 2002

VERIFIERING AV EMP-SKYDD I RC HELSINGBORG

PROVPLAN

Emicon elektromagnetisk konsult AB

Forskningsbyn Ideon, 223 70 LUND

Innehåll

Sida

1. INLEDNING 3

2. PROVPLATS 4

3. PROVPERSONAL 4

4. PROVTID 4

5. MÄTMETOD 4

5.1 ALLMÄNT 4
5.2 EMP-SIMULERING 4
5.3 DÄMPNINGSMÄTNING 8

6. MÄTPUNKTER 9

6.1 FÄLTINKOPPLING 9
6.2 DÄMPNING 9

7. MÄTUTRUSTNING 10

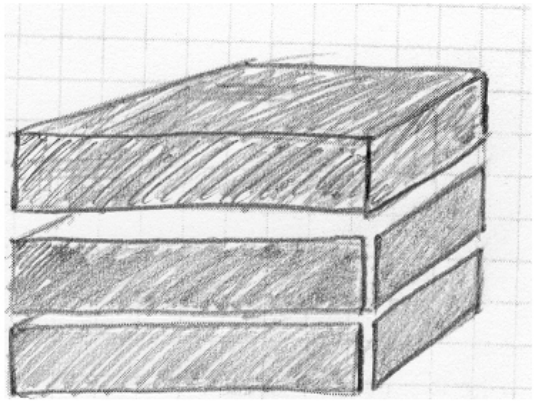
1. Inledning

Statens Räddningsverk har åt Emicon AB uppdragit att verifiera EMP-skyddet hos Räddningscentralen i Helsingborg, RC Helsingborg. Anläggningen består av en ca 18×25 m stor dubbelarmerad byggnad uppförd i anslutning till Helsingborgs nya brandstation. Anläggningsskärmen är dimensionerad för att i princip uppfylla skärmningsklass SS_c enligt FMV:s EMMA-handboken. Båda armeringslagren är utformade som burar för att utgöra elektromagnetisk skärm. Armeringsrutorna har förskjutits i förhållande till varandra. Tanken med detta är att den effektiva maskstorleken ska bli mindre. Maskstorleken är i båda lagren 150 ×150 mm. Tyvärr har det inre armeringslagret vissa brister. Av misstag har väggarnas armering ej sammankopplats sinsemellan och på samma sätt har väggarnas och golvets armering heller ej sammankopplats. Det gäller enbart plan 0 och plan 1. I plan 2 är däremot de olika väggarnas armering sammankopplad till varandra och till takets armering. Däremot är väggarnas armering ej sammankopplad med armeringen i plan 1. Den inre armeringsburen består alltså egentligen av lösa ”plattor” i plan 0 och 1 och en ”hatt” i plan 2. Se skissen nedan. Det bör påpekas att viss oavsiktlig sammankoppling mellan de olika delarna förmodligen förekommer och att den inre och yttre armeringen är sammankopplad vid samtliga dörr- och fönsterkarmar samt vid intagsplåten.

Ovanstående utförande gör att anläggningen inte har en skärm som består av två omslutande burar utan något mellanting mellan detta och en enkel bur förstärkt med ytterligare armering såsom man tidigare byggt räddningsstationer. Detta förhållande gör att mätresultaten kan bli något svårtolkade och inte helt jämförbara med de beräkningar som gjorts. Genom att komplettera belysningsprovet med lokala mätningar, i huvudsak i plan 2, tror vi att en provning ändå ska ge värdefulla resultat.

Ytterligare en komplikation är att många av utrymmena kommer att vara belamrade med vertikala metallstöttor eftersom valven är nygjutna. Mätningarna kommer därför att koncentreras till utrymmen utan stöttor. I övriga utrymmen genomförs i huvudsak mätningar nära vägg och med horisontellt polariserat fält.

Den förestående verifieringen syftar till att undersöka armeringens skärmande verkan och avser inte någon fullständig verifiering av anläggningens EMP-skydd. Detta dokument utgör provplan för mätningarna.



Figur 1.1. Inre armeringens väggar är sammankopplade endast i plan 2

2. Provplats

RC Helsingborg i anslutning till Helsingborgs nya brandstation, station 21.

3. Provpersonal

Provledare: Sven Garmland, Emicon AB, Forskningsbyn Ideon, 223 70 LUND.
Tfn 046-286 46 30 eller 0708 21 24 80 fax: 046 286 85 07,
e-post: sven@emicon.se

4. Provtid

Provningen genomförs under vecka 204, 25-27 januari 2002.

Provningen genomförs eventuellt under både dag- och kvällstid.

5. Mätmetod

5.1 Allmänt

Mätningarna syftar till att bestämma den elektromagnetiska kopplingen genom armeringen. Eftersom armeringens utförande skiljer i de olika planen kommer provningen dels att genomföras med en planvågsbelysning där sändarantennen placeras på ca 50 meters avstånd och dels med lokal belysning med en mindre sändarantenn placerad på olika ställen omedelbart utanför väggen. Härigenom får vi kunskap dels om den allmänna EMP-verkan i anläggningen och dels en jämförelse mellan de olika armeringsmetodernas egenskaper.

Eftersom anläggningen saknar installation genomförs ström- och spänningsmätningar i en simulerad installation. Denna består av en ca 2×6 meter, rektangulär trådslinga. Slingan placeras på olika ställen på samtliga plan i anläggningen.

5.2 EMP-simulering

Anläggningen belyses med ett elektromagnetiskt fält av planvågskaraktär. För detta krävs att sändarsystemet placeras på relativt långt avstånd från anläggningen. Detta innebär i vårt fall ca 50 meter. Exakt placering väljs i samband med provningen men placeringen blir förmodligen öster om räddningscentralen.

Vid bestämning av fältinträngning genom skärmen är det önskvärt att anläggningen belyses med ett homogent fält av planvågskaraktär. Anläggningen är lokaliserad i huvudsak ovan jord i ett område relativt fritt från störande föremål varför en belysning av anläggningen med ett sådant fält är relativt enkel att åstadkomma. Belysningen kommer att genomföras på anläggning utan externa kablar vilket medför att några speciella hänsyn till sändarplatsens placering med avseende på sådana ej behöver tas.

Huvuddelen av mätsystemet placeras i ett kontor i byggledningens bod.

Sändarsignalen skickas från mätsystemet till sändarplatsen via optisk fiber. Likaså kommer mottagarsignalen inifrån anläggningen att skickas till mätsystemet via optisk fiber.

Ett sändarsystem med två dipolantenner placeras på ca 50 meters avstånd från anläggningen. Mätutrustningen placeras inne i byggledningens bod och sändarsignalen skickas härifrån till sändarsystemet via fiberoptisk länk. Signalen förstärks där m h a två effektförstärkare. Förstärkarna och fiberlänken strömförsörjs via ett mindre mobilt elverk.

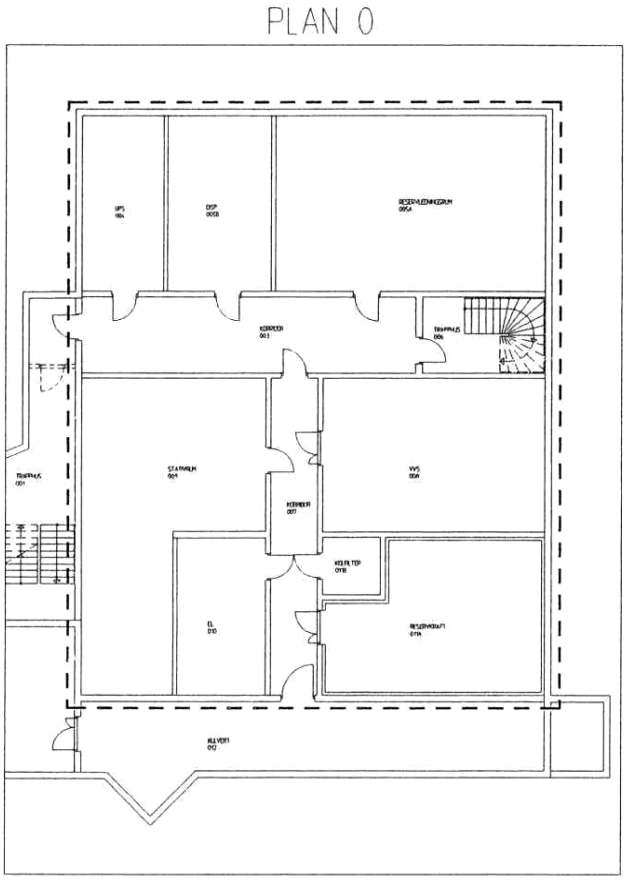
E-fältmätningarna görs med sfärisk dipol som har fiberoptisk överföring av mätsignalen till mätmottagaren. Magnetfältsmätningarna görs med loopantenn kopplad direkt till fiberoptisk överföring. Strömmar mäts med strömtransformator, också kopplad via fiberoptisk länk till mätmottagaren. De fiberoptiska länkarna garanterar att inga extra inkopplingsvägar in i anläggningen skapas eller att någon oönskad kopplingsväg mellan sändarantenn och provobjekt eller mätutrustning uppstår.

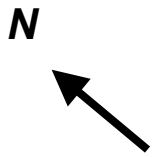
Utanför räddningscentralen genomförs mätningar av dels elektrisk och magnetisk fältstyrka och dels inducerad ström i en relativt stor slinga som senare placeras inne i anläggningen. Fältstyrkan används som referensfält vid extrapoleringen av mätdata internt i anläggningen och strömmen i slingan används som jämförelse med motsvarande mätning inne i anläggningen. Tanken med strömmätningen är att simulera koppling till intern installation.

När ett relevant referensfält bestämts genomförs mätningar av elektrisk och magnetisk fältstyrka inne i anläggningen. Fältstyrkan mäts i ett 10-tal mätpunkter som väljs ut i samband med mätningen. Fältmätningen kompletteras med mätning av inducerad ström i trådslingan placerad på några olika platser i anläggningen. Mätningarna genomförs framför allt i utrymmen som vetter mot sändarsystemet.

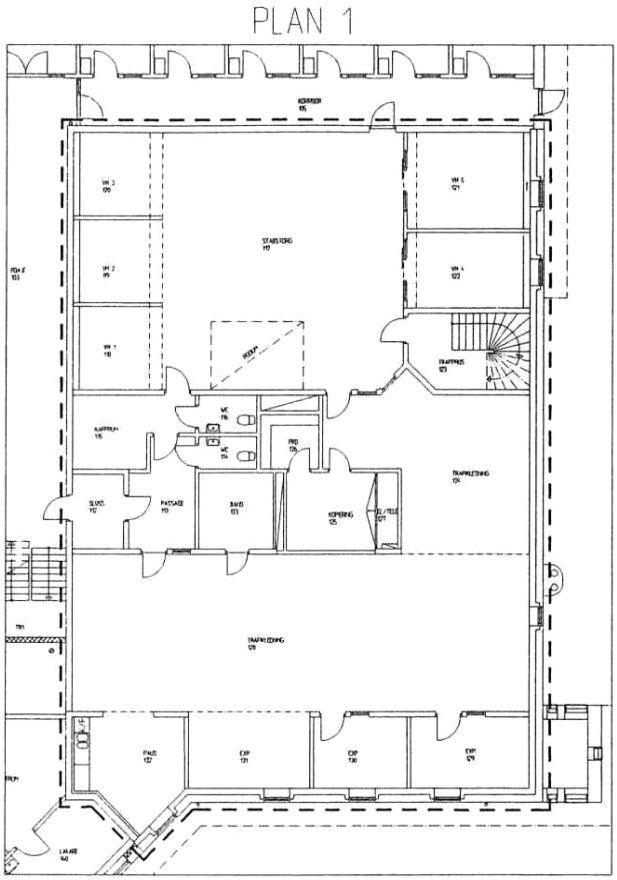
I anläggningen inträngande fält relateras till bestrålningsfältet mätt i referenspunkten utanför och extrapoleras till hotfältstyrka med presentation i både frekvens- och tidsplanet. Som hotfält används den dubbelexponetiella standardpulsen $E(t)=E_0(e^{-\alpha t}-e^{-\beta t})$ med toppvärde 50kV/m och $\alpha=3\cdot10^7$ samt $\beta=5\cdot10^8$. Mätningarna genomförs med ett stort antal frekvenser fördelade från 1 MHz till 500 MHz.

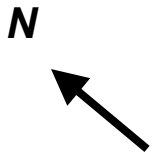
Räddningscentralens planlösning visas i figurerna 5.1-5.3 nedan och skärmningskraven enligt skalskyddsklass SS_B och SS_c framgår av figur 5.4 nedan.



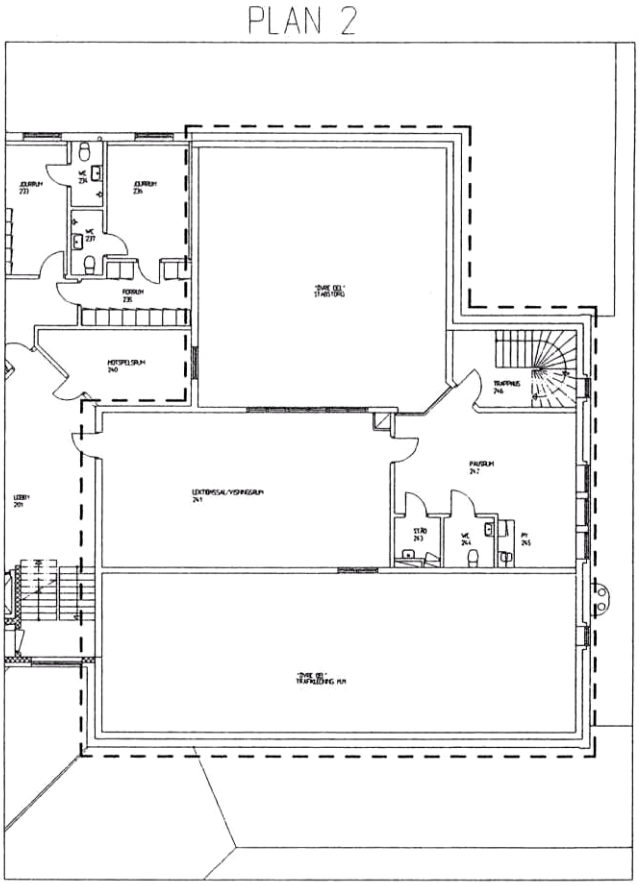


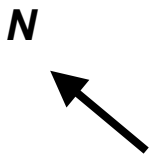
Figur 5.1 Planlösning, plan 0.



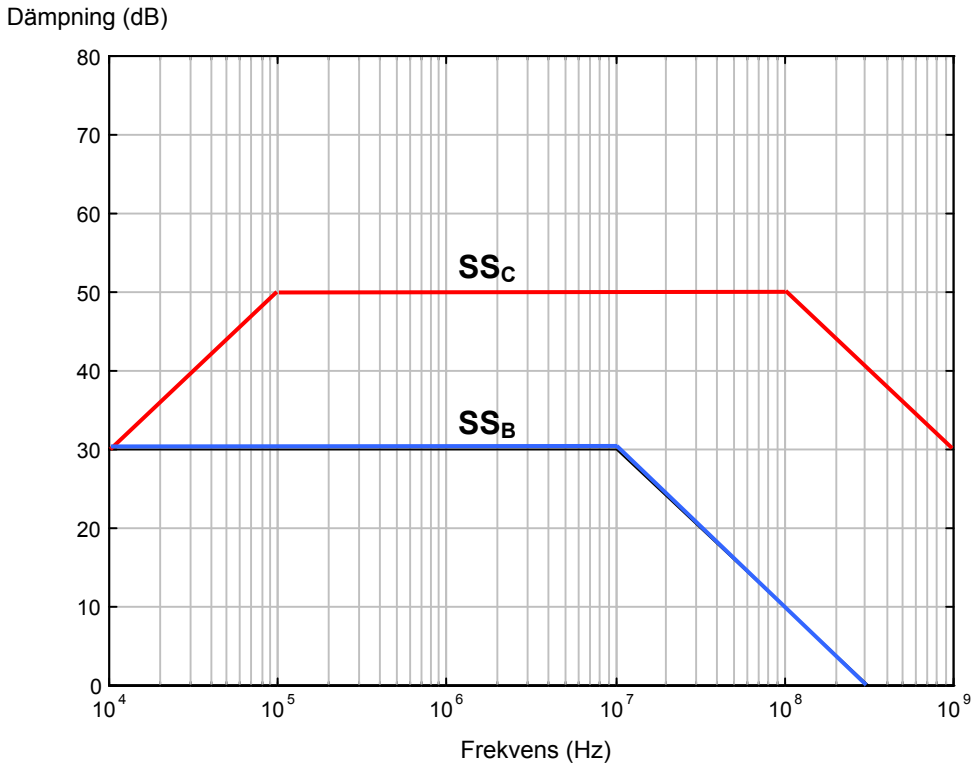


Figur 5.2 Planlösning, plan 1.





Figur 5.3 Planlösning, plan 2.

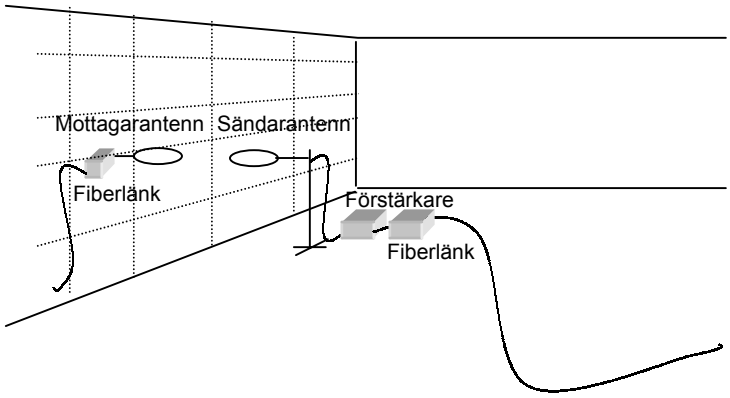


Figur 5.4 Dämpningskrav för skalskyddsklass SS_B och SS_C enligt EMMA-handboken.

5.3 Dämpningsmätning

Eftersom skärmningen inte är utförd på riktigt sätt i hela anläggningen finns det skäl att studera skärmningseffektiviten även lokalt. Metoden för detta är att göra en partiell belysning där endast en mindre del av en vägg undersöks. Härigenom kommer väggens dämpning att kunna bestämmas trots att skärmen inte är helt sluten.

Belysningen genomförs då med hjälp av en liten sändarantenn på ca 1 meters avstånd från väggen. Resulterande fält mäts på andra sidan väggen på samma avstånd. Resultatet jämförs med motsvarande mätning utan vägg mellan antennerna. Dämpningen definieras som skillnaden mellan de två mätresultaten. Mätuppställningen framgår av figur 5.5 nedan.



Figur 5.5. Mätuppställning för dämpningsmätning.

Denna mätning genomförs på samtliga 3 våningsplan.

6. Mätpunkter

6.1 Fältinkoppling

Referensfältet mäts i en punkt belägen lika långt från sändarantennen som anläggningen men vid sidan om densamma så att det ostörda fältet erhålles. Fältstyrkan mäts 2 meter över markytan. På samma plats arrangeras en rektangulär trådslinga med höjden 2 m och längden 6 m. I slingan mäts kortslutningsström.

Inkopplingen mäts i form av både resulterande fält i anläggningen och inducerad ström i trådslingan som får simulera installationen. De exakta punkterna väljs ut i samband med mätningen så att erhållna resultat successivt kan ligga till grund för fortsatt urval och härigenom ge en representativ bild av EMP-påverkan på anläggningen.

6.2 Dämpning

Den lokala dämpningen mäts i minst en punkt per våningsplan. Referensmätningen görs på en yta fri från störande föremål.

7. Mätutrustning

Instrument	Typ
Spektrumanalysator	Hewlett-Packard 8594E
Nätverksanalysator	Hewlett-Packard 4195A
Oscilloskop	Hewlett-Packard 54502A
E-fältsantenn	NanoFast 709-2
B-fältsantenner	LoopMJ.1
Mätförstärkare	Mini circuits ZFL-1000LN
Mätantenn	Aktiv monopol Pinfet 1m
Strömprob	Stoddart 91550-1
Sändarantenner	Vertikala sprötantenner med jordplan
Spänningsprob	Hewlett-Packard FET-prob
Effektförstärkare	LCF1000-10-10-25A
Effektförstärkare	Amplifier Research 15A250
Fiberoptisk länk	NanoFast OP300/2A
Dator	Dell Inspiron med LabView 6.0

Räddningsverket, 651 80 Karlstad
Telefon 054-13 50 00, telefax 054-13 56 00

Beställningsnummer B54-224/02. Telefax 054-13 56 05, telefon 054-13 57 10