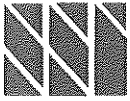


SSI-rapport 94-02



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Institute

Postadress
171 16 STOCKHOLM

Gatuadress
Karolinska sjukhuset
Solna

Telefon
08-729 71 00

Gert Anger

Magnetfält från barnkuvöser och barnvärmebäddar

STATENS
STRÅLSKYDDSinSTITUT

94. 07. 28

BIBLIOTEKET

ISSN 0282-4434

Pris: 50 kronor

series
[160]



Titelblad / Title page

Författare / Author:

Gert Anger

Avdelning / Division:

Enheten för ickejoniserande strålning

Dokumentets titel / Title of the document:

Magnetfält från barnkuvöser och barnvärmebäddar

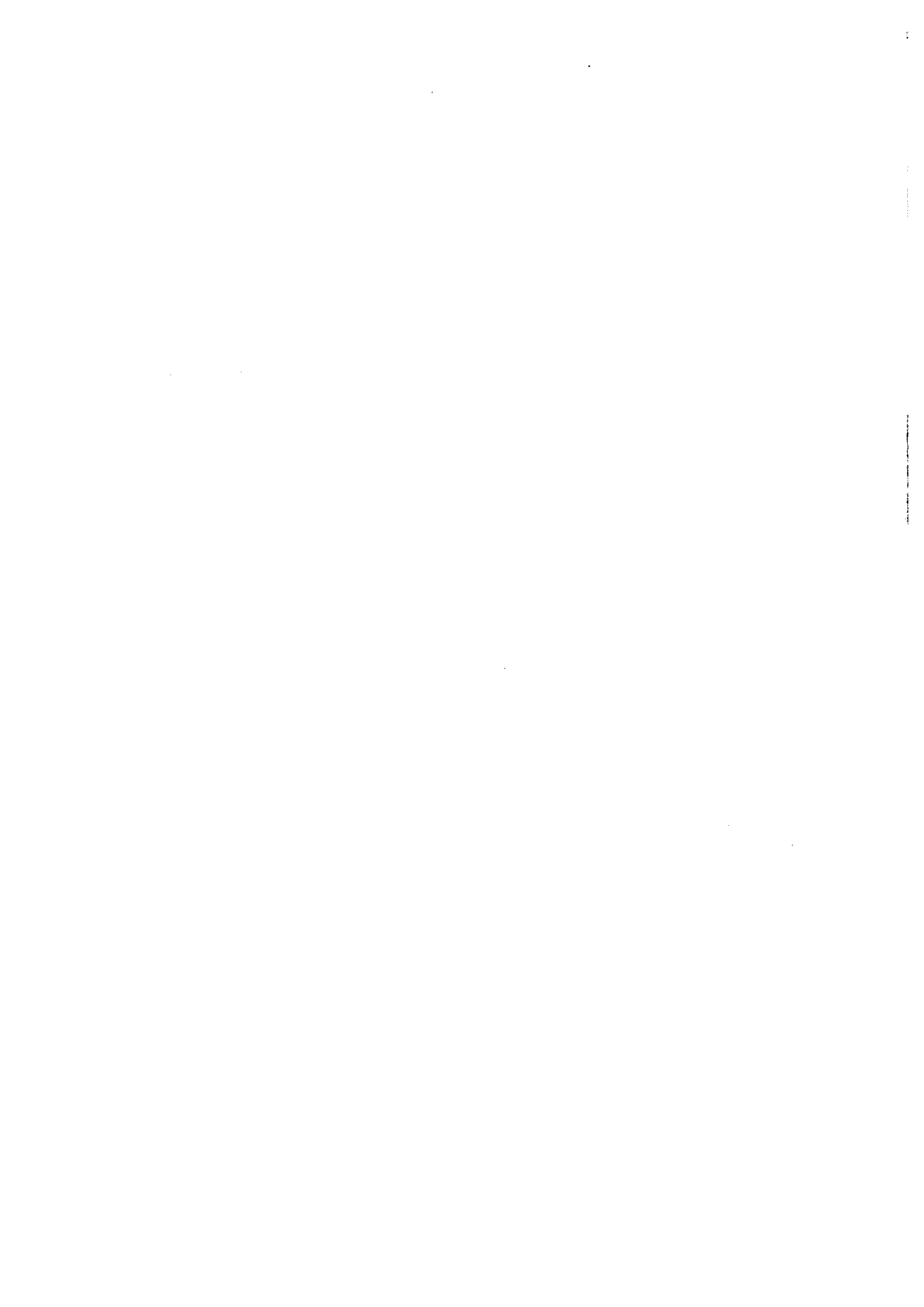
Sammanfattning / Abstract:

I undersökningen mättes magnetfälten från fyra olika barnkuvöser samt en växelströms- och en likströmsmatad barnvärmebädd. Mätningarna påvisade en starkt varierande, inhomogen magnetfältsfördelning i kuvöserna. Tre kuvöser hade inom ett begränsat område på kuvösbädden ett magnetfält på 1 - 2 μT . Fältet avtog till ca. 0,3 μT utanför denna area. I den fjärde kuvösen var fältet starkare än 1 μT över nästan hela ytan av bädden och ökade till ungefär 5 μT i ett avgränsat område. Magnetfältet från den växelströmsdrivna värmebädden var omkring 2 μT över hela madrassen. Den likströmsmatade värmebädden hade inget 50 Hz magnetfält men alstrade ett statistiskt fält på 0,8 μT .

Nyckelord (valda av författaren) / Key words (chosen by the author):

Barnkuvös, barnvärmebädd, magnetfält, magnetisk flödestäthet.

Antal sidor / Number of pages: 33



MAGNETFÄLT FRÅN BARNKUVÖSER OCH BARNVÄRMEBÄDDAR

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning.....	1
1. Inledning.....	2
2. Materiel och metoder.....	3
2.1 Mätobjekt.....	3
2.2 Mätutförande.....	4
3. Mätresultat.....	5
3.1. Kuvös Isolette C 86-H.....	5
3.2. Kuvös Isolette C100-2E.....	7
3.2.1 Magnetfält i kuvösen.....	7
3.2.2 Magnetfält utanför kuvösen.....	11
3.2.3 Magnetfält i kuvösen tillsammans med lysrörsarmatur.....	11
3.3 Kuvös Dräger 8000.....	13
3.3.1 Magnetfält i kuvösen.....	13
3.3.2 Magnetfält utanför kuvösen.....	16
3.4 Kuvös Ohmeda II.....	17
3.4.1 Magnetfält i kuvösen.....	17
3.4.2 Försök att avskärma magnetfält i kuvösen.....	20
3.4.3 Magnetfält utanför kuvösen.....	20
3.5 Barnvärmebädd Kanthal.....	21
3.5.1 Magnetfält från värmebädden.....	21
3.5.2 Magnetfält från kontrollenheten.....	23
3.5.3 Magnetfält från värmebädden tillsammans med kuvösen Isolette C 86-H.....	23
3.6 Barnvärmebädd Noratel.....	23
4. Diskussion.....	23
5. Sammanfattning.....	27
5.1 Svensk sammanfattning.....	27
5.2 Summary.....	28
6. Erkännande.....	29
7. Literaturförteckning.....	29
Bilaga 1.....	30
Bilaga 2.....	31
Bilaga 3.....	33

MAGNETFÄLT FRÅN BARNKUVÖSER OCH BARNVÄRMEBÄDDAR

1. Inledning

Under de senaste 20 åren har åtskilliga studier gjorts med syftet att belysa eventuella hälsoskadliga inverknings av magnetiska fält på människan. Det finns också ett antal jämförande genomgångar och granskningar av de hittills framlagda undersökningar (1), (2). Resultaten av två omfattande svenska epidemiologiska studier från 1992, (3), (4) ansågs stödja hypotesen att det kan finnas ett samband mellan magnetfältsexponering och utveckling av vissa cancersjukdomar, framför allt olika typer av leukemi hos barn och vuxna. Det återstår dock många frågetecken, bl.a. känner man ej till några bakomliggande biologiska mekanismer som skulle kunna förklara svaga lågfrekventa magnetfält eventuella hälsoskadliga effekter på människokroppen.

SSI har i en informationsskrift (5) framlagt sin syn på magnetfältproblematiken. Därvid påpekas att hälsoriskerna med magnetiska fält bedöms som relativt små. Med hänsyn till det osäkra bedömningsläget men även till den oro en del av befolkningen känner inför de hittills okända riskfaktorerna förespråkar SSI en inställning av måttfullt undvikande gentemot elektromagnetiska fält. Detta innebär bl.a. att åtgärder som till rimlig kostnad minskar exponeringen för människor som stadigvarande vistas i förhöjda magnetiska fält anses befogade, men att man ska avvakta med kostsamma ombyggnader av befintliga installationer om exponeringen högst uppgår till några tiotals gånger vad som kan anses vara normalvärden.

Ett måttfullt undvikande bör också innebära att framtida magnetfältsexponeringar reduceras genom att dagens konstruktörer redan vid ritbordet strävar efter att nya utrustningar genom rimliga åtgärder alstrar så lite onödiga magnetiska strömfält i omgivningen som möjligt. Bildskärmar är ett exempel, där man bl.a. genom frivillig provning och användarnas efterfrågan har lyckats att främja framtagandet av nya konstruktioner som alstrar betydligt mindre elektriska och magnetiska fält än för några år sedan utan att synergonomiska eller andra egenskaper försämrades eller kostnadskraven blev för höga. Det kan också nämnas att leverantören till en av barnvärmebäddarna i denna undersökning kunde visa upp en alternativ prototyp, vars magnetfält ej översteg bakgrundsnivån.

Denna undersökning skall lämna ett bidrag till en inventering av utrustningar som leder till förhöjda magnetfält i områden där människor, i detta fall spädbarn, uppehåller sig under en längre tid. Avsikten är dock inte enbart att kartlägga kuvös barnens tänkbara exponering för magnetiska fält utan också att belysa några svårigheter i samband med uppmätningen av relevanta exponeringsförhållanden.

2. Materiel och metoder

2.1 Mätobjekt

I denna undersökning mättes magnetfälten från fyra spädbarnskuvöser, två barnvärmebäddar och en belysningsarmatur från Karolinska sjukhusets neonatalavdelning. Utrustningar nyttjas vid behandling av för tidigt födda och icke fullt utvecklade spädbarn. Vid driften av en kuvös dras en kontrollerad mängd luft (i vissa fall även syrgas) genom ett filter in i ett fläkthjul och transporteras sedan via ett värmeelement (och eventuell ett luftfuktningsskär) vidare till kuvöskabinen. Kuvösens innetemperatur styrs antingen med lufttemperaturen i kabinen eller med patientens hudtemperatur som utgångsläge för att uppnå en önskad luft- respektive hudtemperatur. Vid denna undersökning användes endast lufttemperaturen för att kontrollera kuvösvärmarens effekt. Kuvöernas bäddar i kabinen kunde höjas till olika lägen ovanför kuvösens bottenplatta.

Följande mätobjekt ingick i undersökningen:

1. Kuvös Isolette C 86-H, Air Shields, (serienummer FS 13080). Märkeffekten angavs till 280 W. Kuvösbäddens innermått var 640 mm x 360 mm. Efter inställning av en önskad temperatur kunde kuvösens lufttemperatur automatiskt regleras mellan 20 °C och 38 °C. Den aktuella temperaturen återgavs på ett analogt visarinstrument. Ett annat visarinstrument indikerade värmeelementets effektförbrukning på en skala med indelning 0, 1/4, 1/2, 3/4 och full.

2. Kuvös Isolette, modell C 100-2E, Air Shields, (serienummer JW 5235, 390-450W, inventarienummer 101543, Nordvästra sjukhusområdet). Effektförbrukning angavs till 390 W. Kuvösbäddens innermått var 640 mm x 360 mm. Lufttemperaturen kunde regleras inom området 20 - 38 °C. Den mättes med en termistor och visades digitalt på ett sifferfönster. Informationen om uppmätt temperatur leddes till en styrkrets, som reglerade värmeelementets effekt så att denna blev proportionell till skillnaden mellan uppmätt och inställd temperatur. En indikator, "Heater", visade med antalet tända lysdioder, sammanlagt fyra stycken, den relativa effekt som tillfördes värmeelementet vid det aktuella tillfället.

Denna kuvös användes vid några mätningar även tillsammans med en skyddsglasförsedd belysningsarmatur Fluoro-Life Phototherapy Unit från Air-Shields Vickers, modell PT533-2E, 140 W, (serienummer FE 00482, inventarienummer 15051, Nordvästra sjukhusområde). Den 690x330x110 mm stora plåtarmaturen satt på höjbart, hjulförsett stativ och var utrustad med fyra lysrör av typ Sylvania standard F20W 154-RS Daylight. Med hjälp av två strömbrytare kunde man tända antingen de två yttersta lysrören eller alla fyra lysrör på en gång. Samtidigt med lysrören slogs också en fläkt på, som var inbyggd på samma kortsida av armaturen som strömbrytarna.

3. Kuvös Dräger 8000, typ 2M20013 (serienummer ARBF 0001, 11/M-008/87, inventarienummer 14804, Nordvästra sjukhusområde). Effektförbrukningen angavs till 400 W. Kuvösbäddens innermått var 680 mm x 310 mm. Lufttemperaturen av denna mikroprocessorstyrda kuvös kunde ställas in mellan 28 °C och 39 °C. Innertemperaturen visades på en display. Driftläget för värmeelementet indikerades av en lysdiod. När denna var tänd var full värmareffekt på. Vid blinkande lysdiod skedde uppvärmning i takt med styrningen, och vid släckt lysdiod var inställd temperatur överskriden.

4. Kuvös Ohmeda II Ohio Care Plus, BOC Health Care Company (serienummer HBV00002, inventarienummer 100911, MTA Karolinska sjukhus). Den nominella effekt-

förbrukningen vid maximal värmareffekt var enligt bruksanvisningen 450 W. Kuvösbäddens innermått var 650 mm x 350 mm. Lufttemperaturen av denna mikroprocessorstyrda kuvös kunde ställas in mellan 20 °C och 37 °C, respektive 39 °C efter tryckning på knappen "Överskrid till 39 °C". Kuvösens innertemperatur visades på en lufttemperaturdisplay. Vid avvikelse av denna från den inställda kontrolltemperaturen slog styrsystemet på eller av värmeelementet. Den genomsnittliga värmareffekten under den senaste minuten indikerades av fyra lysdioder (100 %, 75 %, 50 % och 25 %) som procent av den maximala effekten.

5. Barnvärmebädden från KanMed bestod dels av vattenmadrassen KM10, nr. 331-0040 och värmedynan Kanthal Medical Heating, typ 3785 B och dels av kontrollenheten B50W, No. 242-0047, serienummer 266. Värmedynans effektförbrukning angavs till 50 W vid 24 V AC. Dynan var instoppad i en ficka under vattenmadrassen och via en ca. 1 m lång sladd ansluten till kontrollenheten, som matade värmedynan med 24 V växelström. Vattenmadrassen rymde 10 l vatten och var då 340 mm bred, 560 mm lång och 60 mm tjock. Värmedynan, med måtten 330 mm x 430 mm x 1,5 mm, var uppbyggd av PVC-skivor, mellan vilka en värmefolie och 5 stycken termistorer för temperaturreglering var ingjutna. Temperaturen kunde regleras mellan 35 och 38 °C. Kontrollenheten höll värmedynan på inställd temperatur med en tolerans på ± 0,5 °C. Den hade också en digital display, som visade värmedynans aktuella temperatur och en lysdiod som, genom att vara tänd eller släckt eller genom att blinka, indikerade den till värmedynan tillförda effekten.

6. Barnvärmebädden från Noratel, Hokksund, Norge, utgjordes av en 38 x 52 cm stor likströmsmatad värmedyna, som var inbäddad i en mjuk 42 x 66 cm stor och 6 cm tjock madrass. Dynan anslöts med en ca 1,7 m lång sladd till en plastingjuten transformator och likriktare (9 x 13 x 8 cm), typ LFS 18-6, märkeffekt 25 W. Primärsidan var märkt med 230 V, 50 Hz, 0,2 A och sekundärsidan med 6,5 V DC, 3 A. Transformatorn koplades via en 2 m lång sladd med jordad stickpropp till nätet. Barnvärmebädden hade ingen utrustning för temperaturreglering.

2.2 Mätutförande

Magnetfälten mättes med en kalibrerad magnetfältmeter (MFM 10 från Combinova AB). Mätinstrumentet var uppbyggd av en mätkropp och en elektronikenhet. Mätkroppen bestod av tre till varandra ortogonala mätspoler med 400 varv och 110 mm diameter. En magnetisk flödestäthet B inducerade i spolarna en spänningen u enligt $u = -N \cdot A \cdot dB/dt$, där N är antal spolvarv och A spolarean. Efter integrering, filtrering och förstärkning kvadrerades och adderades signalerna från varje spole, och instrumentet visade sedan det resulterande effektivvärdet av den magnetiska flödestätheten enligt $B_{\text{rms}} = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$ i frekvensområdet 5 – 2000 Hz med en mätosgrannhet av 2 %. Mätvärden anges i det följande i μT , mikrottesla, eller nT, nanotesla ($1\mu\text{T} = 1000 \text{ nT}$). Vid några tillfällen utnyttjades även instrumentets möjlighet att registrera magnetfältens kurvform i tidsdomänen. En separat, endimensionell, kalibrerad mätspole med ett frekvensområde av 10 – 1000 Hz användes tillsammans med en mätmottagare (Rohde & Schwarz EZM och HSH3) för att göra en frekvensanalys av mätsignalen.

Vid undersökningen av kuvöserna ersattes den ca. 1 cm tjocka madrassen i bädden av en 10 mm tjock frigolitskiva. Mätinstrumentet lades på frigolitskivan varvid mätkroppens

placering definierades med hjälp av ett 5 cm-rutmönster på skivan. Mätningar gjordes vid olika höjdlägen av bädden och med olika värmeeffekter så som de angavs för de olika kuvöserna. Därvid användes även mätinstrumentets möjlighet att samla in mätvärden genom datalogging. På liknande sätt utfördes mätningar med barnvärmebädden.

Belysningsarmaturen sattes upp ovanför kuvösen Isolette C 100-2E så som den är avsedd att användas i spädbarnsvården. Magnetfälten mättes sedan inne i kuvösen med instrumentet på frigolitskivan.

Bakgrundsnivån av 50 Hz magnetfältet i mätlaboratoriet mättes både före och efter varje mätserie och överskred aldrig 30 nT.

Det statiska magnetfältet från den likströmsmatade barnvärmebädden Noratel mättes med en magnetometer av fluxgate typ (model SAM 3, Dowty Electronics, England).

3. Mätresultat

3.1. Kuvös Isolette C 86-H

Tabellerna 1 och 2 återger magnetfältsmätningar både vid bäddens nedre (tab. 1) och övre (tab. 2) läge. Höjdskillnaden mellan dessa nivåer var ca. 6 cm. Mätpunkternas avstånd från bäddens vänstra sida respektive dess framsida anges i tabellerna vid "x" respektive "y". Med framsida avses därvid kuvösens kontrollpanel. Utgångstemperaturen var 25 °C. Önskad lufttemperatur för kuvösen sattes på max, dvs 38 °C, varvid visarinstrumentet "Heating Output" indikerade "full" effektförbrukning. I figurerna 1 och 2 visas den uppmätta fördelningen av magnetfältet på kuvösens bädd i nedre och övre läge vid maximal värmeeffekt.

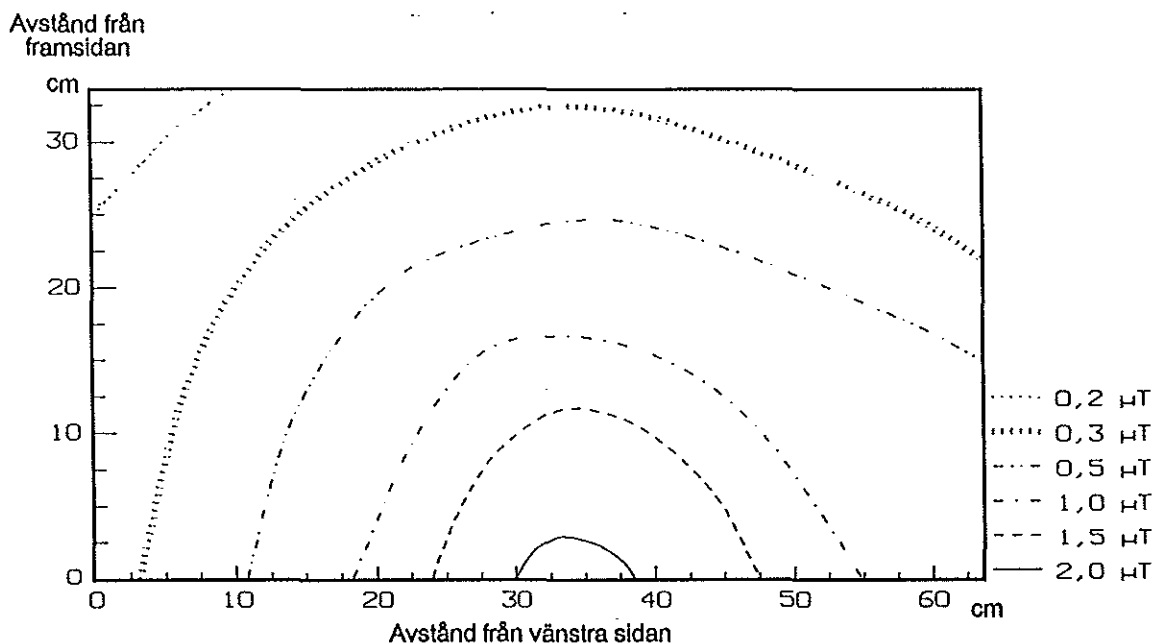
Tabell 1: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Isolette C86H. Bäddens nedre läge, värmeeffekt "full" respektive "noll" (kursiv)

y: Av- stånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
5	470	490	680 <i>700</i>	1040	1510 <i>1480</i>	1820	1910 <i>1910</i>	1810	1430 <i>1530</i>	1070	930 <i>960</i>	830
10	320	430 <i>430</i>	610 <i>600</i>	890 <i>850</i>	1240 <i>1250</i>	1550 <i>1530</i>	1630 <i>1630</i>	1530 <i>1570</i>	1170 <i>1240</i>	920	760	690
15	300	380	500	680	930	1160	1160	1070	900	720	650	560
20	260	330	400	530	650	750	780	730	630	530	460	410
25	240	280 <i>320</i>	320	380	460	500	520 <i>490</i>	480	440	410 <i>390</i>	350	310
30	210	240	270 <i>260</i>	320	330 <i>330</i>	350	360 <i>360</i>	350	320 <i>320</i>	290 <i>300</i>	270	230

Efter att den från början inställda lufttemperaturen hade uppnåtts minskades den önskade temperaturen till 20 °C, varvid effektförbrukningen enligt visarinstrumentet gick ner

från "full" till "noll". Magnetfälten vid dessa driftförhållanden återges i tabellerna 1 och 2 i kursiv stil.

Figur 1: Magnetisk flödestäthet (μT) i kuvösen Isolette C86H. Bäddens nedre läge, max värmeeffekt



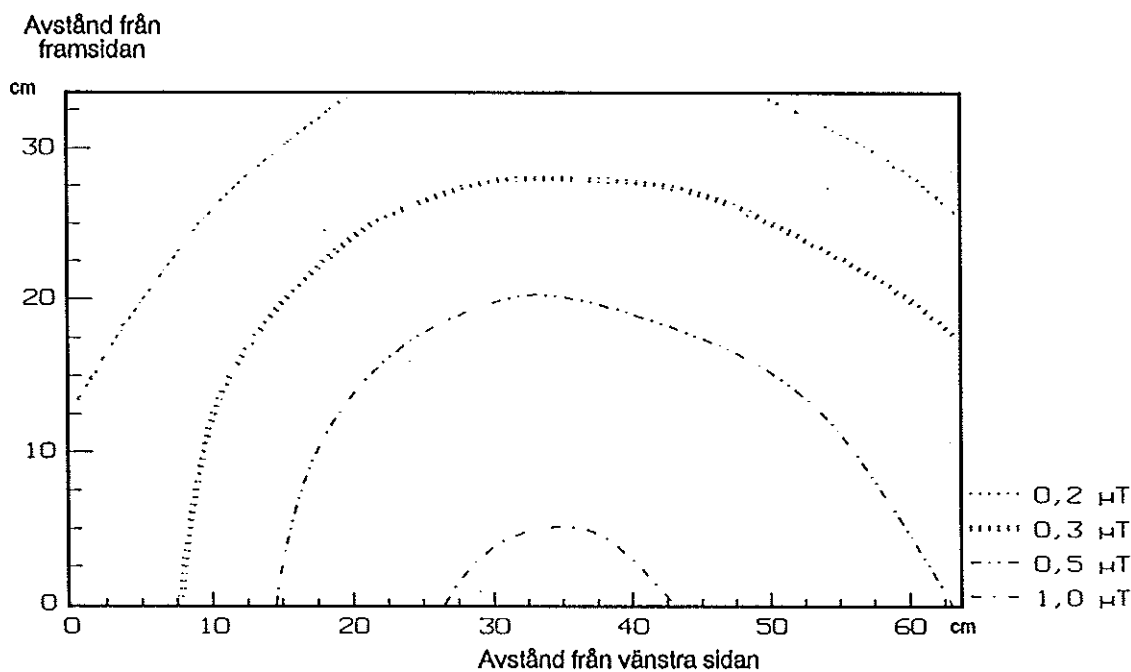
Tabell 2: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Isolette C86H. Bäddens övre läge, värmeeffekt "full" respektive "noll" (kursiv).

y: Av- stånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
5	380		680		980	1000	960		700	
10	340	470	610	790	900	920	850	760	640	530
15	310		500		720		690		540	
20	260		380		500		510		410	
25	210		290		380		370		310	
30	170		230		260		280		240	

Enligt tabellen fanns de högsta värdena på knappt $2 \mu T$ ungefär i mitten av bädden vid dess framsida. Som framgår ur figur 1 ökade magnetfältet till över $2 \mu T$ närmast bäddens framsida. Med bädden i det ca. 6 cm högre läget (tabell 2 och figur 2) minskade fältet vid framsidan med omkring 50 %, men i de övriga mätpunkterna bara med 20 - 30

%. Man kan också konstatera att magnetfälten var ungefär lika starka oberoende om värmareffekten var maximal eller noll.

Figur 2: Magnetisk flödestäthet (μT) i kuvös Isolette C86H. Bäddens övre läge, max värmeeffekt



3.2. Kuvös Isolette C100-2E

3.2.1 Magnetfält i kuvösen

Vid mätningar av denna kuvös visade det sig att magnetfältet varierade i en och samma mätpunkt med tiden även om oförändrad tillförsel av värmeeffekt indikerades. Detta framgår tydligt av tabell 3, som återger en mätserie av 30 mätningar gjorda under 15 minuter i en mätposition i bäddens nedre läge 40 cm från vänstra bäddkanten och 15 cm från framsidan vid maximal värme (fyra tända ljusdioder). Utgångstemperaturen i kuvösen var $17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, den önskade lufttemperaturen sattes på $37\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Medelvärdet för fyra sådana efter varandra följande 15-minuters perioder, (120 mätningar under 60 min) i samma mätpunkt var $1,015\text{ }\mu\text{T}$.

När lufttemperaturen i kuvösen hade nått $36,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ och en minskad värmareffekt indikerades genom att endast två ljusdioder var tända, gjordes en liknande mätserie i samma mätpunkt, som återges i tabell 4. Medelvärdet av 120 mätningar under 60 minuter var $0,719\text{ }\mu\text{T}$. Det framgår att magnetfältet i båda arbetssätten, maximal och halv värmeeffekt, varierade mellan ca. $0,26\text{ }\mu\text{T}$ och $1,30\text{ }\mu\text{T}$, men medelvärdet var ungefär 40 % högre i det första fallet.

Tabell 3: 30 mätningar av magnetfält (μT) under 15 minuter i kuvösen Isolette C100-2E. Båddens nedre läge, mätpunkt (40,15), värmeeffekt 4 (max).

1,236	1,001	1,213	1,215	1,219
0,266	1,232	1,218	0,268	1,239
1,209	1,220	0,264	1,236	1,242
0,261	1,236	1,229	1,224	0,263
1,218	1,225	1,225	0,264	1,223
1,234	1,126	1,242	1,231	1,215
Medelvärde: 1,023 μT		Spridning: 0,261 – 1,242 μT		
Magnetfältets frekvens: 50 Hz				

Tabell 4: 30 mätningar av magnetfält (μT) under 15 minuter i kuvösen Isolette C100-2E. Båddens nedre läge, mätpunkt (40,15), värmeeffekt 2.

1,271	1,291	0,273	0,271	0,262
0,772	1,264	1,289	0,261	0,267
0,267	1,284	1,288	0,269	0,267
0,267	1,286	1,280	0,998	0,263
0,263	0,271	1,263	1,269	0,265
0,262	0,265	1,290	1,280	0,270
Medelvärde: 0,712 μT		Spridning: 0,261 – 1,291 μT		
Magnetfältets frekvens: 50,1 Hz				

Genom att ställa in den önskade temperaturen på ett avsevärt lägre värde än den uppmätta lufttemperaturen i kuvösen kunde värmaren stängas av, vilket indikerades genom att alla lysdioder slocknade. I denna arbetsmod var fläkten, som ombesörjde luftcirkulationen i kuvösen, fortfarande i drift. Mätningar i samma mätpunkt (40,15) som förut gav ett medelvärde på 0,310 μT med en spridning mellan 0,299 μT och 0,321 μT vid 50 mätningar under 20 minuter. En motsvarande loggning av mätdata gjordes i punkten (40,20) vid olika värmeeffekter. En sammanfattning av 35 mätningar under 12 minuter vid varje värmeeffekt återges i tabell 5.

Tabell 5: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Isolette C100-2E vid olika värmeeffekter. Båddens nedre läge, mätpunkt (40,20)

Värmeeffekt: Antal tända lysdioder	Magnetisk flödestäthet B nT		
	Medelv.	Min.	Max.
4	850	170	1160
3	750	180	1160
2	490	180	1160
1	390	180	1160
0	180	170	190

Ur tabellerna 3 – 5 framgår, att magnetfältsvariationer var oberoende av värmeeffekten (1 – 4), men att medelvärdet minskade vid lägre värmeeffekt.

I övriga mätpunkter gjordes upprepade mätningar efter varandra, varvid de högsta mätvärdena registrerades. I tabellerna 6 och 7 återges medelvärdet av 3 – 6 sådana registreringar i varje mätpunkt vid värmeeffekt 4 (tabell 6) och värmeeffekt 0 (tabell 7) vid bäddens nedre resp. det 60 mm högre övre läget. I den nedre placeringen befann sig bäddens övre kant 72 mm ovanför kuvösens bottenplatta. I tabell 6 var utgångstemperaturen 21 °C och inställda temperaturen 37 °C, i tabell 7 var förhållandena tvärtom.

Tabell 6: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Isolette C100-2E. Max värmeeffekt. Övre rad och nedre rad: Bäddens övre resp. nedre läge

y: Avstånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm							
	placering	10	20	30	40	45	50	60
10	högst	220	310	430	530		520	460
	lägst	300	470	740	1070		990	720
15	högst							
	lägst				1210	1120		
20	högst	220	320	430	540		510	420
	lägst	290	510	800	1150		970	660
30	högst	190	260	330	380		370	310
	lägst	250	380	560	670		610	460

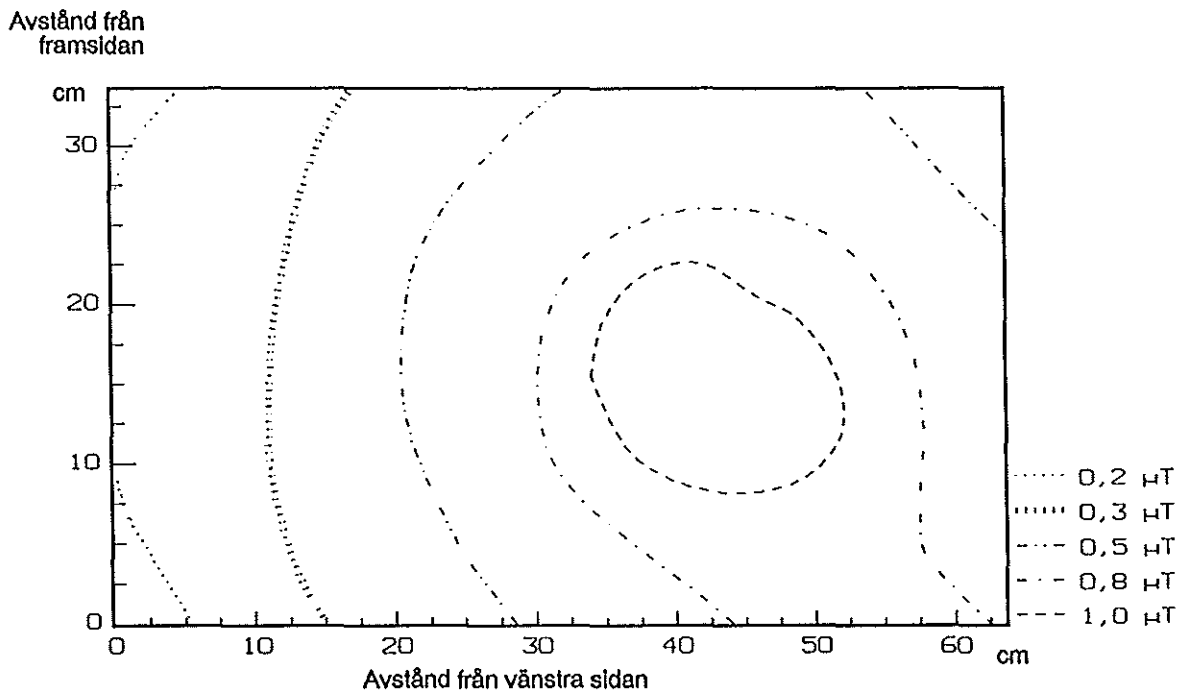
Tabell 7: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Isolette C100-2E. Utan värme. Övre rad och nedre rad: Bäddens övre resp. nedre läge.

y: Avstånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm							
	placering	10	20	30	40	50	60	
10	högst	90	120	180	250	340	390	
	lägst	100	140	220	370	540	680	
20	högst	70	90	120	160	200	240	
	lägst	80	90	120	180	270	350	
30	högst	70	80	90	100	130	150	
	lägst	80	80	90	120	160	200	

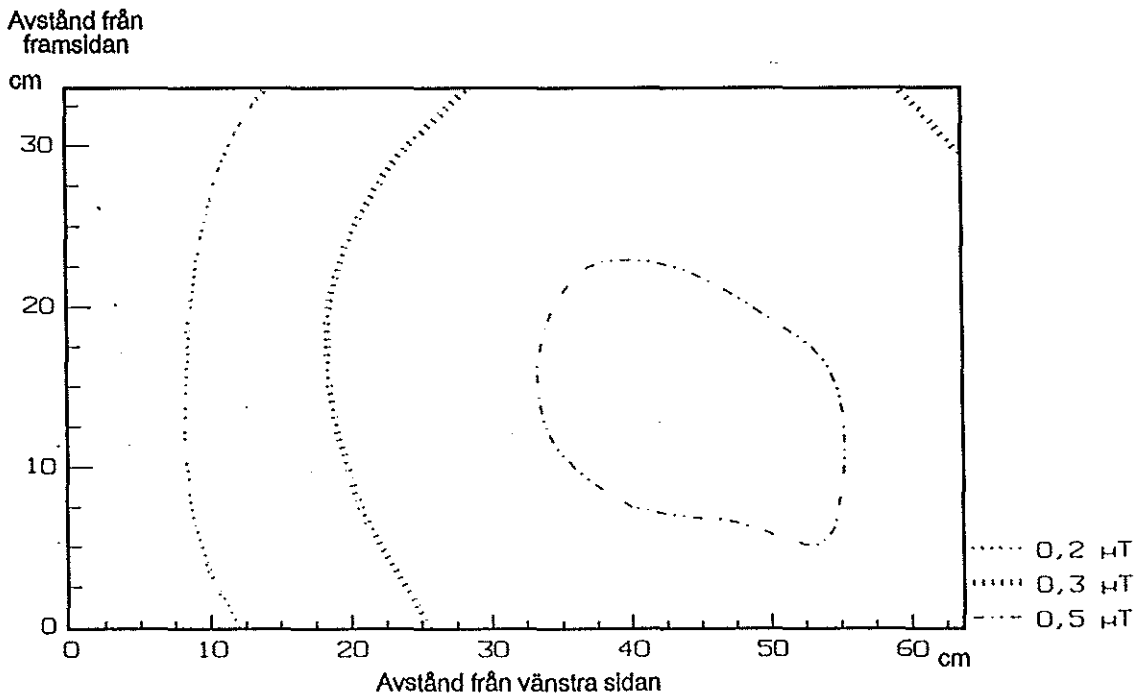
Det högsta uppmätta värdet, 1,21 μ T, fanns 40 cm från vänstra sidan och 15 cm från framsidan. Vid denna mätpunkt minskade magnetfältet med mer än 50 % när bädden flyttades till det övre läget. I de övriga mätpunkterna avtog magnetfältet däremot inte lika påfallande när bädden lyftes till den övre nivån.

Fördelningen av magnetfälten på kuvösens bädd vid dess nedre och övre läge vid maximal värmeeffekt visas i figurerna 3 respektive 4.

Figur 3: Magnetisk flödestäthet (μT) i kuvösen Isolette C100-2E. Max värmeeffekt, bäddens nedre läge



Figur 4: Magnetisk flödestäthet (μT) i kuvösen Isolette C100-2E. Max värmeeffekt, bäddens övre läge.



3.2.2 Magnetfält utanför kuvösen

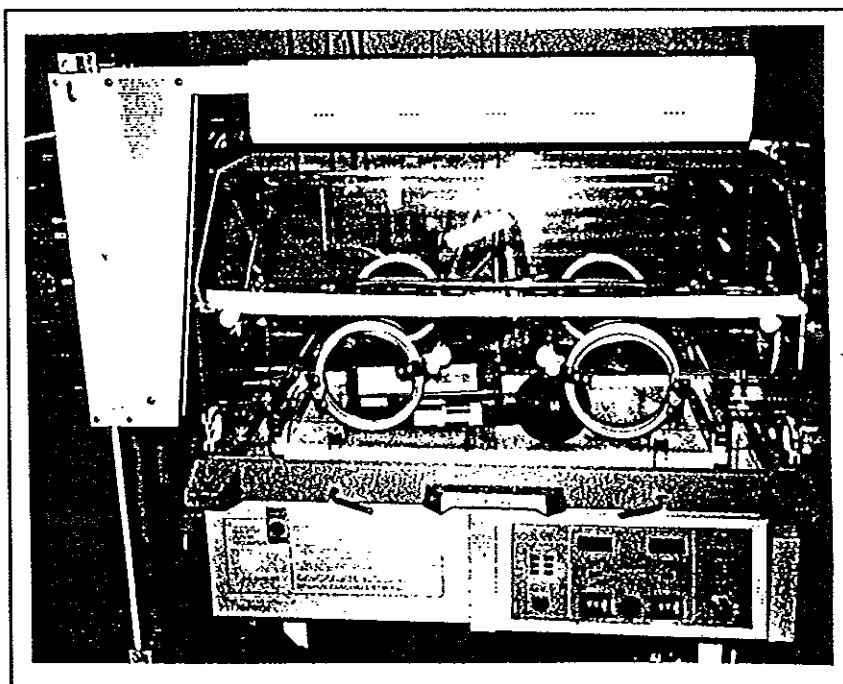
Utanför kuvösen direkt intill undersidan av bottenplattan uppmättes vid max värmeeffekt ett högsta värde av ca. $15 \mu\text{T}$. Detta mätvärde registrerades nedanför det området där de starkaste fälten mättes inne i kuvösen ($1 \mu\text{T}$ -kurva i figur 3).

Oberoende om värmaren var på- eller avslagen uppmättes framför kuvösen ett högsta värde av ca. $5,4 \mu\text{T}$ intill heater-kontrolllampan, som låg nära området med det starkaste fältet inne i kuvösen vid avstängd värme (se tabell 7). Detta värde minskade till $1,5 \mu\text{T}$ 10 cm framför kuvösen och till $0,1 \mu\text{T}$ vid ca. 40 cm avstånd.

3.2.3 Magnetfält i kuvösen tillsammans med lysrörsarmatur

Kuvösen Isolette C100-2E undersöktes också tillsammans med belysningsarmaturen Fluoro-Lite Phototherapy Unit, som placerades mitt över kuvösen 5 cm från kuvöshuvan (ca. 45 cm från kuvösbäddens nedre läge), se figur 5.

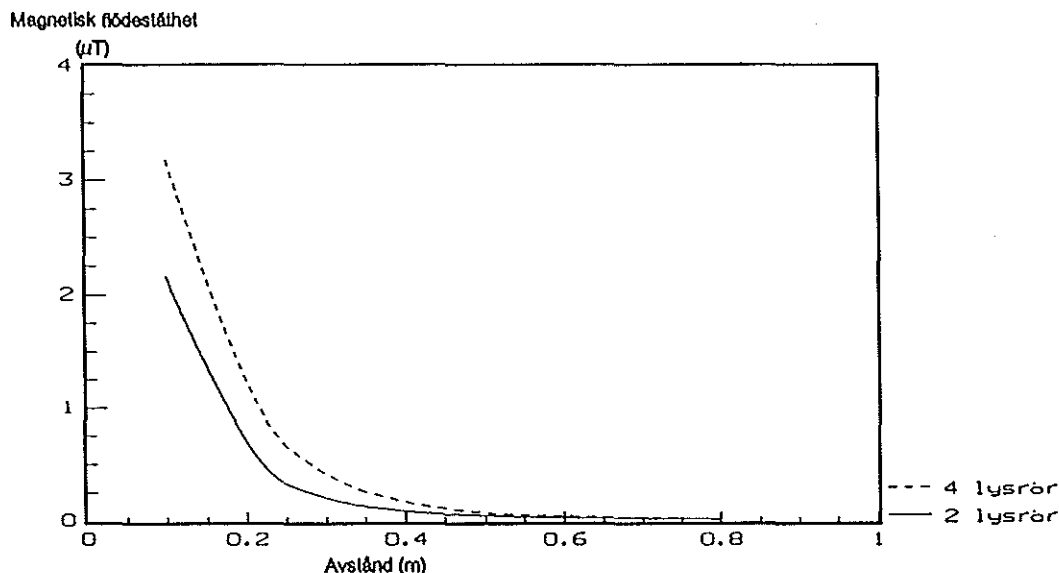
Figur 5: Uppställning av kuvösen Isolette C100-2E och lysrörsarmaturen för mätning av magnetfält.



Först mättes endast armaturens magnetfält då kuvösen inte fanns på plats. När två lysrör var tända varierade magnetfältet på 10 cm avstånd (till mätpolarnas centrum) längs armaturen mellan $0,380 \mu\text{T}$ och $2,160 \mu\text{T}$. Därvid uppmättes det högsta värdet vid ett läge ca. 55 cm från strömbrytarsidan och 24 cm bakåt. När alla fyra lysrör var tända varierade magnetfältet mellan $0,510 \mu\text{T}$ och $3,190 \mu\text{T}$ och det högsta värdet uppmättes då vid läget 55 cm från strömbrytarsidan och 16 cm bakåt. Vid dessa två lägen mättes magnetfältet vid olika avstånd från armaturen, se figur 6. Som väntat minskade fälten snabbt med avståndet. 40 cm ifrån armaturen varierade magnetfältet mellan 0,05 och

0,08 μT när två lysrör var tända, och mellan 0,05 och 0,15 μT när alla fyra rör var tända. De högsta värdena återfanns vid samma lägen i förhållandet till armaturen som förut.

Figur 6: Avståndsberoendet för magnetfält från belysningsarmaturen.



Lysarmaturens magnetfält borde därför ha mindre inverkan på kuvösens magnetfält, när man mäter i kuvösbäddens nedre läge. Det visade sig också att den av lysrören förorsakade förändringen av kuvösens magnetfält låg i detta fall endast inom $\pm 5\%$ av magnetfältet utan lysarmatur. Däremot var armaturens fält mera påtagligt när mätningarna utfördes i kuvösbäddens övre läge. Detta framgår ur tabell 8, som återger de högsta uppmätta värdena på flödestätheten i punkterna (20,10) och (40,20). Genom att vända stickproppen i nätuttaget kan fas och nollan kopplas på olika sätt till mätobjekten. Tabellen visar att magnetfälten var olika beroende på hur fas och nollan var kopplade i förhållandet till båda utrustningar, vilket återges i tabellen genom "samma polaritet" och "omvänd polaritet". Vid alla mätningar var kuvösen inställd på maximal värmeeffekt.

Tabell 8: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Isolette C100-2E tillsammans med lysrörsarmaturen. Max värmeeffekt, bäddens övre läge.

Mät-position (x,y)	Magnetisk flödestäthet B i nT för mätobjekt			
	Polaritet	Endast kuvös	Kuvös och 2 lysrör	Kuvös och 4 lysrör
20,10	Samma	320	390	470
	Omvänd	320	270	260
40,20	Samma	560	600	630
	Omvänd	550	540	530

3.3 Kuvös Dräger 8000

3.3.1 Magnetfält i kuvösen

Vid denna kuvös varierade magnetfältet i en och samma mätpunkt inte på samma sätt som vid förra kuvösen (Isolette C100-2E). Detta framgår ur tabell 9, som visar en del av en mätserie i mätpunkten (37,5, 22,5) i bäddens nedersta läge vid olika temperaturförhållanden. I varje rad anges medelvärdet samt spridningen för fem mätningar under en tvåminuters period. Ur tabellen framgår också att magnetfältet inte påverkades så mycket av den påförda värmeeffekten. Magnetfälten verkade dock vara något starkare när skillnaden mellan inställd och avläst temperatur var större.

Tabell 9: Magnetisk flödestäthet (nT) vid kuvösen Dräger 8000 i punkten (37,5, 22,5). Olika värmeeffekter, bäddens nedersta läge.

Temperatur i kuvösen			Magnetisk flödes täthet i nT		
Inställd temperatur (°C)	Avläst temperatur (°C)	Värmare-indikering (diod)	Medelvärde	Min.	Max.
35	22,5	lyser	1020	983	1035
35	25	lyser	1030	1020	1041
35	27,9	lyser	1030	1027	1035
35	30	lyser	1030	1013	1039
35	31	lyser	1020	1014	1034
35	34,4	lyser	950	925	973
35	34,6	lyser	930	906	967
35		lyser	920	898	954
35		lyser	900	876	924
35		lyser	890	884	899
35	35	blinkar	880	872	892
32	35	släckt	890	881	896
32		släckt	881	859	892
37		blinkar	930	916	947
37	34,9	lyser	930	885	949
37		lyser	910	879	946
37	36,9	lyser	900	862	935
37	36,9	blinkar	890	863	931

Tabell 10 visar det största uppmätta magnetfältet under uppvärmningen av kuvösen när bädden befann sig i det lägsta läget ca 1,5 cm ovanför kuvösens bottenplatta, och tabell 11 återger motsvarande värden då bädden befann sig i det översta läget, ca. 11 cm ovanför bottenplattan. Utgångstemperaturen i kuvösen var 22° C, medan den önskade lufttemperaturen sattes på 33° C. Under mätningen kontrollerades hela tiden att lysdioden på kontrollpanelen lyste kontinuerligt, vilket markerade att värmaren drevs med full effekt. I figur 7 återges magnetfältens fördelning på bädden i dess nedersta läge vid maximal värmeeffekt.

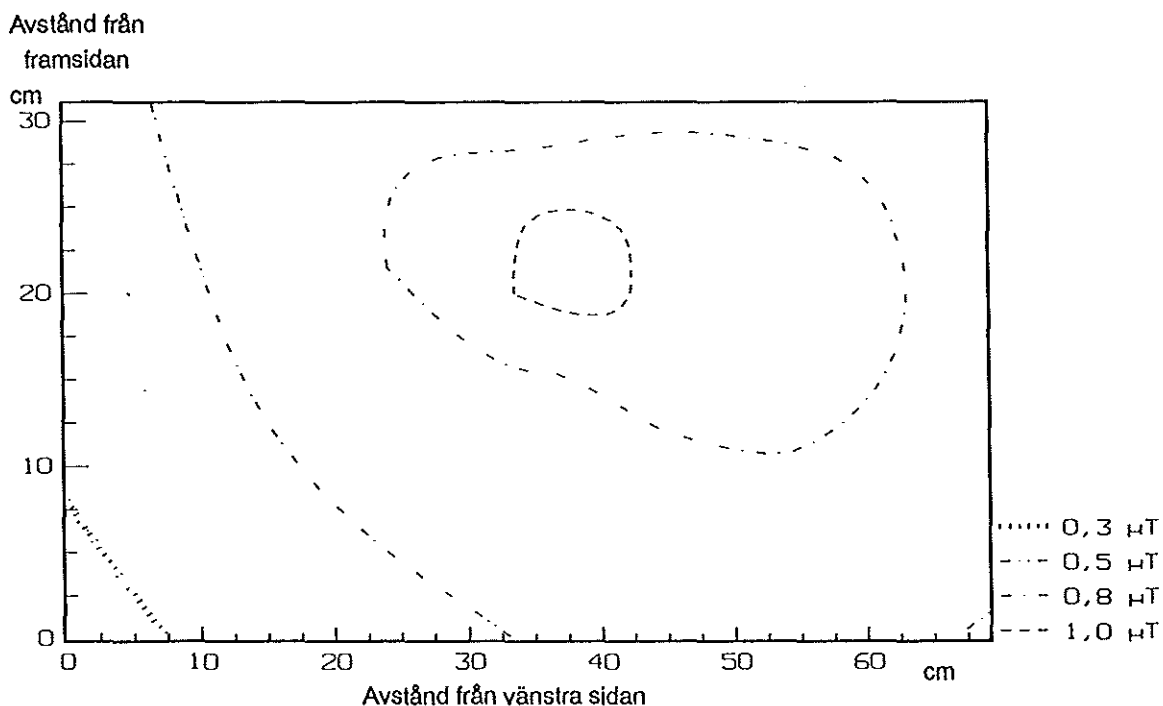
Tabell 10: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Dräger 8000. Max värmeeffekt, bäddens nedersta läge .

y: Av- stånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm						
	5	15	25	35	45	55	65
5	360	470	590	660	740	770	660
15	450	560	820	920	910	950	800
25	510	740	920	1000	1000	940	770

Tabell 11: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Dräger 8000. Max värmeeffekt, bäddens översta läge.

y: Av- stånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm						
	5	15	25	35	45	55	65
5	210	260	300	340	360	370	340
15	240	300	350	400	430	430	380
25	270	330	380	410	440	440	390

Figur 7: Magnetisk flödestäthet (μT) i kuvösen Dräger 8000. Max värmeeffekt, bäddens nedersta läge



Efter att den från början inställda lufttemperaturen av 33°C hade uppnåtts i kuvösen sattes den önskade temperaturen på 28°C . På detta sätt kunde mätningar upprepas i samma positioner som ovan, men utan att värmeeffekten var på (släckt lysdiod). Mätre-

sultaten redovisas i tabellerna 12 och 13. Motsvarande fördelning av magnetfälten i kuvösen på bädden i dess nedersta läge redovisas i figur 8.

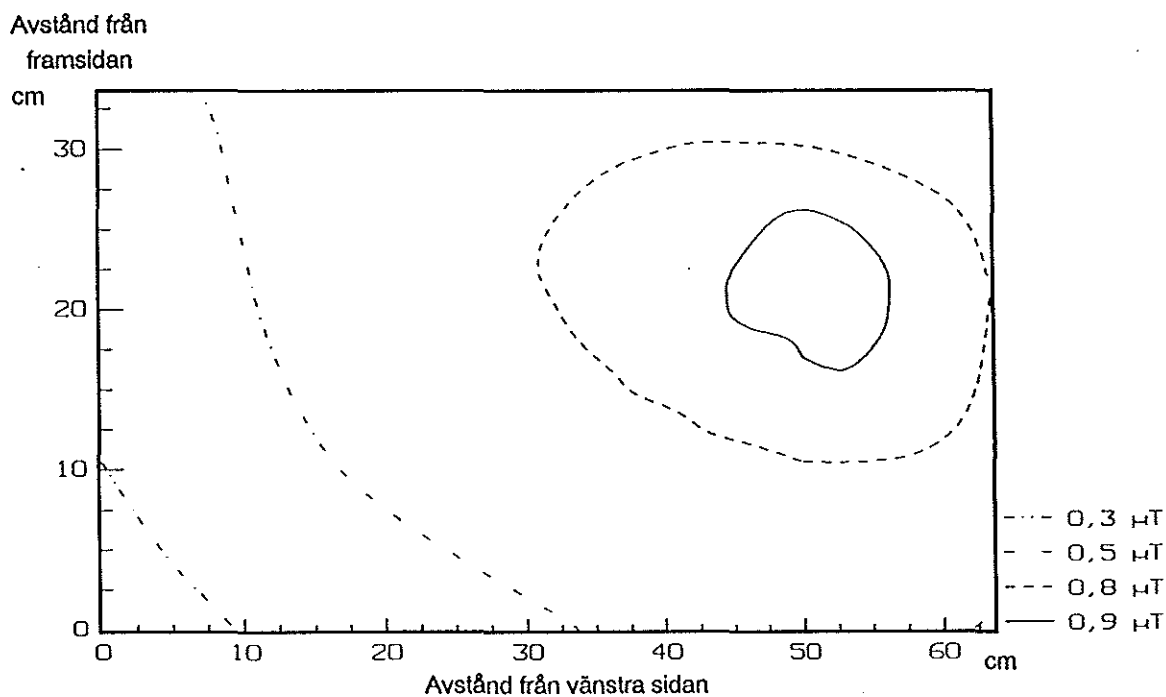
Tabell 12: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Dräger 8000. Värmeeffekt noll, bäddens nedersta läge.

y: Avstånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm						
	5	15	25	35	45	55	65
5	320	420	510	600	660	720	630
15	410	540	660	800	890	900	760
25	440	610	760	890	930	910	770

Tabell 13: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Dräger 8000. Värmeeffekt noll, bäddens översta läge.

y: Avstånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm						
	5	15	25	35	45	55	65
5	210	250	290	330	360	370	330
15	240	300	350	390	430	430	390
25	260	330	380	410	450	440	390

Figur 8: Magnetisk flödestäthet (μT) i kuvösen Dräger 8000. Värmeeffekt noll, bäddens nedersta läge



Av jämförelsen med tabellerna 10 och 11 samt figur 7 framgår att magnetfältet i kuvösen inte hade ändrats nämnvärd efter det att värmaren hade stängts av, men att området med de starkasta fälten försköts något åt höger.

Vid denna kuvös fanns det utöver bäddens nedersta och översta position också två mellanlägen. För att få en uppfattning hur fälten ändrades med avståndet från kuvösens bottenplatta gjordes mätningar också vid dessa positioner. I tabell 14 återges mätvärden i några mätpunkter vid max effekt under uppvärmning samt när inställd temperatur hade överskridits ("värmeeffekt noll"). Tabellen visar att magnetfälten minskade långsammare med ökande avstånd än ett 1/r-beroende. Samtidigt framgår också att skillnaden mellan magnetfälten vid maximal värmeeffekt och "effekt noll" blev mindre ju längre bort från bottenplattan mätningarna utfördes.

Tabell 14: Magnetfältets avståndsberoende i kuvösen Dräger 8000

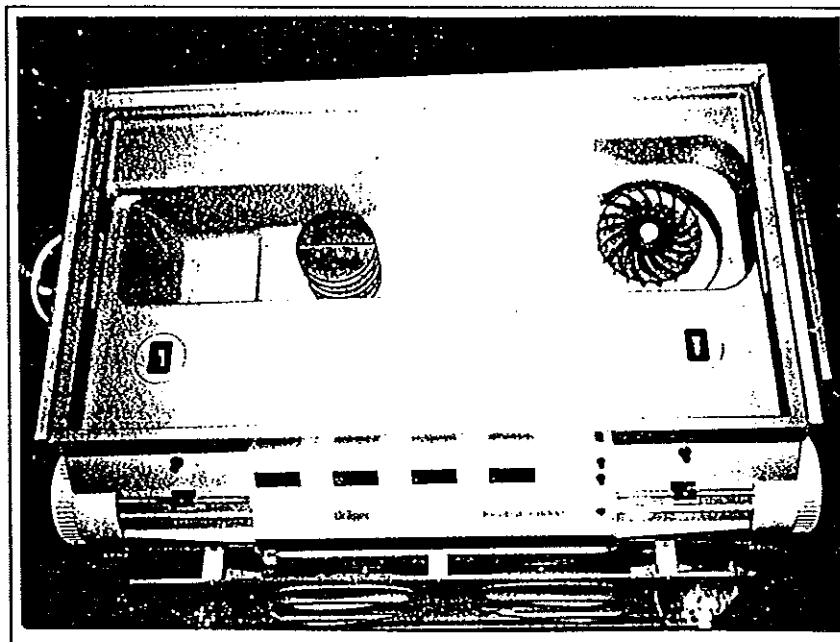
Avstånd från bottenplatta i cm	Magnetisk flödestäthet i nT vid mätpunkt (x,y)							
	(5,5)	(15,15)	(15,25)	(35,15)	(35,25)	(45,5)	(45,25)	(55,25)
	Max värmeeffekt							
1,5	360	560	740	920	1000	740	1000	940
4,2	280	430	530	640	700	550	720	710
7	260	400	420	520	550	480	590	580
11	210	300	330	400	410	360	440	440
	Värmeeffekt noll							
1,5	320	540	610	800	890	660	930	910
4,2	280	430	470	610	660	560	730	720
7	250	370	410	520	550	470	610	600
11	210	300	330	390	410	360	450	440

Kurvformen för magnetfältet i kuvösen vid maximal värmeeffekt utgjordes av en förvrängd sinuskurva, som återges, uppmätt i var och en av de tre mätpolarna, i figur 17 i bilaga 2. Frekvensanalysen (figur 18, bilaga 2) av signalen karakteriserades av ett relativt kraftigt bidrag av övertoner, där den tolfte övertonen hade ca. 20 dB lägre amplitud än 50-Hz grundtonen.

3.3.2 Magnetfält utanför kuvösen

Kuvösens inbyggda kontrollenhet befann sig under bädden ca. 12 cm nedanför bottenplattan. Figur 9 visar kuvösen uppifrån när huvan, bädden och bottenplattan har lyfts bort. Till vänster (ca. 23,5 cm från vänstra sidan och 19,5 cm från framsidan) syns värmeelementet med en diameter på 10 cm. Till höger (20,5 cm från framsidan och 4,5 cm från högra sidan) ser man fläkthjulet med en diameter på 13,5 cm. Direkt ovanför värmeelementet var magnetfältet 1,6 μT . På botten av plastinsatsen mättes direkt till höger om värmaren 22 μT , och ca. 10 cm till höger om värmeelementets högerkant ca. 73 μT . Direkt till vänster om fläkthjulet var magnetfältet ca 10 μT . Dessa mätpunkter låg nedanför det område där de högsta värdena uppmättes i kuvösen, se figur 7 och 8. Framför kuvösen intill kontrollpanelen var magnetfältet ca. 0,4 – 0,7 μT , på 10 cm avstånd hade det minskat till mindre än 0,2 μT .

Figur 9: Kuvös Dräger 8000 sett uppifrån. Huvan, bädden och bottenplattan har plockats bort.



3.4 Kuvös Ohmeda II

3.4.1 Magnetfält i kuvösen

I tabellerna nedan återges mätvärden för magnetfältet då bädden befann sig i sitt nedre läge ca. 4,5 cm ovanför kuvösens bottenplatta (tabell 15) respektive i sitt övre läge ca. 9,5 cm ovanför bottenplattan (tabell 16). I varje mätpunkt redovisas det högsta av fem mätvärden uppmätta under en två minuters period. Mätpunkternas position beskrivs som förut med hjälp av ett (x,y)-koordinatsystem, där x anger avståndet från bäddens vänstra sida och y från dess framsida, dvs. sidan som ligger närmast kontrollpanelen. Den önskade lufttemperaturen sattes på 37° C, den uppmätta utgångstemperaturen var 22° C. Under hela mätningen var fyra lysdioder på kontrollpanelen tända, vilket indikerade att maximal värmeeffekt tillfördes.

Tabell 15: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Ohmeda II. Bäddens nedre läge, max värmeeffekt.

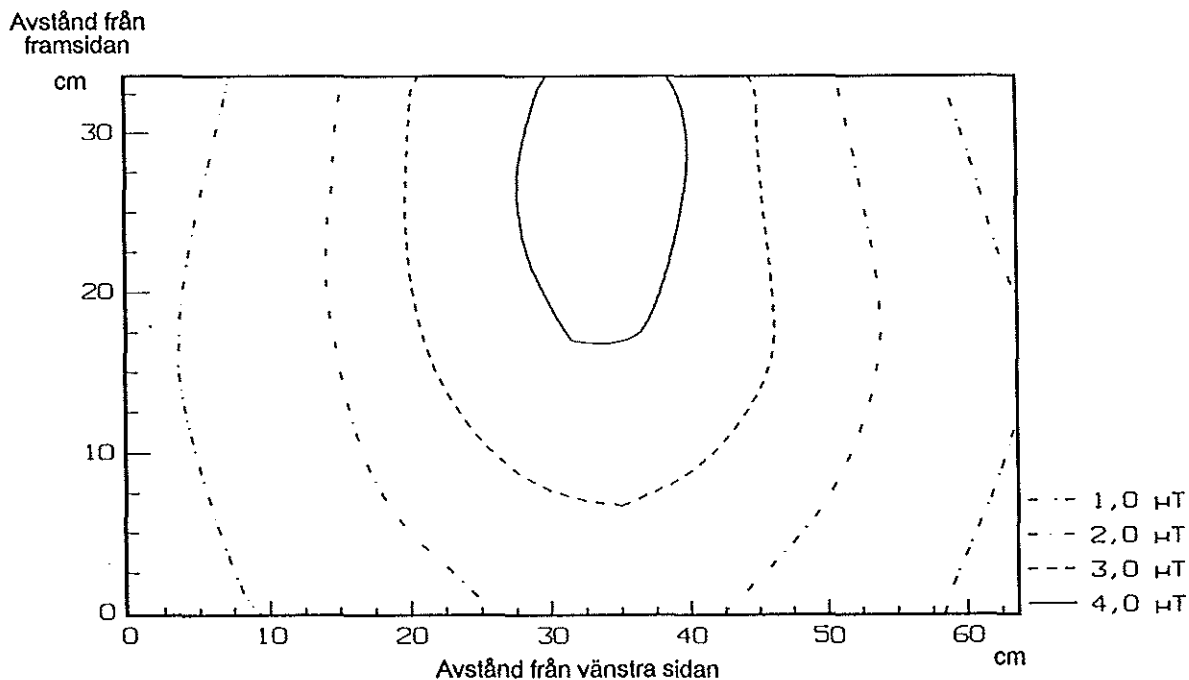
y: Av- stånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
5	890	1190	1560	2120	2590	2870	2910	2160	2390	1990	1480	1090
10	1010	1380	1940	2600	3220	3510	3590	3100	2930	1730	1790	1270
15	1070	1480	2200	1280	3720	3920	4070	3730	3180	2710	1930	1350
20	1060	1520	2200	3120	3920	4360	4450	3920	3230	2570	1930	1320
25	1040	1500	2210	3180	4240	4800	4810	4020	3060	2390	1720	1190
30	990	1400	2150	3050	3940	4630	4550	3730	2900	2080	1510	1070

Tabell 16: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Ohmeda II. Bäddens övre läge, max värmeeffekt.

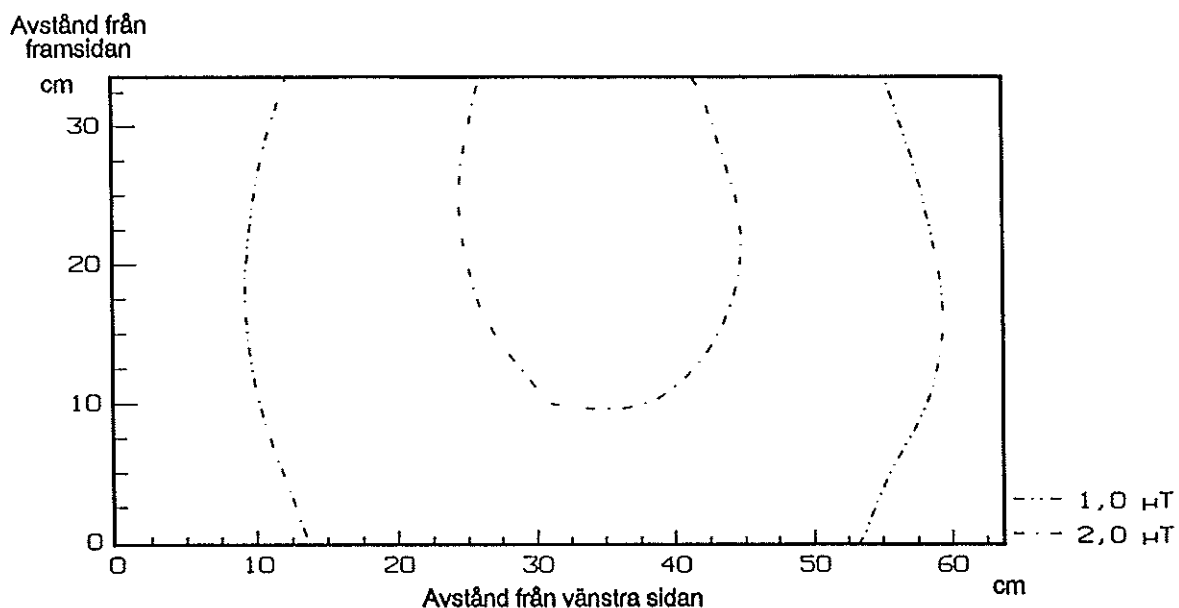
y: Avstånd fr. framsid. i cm	x: Avstånd från vänstra sidan i cm											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
5	700	880	1140	1380	1610	1670	1810	1720	1590	1320	1070	810
10	750	1000	1270	1610	1870	2030	2080	2010	1850	1530	1180	910
15	780	1030	1390	1710	2090	2280	2270	2170	1950	1610	1250	970
20	780	1060	1420	1670	2230	2490	2530	2280	1950	1610	1230	590
25	760	1050	1400	1620	2240	2540	2520	2280	1910	1500	1160	870
30	730	980	1320	1780	2140	2420	2320	2110	1790	1350	1050	790

Det starkaste fältet uppmättes till $4,81 \mu\text{T}$ i bäddens nedre läge. Detta värde minskade till $2,52 \mu\text{T}$ när bädden flyttades till sin övre position. Magnetfältens fördelning på bädden i dess nedre respektive övre läge vid maximal värmeeffekt visas i figurerna 10 och 11. Det framgår tydligt att magnetfälten var starkare än $1 \mu\text{T}$ över nästan hela ytan av bädden även då den flyttades till sitt högsta avstånd ovanför kuvösens bottenplatta.

Figur 10: Magnetisk flödestäthet (μT) i kuvösen Ohmeda II. Max värmeeffekt, bäddens nedre läge.



Figur 11: Magnetisk flödestäthet (μT) i kuvösen Ohmeda II. Max värmeeffekt, bäddens övre läge.



I tabellerna 17 och 18 återges mätningar av magnetfälten i mätpunkterna $(x,y) = (35,20)$ och $(x,y) = (50,20)$ vid olika värmeeffekter både vid bäddens nedre och övre läge. För varje mätning redovisas flödestäthetens medelvärde och spridning av 30 mätvärden upptagna under en period av sex minuter. Värmeeffekterna justerades hela tiden genom att anpassa den önskade temperaturen på ett lämpligt sätt till den på kontrollpanelen avlästa temperaturen.

Tabell 17: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Ohmeda II uppmätt vid positionerna $(35,20)$ och $(50,20)$. Olika värmeeffekter, bäddens nedre läge.

Värme- effekt i % av max effekt	Magnetisk flödestäthet i nT					
	(35, 20)			(50, 20)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
100	4330	4172	4443	2450	2365	2531
75	3360	1890	4111	2000	1581	2450
50	2840	1908	3238	1850	1597	2173
25	2470	1911	3134	1850	1601	2048
0	1970	1840	2507	1640	1589	1689

Som framgår ur tabellerna ledde reduceringen av värmeeffekten till upp till 50 % lägre magnetfält, både vad gäller medelvärdet och det största uppmätta värdet. Denna fältminskningen var dock inte lika kraftig i punkten $(50, 20)$ som i punkten $(35, 20)$ med det starkare fältet.

Tabell 18: Magnetisk flödestäthet (nT) i kuvösen Ohmeda II uppmätt vid positionerna (35,20) och (50, 20). Olika värmeeffekter, bäddens övre läge.

Värme- effekt i % av max effekt	Magnetisk flödestäthet i nT					
	(35, 20)			(50, 20)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
100	2460	2387	2521	1610	1574	1650
75	1990	1095	2381	1330	1010	1558
50	1810	1731	2268	1260	999	1335
25	1700	1141	1844	1190	1019	1279
0	1160	1130	1188	990	951	1022

Kurvformen för magnetfältet, som karakteriserades av en distorderad sinuskurva, återges i figur 19 i bilaga 3.

3.4.2 Försök att avskärma magnetfält i kuvösen

I tabell 19 redovisas resultatet av ett försök att avskärma kuvösens magnetfält med hjälp av en 6 mm tjock och 300 x 550 mm stor aluminiumskiva. Denna lades i bädden under frigolitskivan, som alltid användes i stället för madrassen. För att kunna göra jämförelsen vid rätt avstånd gjordes också mätningar efter att aluminiumskivan hade bytts ut mot en lika stor och 7 mm tjock frigolitskiva. Mätningar gjordes vid några mät-punkter i bäddens nedre läge. Värmeeffekten var alltid 100 %. I tabellen redovisas medelvärdet för fem mätningar gjorda under en period av två minuter.

Tabell 19: Skärmning av magnetfält i kuvösen Ohmeda II med hjälp av aluminiumskiva

Typ av skiva	Magnetisk flödestäthet i nT vid positioner (x,y)										
	15,10	25,10	35,10	50,10	15,20	25,20	35,20	50,20	25,25	35,25	50,25
Alum.	1450	2270	2490	1620	1470	2280	2310	1510	2520	2700	1460
Frigol.	1740	2660	3060	2010	2030	3430	3750	2290	3620	4050	2190
Skärmningsverkan i % (alum./frigol.)											
	83	85	81	81	72	66	62	66	70	67	67

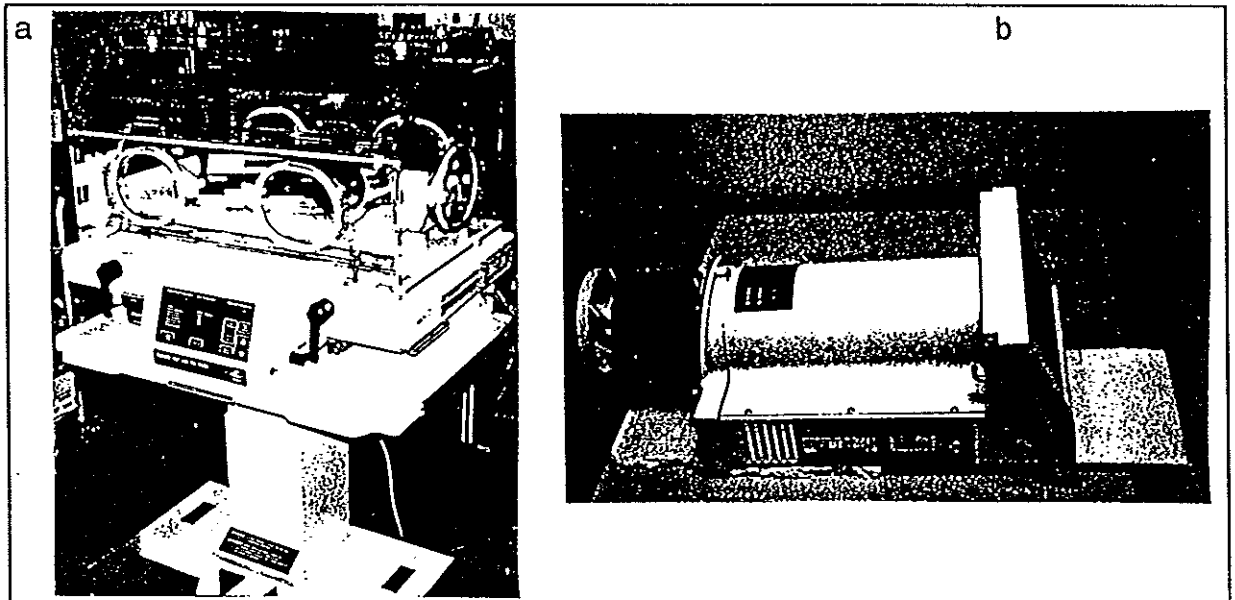
Aluminiumskivan ledde till en minskning av magnetfältet i kuvösen, som var som bäst 38 %. Skärmningsverkan var dock ojämn över hela bäddens yta och försämrades något mot bäddens kanter.

3.4.3 Magnetfält utanför kuvösen

I figur 12 visas en bild av kuvösen Ohmeda II och dess styrenhet, som var inskjuten under kuvösens bottenplatta. På styrenhetens högra sida syns kontrollpanelen, på vänstra sidan värmeelementet och fläkthjulet. Intill styrenheten återfanns de starkaste fälten, 40 – 55 μT , i ett område vid dess högra sida mellan kontrollpanel och värmare

ca. 10 cm från den senare, men utan att någon värme var påslagen. Ovanför detta område uppmättes också tidigare de starkaste fälten i kuvösen (se figur 10 och 11). Utanför kuvösen uppmättes det starkaste fältet, $4 - 5 \mu\text{T}$, vid max värmeeffekt på baksidan ungefär i mitten av bottenplattan vid luftfilterintaget. Intill kontrollpanelen var magnetfältet knappt $1 \mu\text{T}$.

Figur 12: a: Kuvös Ohmeda II, b: Kuvösens styrenhet



3.5 Barnvärmebädd Kanthal

3.5.1 Magnetfält från värmebädden

Vatten- madrass	Värmedyna		
	3+	6+	9+
	2,09	2,17	2,00
	2+	5+	8+
	2,13	2,40	2,15
	1+	4+	7+
	2,08	2,22	2,00

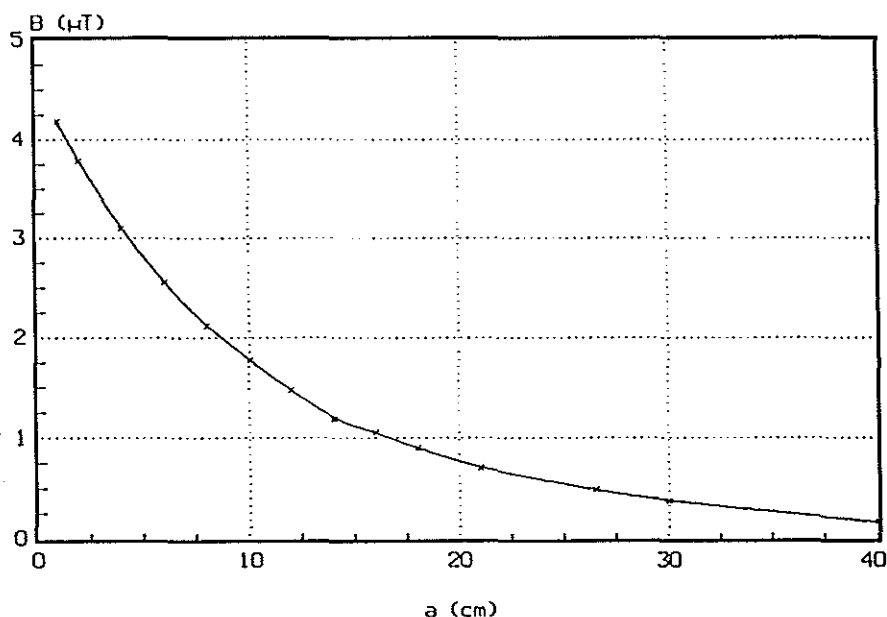
Figur 13: Magnetisk flödestäthet (μT) från barnvärmebädd Kanthal vid max värmeeffekt

Vid mätningen av magnetfältet sattes den önskade temperaturen på 38 °C. Värmedynans temperatur ökade under mätningen från 20,9 °C till 32,9 °C. Lysdioden var under tiden kontinuerligt tänd, vilket innebär att full värmeeffekt tillfördes. Kontrollenhetens närmaste avstånd till värmebädden var ca. 1 m. Värmedynan var instoppad i plastfickan på den vattenfyllda madrassens undersida. Mätinstrumentet placerades med spolarna direkt på vattenmadrassen på sådant sätt att madrassen blev knappt märkbart intryckt. Mätningar gjordes vid nio mätpunkter enligt figur 13.

Magnetfältet var 2 μT eller starkare över hela madrassens yta och 2,40 μT vid mätpunkt 5. Detta värde blev lägre och varierade mellan 1,56 och 1,98 μT , då den tillförda värmeeffekten minskades, vilket markerades av att lysdioden slocknade.

Genom att trycka ner mätinstrumentet mot vattenmadrassen med en kraft av ca. 15 N (motsvarande en massa av ca. 1,5 kg) minskades avståndet till värmedynan och magnetfälten vid de i figur 13 markerade punkterna ökade i genomsnitt med 20 %. Avståndsberoendet framgår också ur diagrammet i figur 14, som visar magnetfältet vid mätpunkt 5 (se figur 13) på olika avstånd från värmedynan mätt från mätspolarnas ytterdiameter. Kontrollenheten hade placerats ca. 1 m från värmebädden, temperaturen var inställd på 35 °C och lysdioden var kontinuerligt tänd. Diagrammet visar att fältet hade avtagit till ungefär 1 μT vid 16 cm avstånd från värmedynan, vilket motsvarade ett avstånd på ca. 10 cm från vattenmadrassen.

Figur 14: Avståndsberoende för magnetfält från värmedynan Kanthal.



Leverantören av barnvärmebädden demonstrerade en tänkbar alternativ utformning av värmedynan, som alstrade försumbara magnetfält. För detta ändamål hade två värmefolier lagts på varandra och kopplats ihop på sådant sätt att fältet från ena folien hade motsatt riktning mot fältet från den andra folien. På 2 cm avstånd från denna anordning var det uppmätta magnetfältet lika stort som bakgrundsfältet, dvs. 20 – 30 nT.

3.5.2 Magnetfält från kontrollenheten.

Värmebäddens kontrollenhet utgjorde en ytterligare magnetfältskälla. På 10 cm avstånd (mätt från mätpolarnas centrum) uppmättes framför panelen $2,66 \mu\text{T}$, vid enhetens högra sida $3,26 \mu\text{T}$, vid vänstra sidan $6,94 \mu\text{T}$ och vid baksidan $1,90 \mu\text{T}$. Dessa värden hade på 20 cm avstånd sjunkit till $0,66$, $0,60$, $1,07$ respektive $0,55 \mu\text{T}$. På 30 cm avstånd hade magnetfälten avtagit till ca. $0,2 - 0,3 \mu\text{T}$, och på 50 cm var fälten ungefär $0,08 \mu\text{T}$ runt om kontrollenheten, som hela tiden var inställd på full värmeeffekt. Värmedynan befann sig på ca. 1 m avstånd från kontrollenheten och påverkade därför inte mätningarna.

3.5.3 Magnetfält från värmebädden tillsammans med kuvösen Isolette C 86-H.

En del neonatalkliniker använder barnvärmebäddar i kombination med kuvöser. Därför undersöktes värmebädden Kanthal också tillsammans med kuvösen Isolette C86H. Värmebädden placerades på kuvösens bädd i dess nedre läge. Kuvösens och värmebäddens kontrollenheter ställdes in på full värmeeffekt. Magnetfälten mättes vid samma mätpunkter på värmebäddens vattenmadrass som förut. Det visade sig att fältet vid punkterna 1, 4 och 7 var $10 - 15 \%$ och vid de övriga mätpunkterna $2 - 5 \%$ starkare än fältet för enbart värmebädden (jämför med figur 13).

3.6 Barnvärmebädd Noratel

Denna barnvärmebädd matades inte som den förra med växelström utan med likström. För att mäta likriktarens rippel kopplades en resistor på 20Ω till likriktarens utgång istället för värmedynan, som hade en resistans på $13,5 \Omega$. Ripplet mättes med ett oscilloskop till 40 mV (topp-till-topp), vilket var mindre än 1% av likspänningen.

50 Hz – magnetfältet, mätt direkt på värmebädden, skilde sig inte från bakgrundsivån, som uppmättes med avstängd värmebädd. Transformatorn och likriktaren befann sig under mätningen ca. 1,2 m från värmebädden. Vid drift av bädden uppmättes likströmmen till 450 mA . Det av likströmmen alstrade statiska magnetfältet bestämdes med fluxgate-magnetometern på bädden till $0,8 \mu\text{T}$.

Transformatorn alstrade ett 50 Hz fält, som var starkast på dess baksida, dvs. mitt emot nätsladden och kabeln till värmebädden. På 20 cm avstånd, mätt från mätpolarnas centrum, var magnetfältet här ca. $4 \mu\text{T}$. I andra riktningar runt transformatorn mättes $1,6 - 2,2 \mu\text{T}$. På 40 cm avstånd hade fältet avtagit till $0,6 \mu\text{T}$ respektive $0,3 - 0,4 \mu\text{T}$. På 1 m avstånd översteg fältet ej längre bakgrundsivån, utan rakt ut från transformatorns baksida, där det var ca. $0,05 \mu\text{T}$.

4. Diskussion

En sammanställning av resultaten för de fyra kuvösema och de två barnvärmebäddarna redovisas i tabell 20. Tabellen återger magnetfälten vid maximal värmeeffekt och med mätproben i direkt kontakt med frigolitskivan eller med madrassen som hörde till

värmebädden. Mätspolarnas centrum befann sig då 5,7 cm ovanför underlaget. Dessa förhållanden påminner om exponeringssituationen för spädbarn som vårdas med hjälp av sådan utrustning

Tabell 20: 50 Hz magnetfält från kuvöser och barnvärmebäddar vid max värmeeffekt.

Mätobjekt	Bäddens lägsta läge		Bäddens högsta läge	
	Starkaste fält, μT	Svagaste fält, μT	Starkaste fält, μT	Svagaste fält, μT
Isolette C86-H	1,9	0,2	1,0	0,2
Isolette C100-2E	1,2	0,3	0,5	0,2
Dräger 8000	1,0	0,4	0,4	0,2
Ohmeda II	4,8	0,9	2,5	0,6
Värmeb. KanMed	2,4	2,0		
Värmeb. Noratel	<0,03 a	<0,03		

a: statistiskt fält 0,8 μT

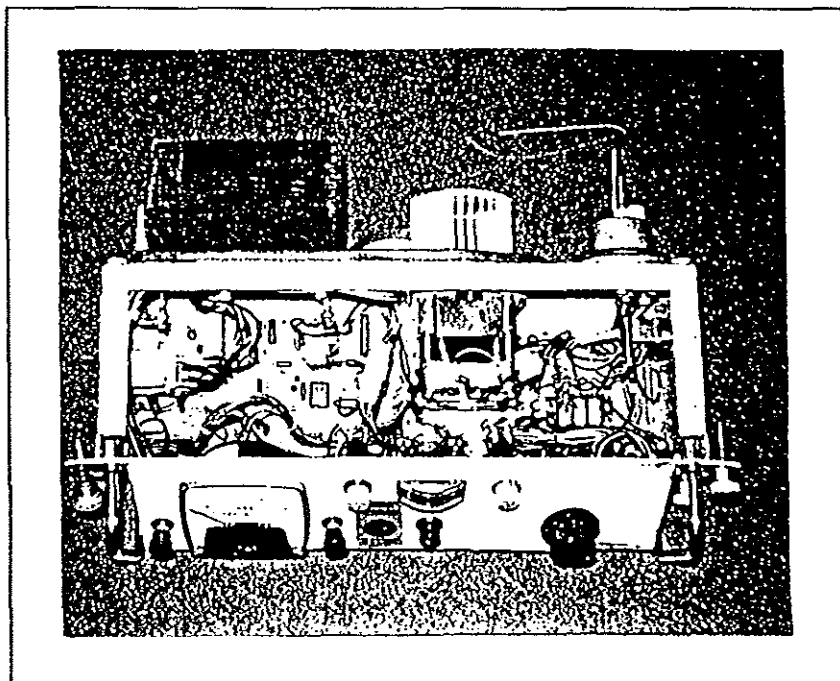
I tabellen anges såväl det starkaste som det svagaste fältet som uppmättes vid olika mätpunkter på bädden. Magnetfälten i kuvöserna var kraftigt inhomogena och varierade mycket från kuvös till kuvös. Det kraftigaste magnetfältet fanns i kuvösen Ohmeda II, där fältet över nära nog hela madrassens yta var starkare än 0,9 μT och i ett begränsat område nästan nådde 5 μT . För de andra kuvöserna varierade fältet mellan 0,2 – 0,4 μT och 1 – 1,9 μT i bäddens nedre läge, där de kraftigaste fälten återfanns i ett mindre omfattande område. I bäddens övre läge minskade de starkaste fälten till ungefär hälften, och var endast i Ohmeda-kuvösens fortfarande starkare än 1 μT . För barnvärmebädden var magnetfältens spridning mindre. Medan den likströmsmatade Noratel-bädden inte hade något mätbart 50 Hz-fält, varierade magnetfältet från den andra värmebädden mellan 2 och 2,4 μT . Noratel-bädden alstrade däremot ett statistiskt magnetfält av 0,8 μT , ett värde som är avsevärt mindre än det jordmagnetiska fältet (ca. 50 μT).

I en amerikansk undersökning (6) av tre olika kuvöser rapporterades kraftiga magnetfält på 10 – 30 μT . Men vid dessa mätningar användes mindre mätspolar. Spolarnas centrum hamnade därför endast 1,9 cm (3/4 in) från madrassen och hela spolarean fanns närmare magnetfältens källa. Spolarnas mindre ledningsarea medförde också att fältet bestämdes över ett mera begränsat område, där fältet inte var fullt så inhomogent. Dessutom drivs det amerikanska nätet med 110 V, vilket leder till högre strömstyrkor och därmed kraftigare magnetfält, om kuvösernas effektförbrukning är densamma som under svenska förhållanden med ett 230 V-nätssystem.

Liksom den amerikanska studien visade den föreliggande undersökningen en starkt inhomogen fördelning av magnetfälten i kuvöserna, som hängde ihop med den stora närheten till många olika magnetfältskällor. I figur 15 visas en bild av kontrollenheten från kuvösen Isolette C 86-H, som åskådliggör att det fanns många strömgenomflutna, fältalstrande elektriska delar 5 – 10 cm från bädden. De utgjordes av fläktmotorer, värmeelement, transformatorer och andra komponenter samt enkelledare, där strömmen orsakade fält som inte kompenenserades av en ledare intill, där strömmen gick åt motsatt håll. Dessa olika fältkällor bidrog till en sammansatt fältbild, som dessutom på-

verkades av varierande strömstyrkor, t.ex. när styrsystemet reducerade den tillförda värmeeffekten. Därför var fälten ojämnt fördelade över bäddens area och skiftade också

Figur 15: Kontrollenhet till kuvösen Isolette C 86-H



I en och samma mätpunkt under korta perioder. Detta framgår tydligt i tabell 3 (kuvös Isolette C100-2E), där fältet vid 30 mätningar under 15 minuter varierade mellan 0,26 och 1,24 μT med ett medelvärde på 1,02 μT . Liknande förhållanden, om än inte lika utpräglade, konstaterades även för kuvöserna Dräger 8000 och Ohmeda II (se tabellerna 9; 17, 18). Enstaka punktmätningar gav således en otillräcklig bild av fältfördelningen. Tillförlitliga mätningar måste därför utsträckas över ett längre tidsintervall.

Värmareffekten påverkade magnetfälten olika beroende på kuvöstypen. Medan fälten inte ändrades nämnvärt med värmeeffekten vid kuvösen Isolette C 86-H, påverkades fältfördelningen mera påtagligt vid de övriga kuvösema. I kuvösen Isolette C100-2E minskade magnetfältet, beroende på mätpositionen på bädden, med en faktor 2 - 6 när värmeeffekten reducerades från 4 till 0. Samtidigt flyttades det begränsade området med det starkaste fältet något åt höger på kuvösbädden (se tabellerna 5 - 7). Det visade sig dessutom att endast fältets medelvärde avtog, däremot inte det lägsta och det högsta värdet, när värmeeffekten minskades från 4 till 1. Men vid lägsta värmeeffekten, 0, var fältets högsta och lägsta ungefär lika stora. Även vid kuvösen Dräger 8000 flyttades området med de kraftigaste fälten något åt höger, då värmeeffekten minskades från max till noll, samtidigt som styrkan av fälten bara avtog med en faktor 1,1 - 1,5 (tabellerna 10-13, figurena 7, 8). I den fjärde kuvösen, Ohmeda II, minskade magnetfältet 30 - 40 % då värmeeffekten reducerades från max till noll, men fältet var fortfarande ca. 2,5 resp. 1,7 μT vid två mätpunkter. Fältminskningen omfattade vid denna kuvös både det högsta och lägsta värdet samt medelvärdet (se tabellerna 17, 18). Huvudkällan till magnetfältet i kuvösen Isolette C 86-H utgjordes tydligen inte av värmaren och dess tillhörande elektriska kretsar. I de andra kuvöserna lämnade dessa

komponenter dock ett större bidrag till det uppmätta fältet, och de ändrade uppvärmningsförhållanden modifierade därför fältfördelningen över hela kuvösbädden. Detta bekräftades också av magnetfältsmätningar utanför kuvöserna och intill deras styrenheter. De starkastefälten återfanns inte direkt intill värmeelementen utan på större avstånd ifrån dem.

Även vid den växelspanningsmatade värmebädden ledde en minskning av värmeeffekten till lägre magnetfält. Fältreduceringen var dock endast ca 20 % mitt på värmebädden, när effekttillförseln var som lägst. Den andra, likspänningsmatade barnvärmebädden saknade möjligheter för regleringen av värmeeffekten.

Barnkuvöser används inom vården ibland tillsammans med annan utrustning som kan alstra magnetiska fält. Därför undersöktes inverkan av en belysningsarmatur på magnetfältet av kuvösen Isolette C100-2E. Armaturens magnetfält minskade relativt fort med avståndet och var 40 cm från lysrören som mest endast 0,08 eller 0,15 μT (2 respektive 4 lysrör tända), vilket var 20 – 30 gånger svagare än på 10 cm avstånd. I det värsta fallet, dvs med sådan inkoppling till nätet där båda utrustningarnas magnetfält samverkade, förhöjdes magnetfältet i kuvösen vid bäddens övre läge upp till 20 % respektive 50 %, beroende på om två eller fyra lysrör var tända. Den procentuella förhöjningen var dock mindre i de områden där kuvösens magnetfält var starkast från början (utan armaturen).

Även barnvärmebäddar används i neonatalavdelningar ibland tillsammans med kuvöser. Magnetfältet ovanför värmebädden Kanthal ökade med 2 – 15 % då den lades i kuvösen Isolette C86H.

Av undersökningen framgår också att magnetfälten relativt fort avtar med avståndet utanför kuvöserna. Kuvösernas bidrag till den allmänna fältnivån i neonatalavdelningars behandlingsrum torde därför, i likhet med bidragen från annan likartad utrustning, vara försumbar. Kuvösbarnens exponeringsförhållanden skiljer sig från t.ex. vårdpersonalens bl.a. genom att de förstnämnda befinner sig nära magnetfältskällorna under längre tid.

Hygieniska rikt- eller gränsvärden för exponering till lågfrekventa magnetiska fält finns för närvarande inte i Sverige. SSI har i ett uttalande förespråkat ett måttfullt undvikande av obehövlig exponering till magnetiska fält. Även vid mycket osäker kunskap om eventuella hälsoeffekter kan således väldigt enkla och billiga åtgärder som minskar exponeringen för människor, som stadigvarande vistas i förhöjda magnetfält, ändå vara befogade. Ett enkelt försök att avskärma fälten med hjälp av en tjock aluminiumskiva på botten av kuvösen Ohmeda visade att fälten endast kunde reduceras med 15 – 40 %. Magnetfältsexponeringen kunde dock minskas med upp till ca. 50 %, om man ökade avståndet till de olika fältkällorna genom att lyfta kuvösbädden till sitt övre läge.

Eftersom kuvöserna bara under kort tid stod till förfogande för mätningarna kunde en noggrannare lokalisering av fältalstrande komponenter och en mera specifik skärmning av dessa t.ex. med mymetall inte genomföras. Utfallet och kostnader av sådana eller andra likvärdiga ombyggnader kan därför inte bedömas. Om man redan vid konstruktionen av sådana medicinska utrustningar hade haft i åtanke, att så långt som möjligt undvika onödig spridning av magnetiska fält, borde en effektiv reduktion av spädbarnens exponering till magnetfält i kuvöser kunna åstadkommas till rimliga kostnader. Ett exempel på alternativa lösningar demonstrerades av leverantören till barnvärmebädden Kanthal, där annorlunda ledningsdragning gav värmedynan sådan utformning att den alstrade endast försumbara magnetfält.

5. Sammanfattning

5.1 Svensk sammanfattning

Nya rapporter om eventuella hälsorisker i samband med elektromagnetiska fält har föranlett SSI att förespråka ett måttfullt undvikande av exponering för sådana fält. I denna undersökning utreddes därför en möjlig exponeringssituation för spädbarn i kuvöser samt några svårigheter vid fastställandet av relevanta exponeringsförhållanden.

Mätobjekten utgjordes av fyra olika barnkuvöser och två olika barnvärmebäddar från Karolinska sjukhusets neonatala avdelning. Den ena värmebädden bestod av en växelströmsmatad värmefolie, som placerades under en vattenmadrass. Vid den andra värmebädden var den likströmsmatade värmefolien instoppad i en mjuk madrass. Kuvöserna och den förstnämnda värmebädden hade ett inställbart temperaturområde. Styrningen och kontrollen av värmeeffekten skedde elektronisk eller med hjälp av mikroprocessorer. Vid mätningarna användes en magnetfältsmeter (MFM 10, Combinova AB), vars tre till varandra ortogonala mätpolar registrerade effektivvärdet av den magnetiska flödestätheten. Mätpolarna placerades direkt på värmebäddarnas madrass eller på en tunn frigolitskiva som lades på kuvösbädden. Mätpunkternas position definierades med hjälp av ett tvådimensionellt koordinatsystem. Mätningar gjordes vid olika driftförhållanden för uppvärmning och vid olika höjdlägen av bädden i kuvöserna.

Mätningarna påvisade en stark varierande, inhomogen magnetfältsfördelning i kuvöserna. För tre kuvöser var de högsta uppmätta magnetfälten $1 - 2 \mu\text{T}$. Dessa värden fanns inom ett relativt avgränsat område på kuvösbädden, utanför denna yta avtog fältet till ca. $0,3 \mu\text{T}$. I den fjärde kuvösen var fältet starkare än $1 \mu\text{T}$ över nästan hela ytan av bädden och ökade till nära $5 \mu\text{T}$ i ett begränsat område. Vid bäddens övre läge var magnetfälten ungefär hälften så starka. Den elektroniska styrningen av uppvärmningen medförde att mätvärdena för fälten kunde variera avsevärt i en och samma mätpunkt och vid samma värmeeffekt, t.ex. mellan $0,26$ och $1,29 \mu\text{T}$. Enstaka punktmätningar var följaktligen inte lämpliga och i de flesta fall användes därför datalogging för att bestämma medelvärden och spridningen av magnetfältet vid varje mätpunkt. Det tidsmässiga förloppet av fälten karakteriserades av distorderade sinuskurvor. Frekvensanalysen av mätsignalen visade en relativ hög andel av övertoner.

Magnetfältet från den växelströmsmatade värmebädden varierade mellan 2 och $2,4 \mu\text{T}$ vid olika mätpunkter. Den likströmsmatade värmebädden hade inget 50 Hz magnetfält men alstrade ett statiskt fält på $0,8 \mu\text{T}$.

Värmeeffektens inverkan på magnetfältet varierade avsevärt mellan mätobjekten. Vid en kuvös påverkades fältets styrka ej nämnvärt då värmeeffekten reducerades, och för en annan kuvös minskade fältets medelvärde och spridning något. För de andra två kuvöserna avtog magnetfälten $2 - 5$ gånger när värmeeffekten reducerades. I det ena fallet minskade endast medelvärden, dock ej spridningen, i det andra fallet minskade båda storheterna. Den växelströmsmatade värmebäddens magnetfält reducerades endast med ca 20% då den tillförda värmeeffekten sänktes. Den andra värmebädden saknade möjligheter att reglera värmen.

Magnetfälten i kuvöser karakteriserades av närheten till flera olika samverkande fältalstrande källor såsom värmeelement, fläktmotorer, transformatorer, enkelledningar och andra elektriska komponenter i kontrollsystemet. Fältbilden komplicerades dessutom av

varierande bidrag från dessa källor vid olika driftförhållanden. För att minska spädbarnens exponering för magnetiska fält i kuvöser borde avstånden till de fältgivande komponenter ökas, vilket underlättas om det beaktas redan vid tillverkningen av kuvöser. Även andra tekniska lösningar, som syftar till att begränsa spridningen av onödiga läckfält från strömförande delar, borde kunna åstadkommas, särskilt om man redan vid konstruktionen av sådan medicinsk utrustning tar rimliga hänsyn till potentiella exponeringsförhållanden.

5.2 Summary

Title: Magnetic fields from infant incubators and infant heating beds

New investigations about potential health hazards in connection with electromagnetic fields led to SSI's advocating a prudent avoidance of exposure to this kind of fields. This study partly investigates a possible exposure of infants in incubators to magnetic fields and partly illustrates some problems related to the assessment of relevant exposure conditions.

The study included four different types of incubators and two different types of heating beds of the neonatal division of the Karolinska hospital. One of the heating beds consisted of an ac-supplied heating foil beneath a water mattress and the other one had a dc-supplied heating foil inside a soft mattress. The incubators and the ac-supplied heating bed could be operated within an adjustable range of temperature. The heating power was adjusted by an electronic control system after pre-setting the air temperature to a desired value.

The fields were measured with a magnetic field meter (MFM 10, Combinova AB) consisting of three to each other perpendicular measurement coils. The meter readings were presented as RMS-values of the magnetic flux density. The coils were situated on a thin Styrofoam plate on the incubator beds or directly on the mattress of the heating beds. The positions of the measurement points were defined with help of a two dimensioned co-ordinate system. Measurements were done at different height positions of the beds and different heating conditions for the incubators. The recording of the shape of the magnetic field signal in the time domain and its frequency analysis has been part of the study, too. Since the magnetic field could vary considerably at the same measurement point and the same displayed heating power, datalogging has been used for most of the measurements to find out the mean value and the spread of the magnetic field at each measurement point.

The close vicinity to several different field sources, as fan motor, heater, transformers, and current conducting single leads gave rise to strongly non-uniform and intricate field distributions. The time domain magnetic field signal showed a distorted sinusoidal shape and the harmonic content was therefore relatively high.

For three of the incubators the strongest measured field was about 1 – 2 μT . These values were limited to a small area on the bed. Outside this region the field decreased slowly to 0.2 – 0,3 μT . In the fourth incubator the field was stronger than 1 μT nearly over the whole area of the bed and exceeded 4 μT within a limited region. The flux density from the ac-supplied heating bed varied between 2.0 and 2.4 μT . There was no 50 Hz magnetic field from the dc-supplied heating bed and its static field was 0.8 μT .

One of the incubators' field was not influenced by reduction of the heating power, and for another one the mean value and spread decreased only slightly. The field of the two remaining incubators diminished notably (2 – 5 times) after reduction of the heating power. For one of them only the mean value but not the spread decreased, and for the other one both parameters were reduced. The magnetic field of the ac-supplied heating bed was only slightly lessened after lowering the heating power

The exposure of infants in incubators to magnetic fields is characterised by variable contributions of several different field sources situated very close to the infants. A reduction of this exposure should be achievable by increasing the distance to field sources or by suitable changing of construction details during the manufacture of this kind of medical equipment.

6. Erkännande

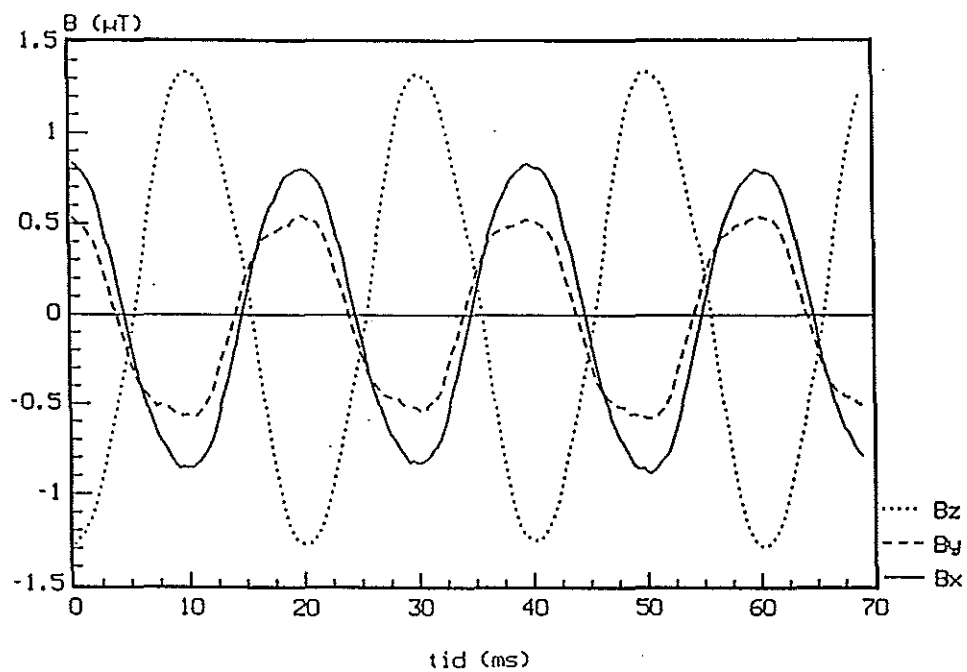
Författaren riktar ett varmt tack till Maria Wennborg och den övriga personalen på Karolinska sjukhusets neonatalavdelning som ställt mätobjekten till förfogande för denna undersökning.

7. Literaturförteckning

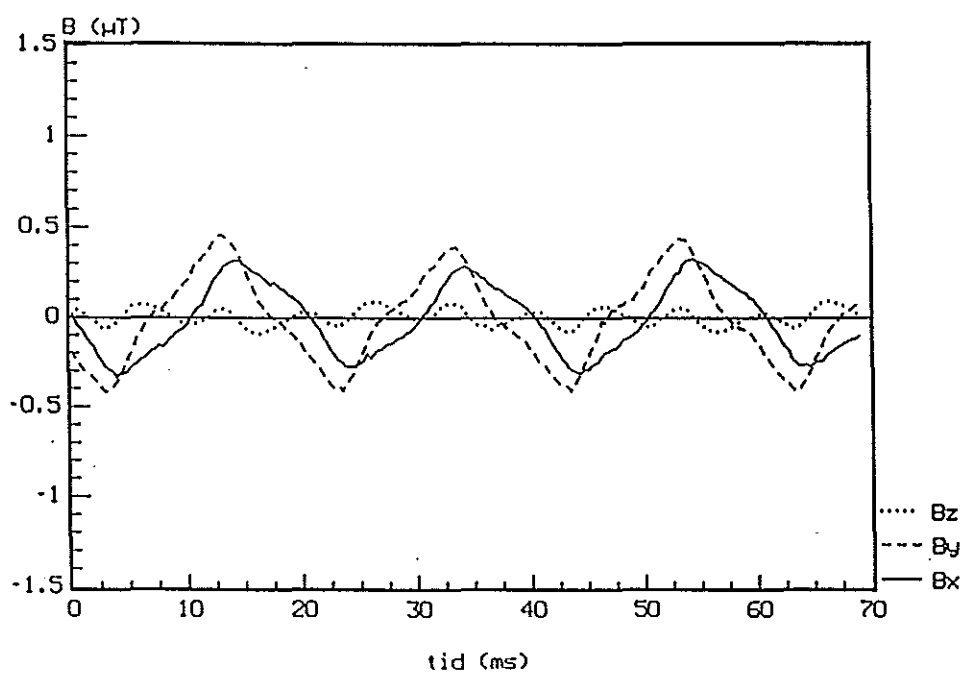
- (1) Kowalczyk C I, Saunders R D, Sienkiewicz Z J. Biological effects of exposure to non-ionising electromagnetic fields and radiation. I., II., and III. Chilton, NRPB-R238, NRPB-R239, NRPB-R240, London, HMSO, Great Britain (1991).
- (2) Hendee W R, Boteler J C. The question of health effects from exposure to electromagnetic fields. *Health Phys.*, 66(2), 127 – 136 (1994).
- (3) Feychting M, Ahlbom A. Magnetic fields and cancer in people residing near Swedish high voltage power lines. Stockholm, Karolinska Institute, IMM report (1992).
- (4) Floderus B, Persson T, Stenlund C, et al. Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukaemia and brain tumours. A case-control study. Solna, Sweden, National Institute of Occupational Health (1992).
- (5) -. Elektriska och magnetiska fält från 50 Hz elkraft. Vad vet vi om möjliga skaderisker? Stockholm, Statens strålskyddsinstitut, I 93-01 (1993).
- (6) Polk C, Cherlin D, Wu S S, et al. Time varying magnetic fields inside incubators for new-born infants. I: Abstracts of the annual review of research on biological effects of electric and magnetic fields from the generation, delivery, and use of electricity. 108 – 109. Savannah, USA (1993).

Bilaga 1

Figur 16: Kurvform av magnetfält i kuvösen Isolette C100-2E. Bäddens nedre läge, position (42,14).



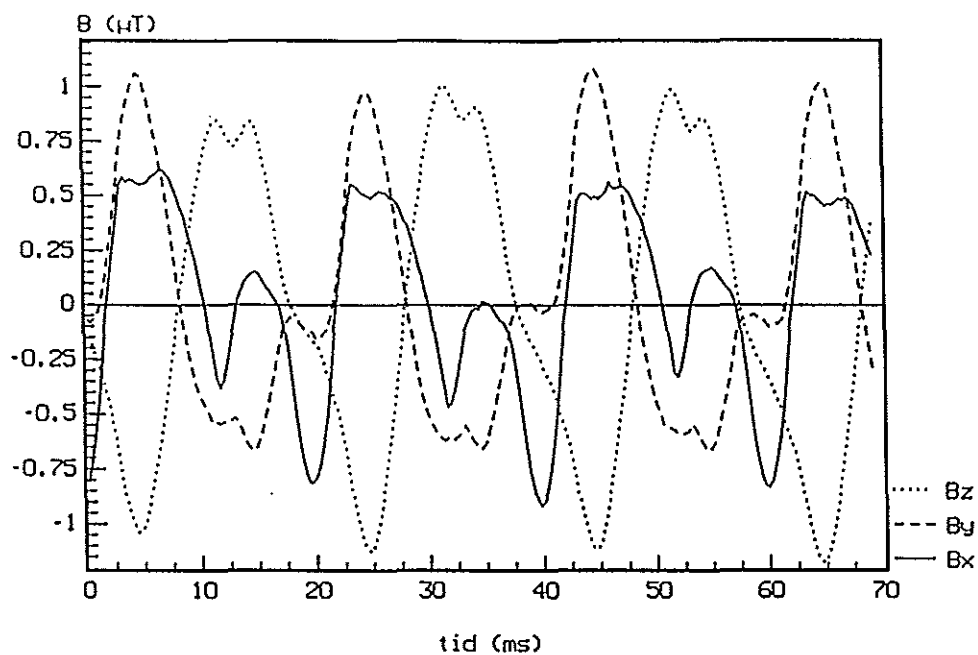
a: Max värmeeffekt



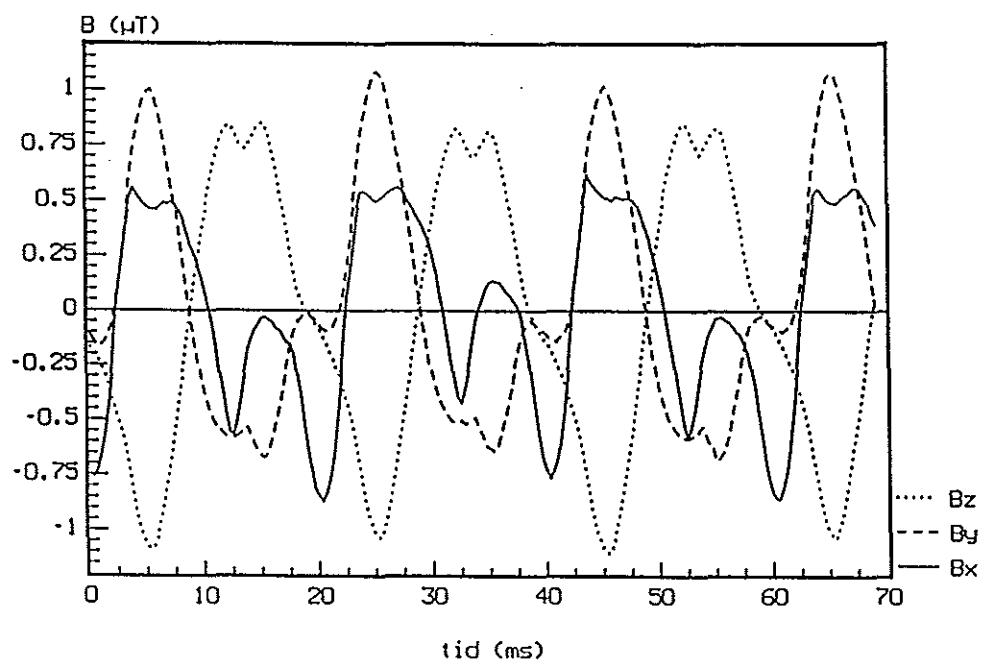
b: Värmeeffekt noll

Bilaga 2

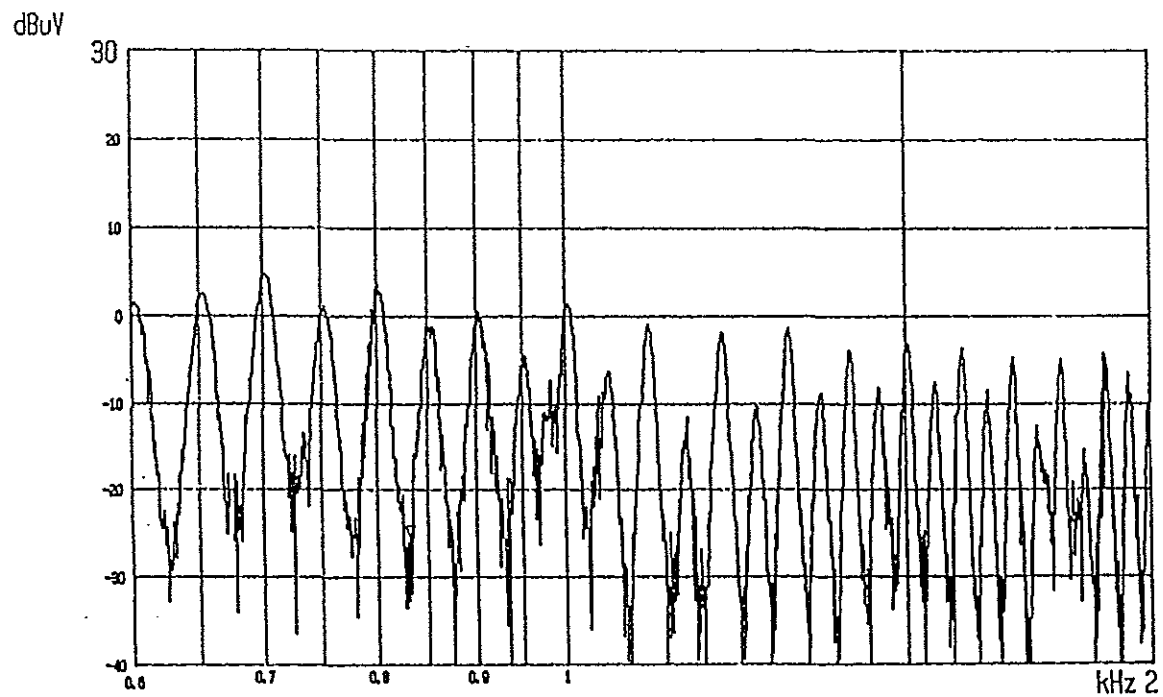
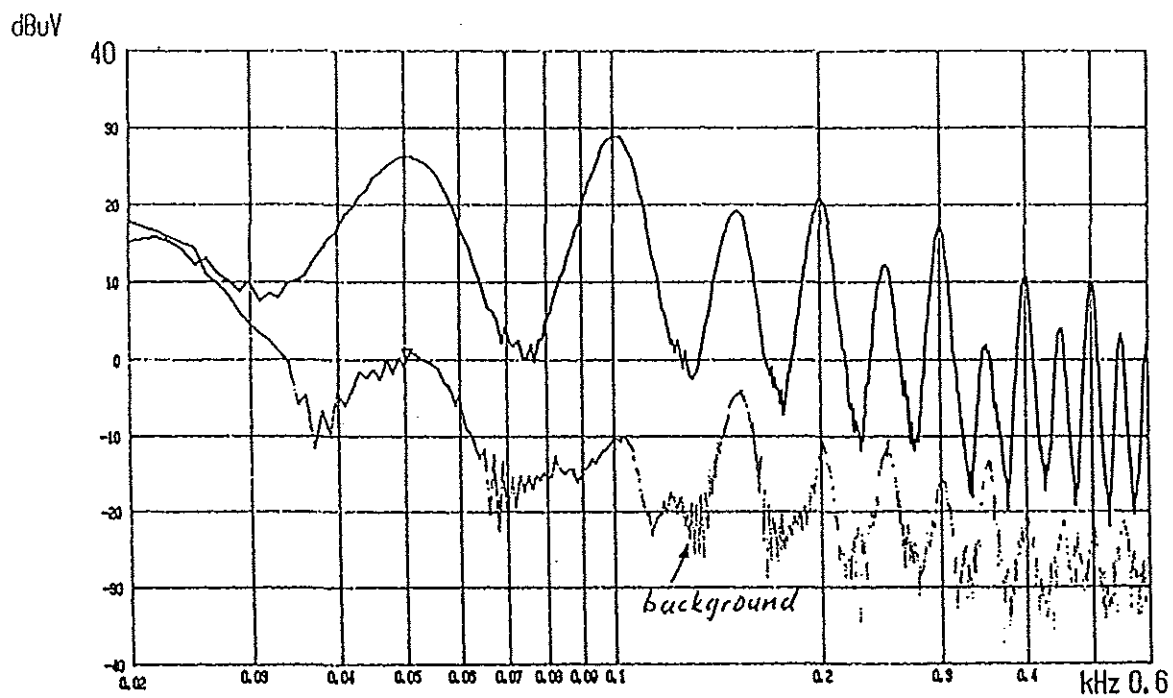
Figur 17: Kurvform av magnetfält i kuvösen Dräger 8000. Bäddens nedre läge, position (37,22).



a: Max värmeeffekt



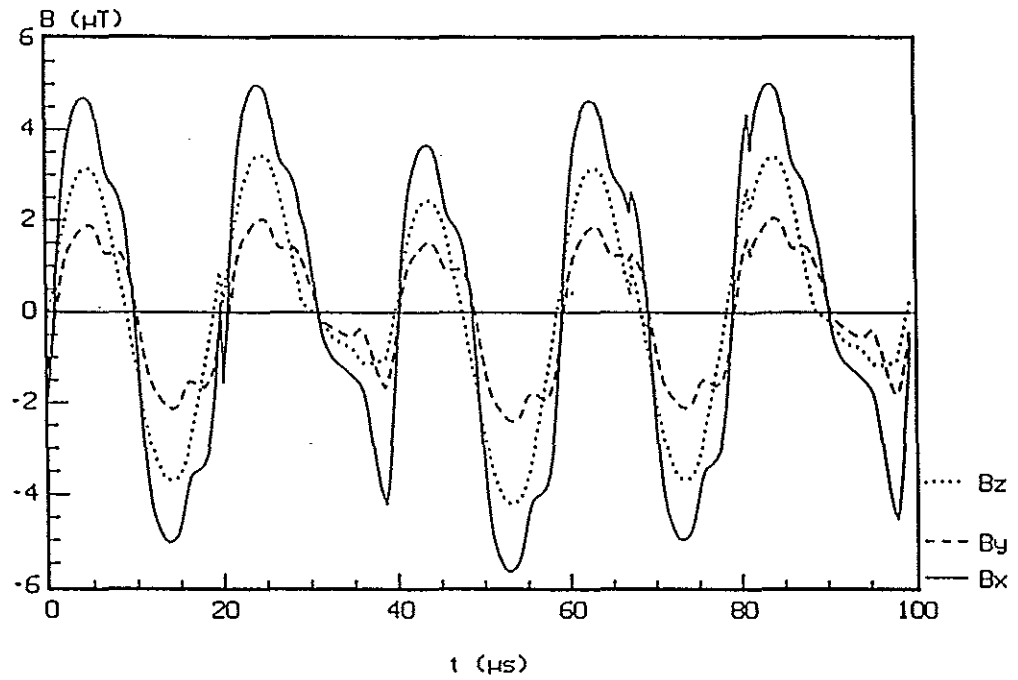
b: Värmeeffekt noll



Figur 18: Frekvensanalys av magnetfält i kuvösen Dräger 8000. Bäddens nedre läge, position (37,22), max värmeeffekt

Bilaga 3

Figur 19: Kurvform av magnetfält i kuvösen Ohmeda II. Bäddens nedre läge, position (35,20), max värmeeffekt.



SSI-rapporter

94-01. Publikationer

SSI-Informationsenheten.

Gratis

94-02. Magnetfält från barnkuvöser och
barnvärmebäddar.

Gert Anger

50 kr

