

IMM-rapport 1/2025

Exponering för lågfrekventa magnetfält och hälsa

En kunskapssammanställning av den vetenskapliga litteraturen

Maria Feychting

IMM
—
Institute of Environmental Medicine
Institutet för miljömedicin



**Karolinska
Institutet**

Exponering för lågfrekventa magnetfält och hälsa

En kunskapssammanställning av den
vetenskapliga litteraturen

Maria Feychting, professor i epidemiologi
Institutet för miljömedicin
Karolinska Institutet

Stockholm
Januari 2025

ISSN-1101-2803

Innehållsförteckning

Bakgrund	3
Syfte	3
Metod	3
Exponeringen	4
Hälsoutfall	4
Resultat	5
IARC	5
WHO	5
SCENIHR 2007, 2009, 2015	6
SSM-rapporter	8
Health Council of the Netherlands	13
Nyare vetenskaplig litteratur	17
Sammanfattning av kunskapsläget	19
Referenser	22

Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet fick i september 2023 i uppdrag av Folkhälsomyndigheten att göra en kunskaps-sammanställning av den vetenskapliga litteraturen om risken för ohälsa på grund av exponering för lågfrekventa magnetfält från starkströmsledningar och tillhörande elnätansläggningar.

Professor Maria Feychting ombads att genomföra detta uppdrag. För att ge en komplett bild av kunskapsläget avseende hälso-effekter av lågfrekventa magnetfält inkluderades även yrkes-mässig exponering.

Bakgrund

Under mer än fyra decennier har man diskuterat om långvarig exponering för lågfrekventa elektromagnetiska fält, under gällande referensvärden, kan ge upphov till hälsoeffekter. Diskussionen har framför allt handlat om risken för barnleukemi, där ett flertal epidemiologiska studier har funnit en ökad risk vid hög exponering för magnetfält, medan resultat från experimentella studier på djur eller cellstudier inte påvisat några effekter, och det saknas en känd biologisk mekanism. Även cancer bland vuxna och andra hälsoutfall har studerats, som exempelvis neurodegenerativa sjukdomar, graviditetsutfall och hjärt- och kärlsjukdom. Man har också undersökt om vissa personer har en ökad känslighet för elektromagnetiska fält, så kallad elöverkänslighet, som innebär att de får symtom så som sömnstörningar, trötthet, koncentrationssvårigheter, huvudvärk, yrsel och hudsymptom vid exponering för elektromagnetiska fält.

Syfte

Syftet med föreliggande rapport är att göra en kunskapssammanställning av forskningens slutsatser om risken för ohälsa på grund av långvarig exponering för lågfrekventa magnetfält under gällande referensvärden. Sammanställningen har speciellt fokus på känsliga och/eller sårbara grupper som till exempel barn.

Metod

Detta är en begränsad systematisk litteraturoversikt som baseras på kunskapssammanställningar gjorda av vetenskapliga expertgrupper på uppdrag av nationella eller internationella offentliga organisationer. Vetenskaplig litteratur om hälsoeffekter hos människa som publicerats de senaste åren som inte täcks av tillgängliga kunskapssammanställningar identifieras via en litteratursökning i PubMed. Enbart studier med originaldata publicerade i vetenskapliga tidskrifter med peer review fram till och med augusti 2023 kommer att inkluderas. Hit räknas nya enskilda studier, samt studier som poolat originaldata från flera enskilda studier och genomfört nya standardiserade analyser, men inte reviews eller meta-analyser av redan publicerade resultat. Studier som ingår i en publikation som poolat originaldata från flera studier tas inte upp individuellt.

Kunskapssammanställningen fokuserar på hälsoutfall där det vetenskapliga underlaget består av fler än en studie och där studierna är gjorda av minst två oberoende forskargrupper.

Exponeringen

Lågfrekventa magnetfält genereras överallt där det finns elektrisk ström, exempelvis i närheten av kraftledningar som transporterar elektricitet, transformatorstationer, andra elinstallationer och elektriska apparater. Det är mycket ovanligt med höga exponeringsnivåer i bostäder, mindre än 1 % har en genomsnittlig exponeringsnivå $\geq 0,4 \mu\text{T}$. I arbetslivet kan högre exponeringsnivåer förekomma, exempelvis hos lokförare, svetsare och linjearbetare. Ungefär 10 % av männen och 3 % av kvinnorna exponeras för nivåer på $\geq 0,3 \mu\text{T}$ eller högre i sitt arbete.

Hälsoutfall

De hälsoutfall som studerats i relation till lågfrekventa magnetfält är framför allt barnleukemi och hjärntumörer hos barn, cancer hos vuxna, neurodegenerativa sjukdomar (t.ex. amyotrofisk lateral skleros (ALS), Alzheimers sjukdom), hjärt- och kärlsjukdom, graviditetsutfall, symtom som av den drabbade attribueras till elektromagnetiska fält (så kallad elöverkänslighet) och psykiatriska sjukdomar.

Många av de hälsoutfall som studerats i relation till magnetfältsexponering är sällsynta; exempelvis är förekomsten av barnleukemi ca 5 fall/100 000 barn per år (0–14 år)¹, och förekomsten av ALS uppskattas till ca 2,8/100 000 per år². Kombinationen sällsynt exponering och sällsynta sjukdomar gör att epidemiologiska studier ofta har mycket begränsad statistisk styrka och behöver baseras på en mycket stor befolkning för att statistiskt säkerställda resultat ska kunna erhållas. Detta har medfört att tillgängliga studier i sina analyser ofta har använt olika kategoriseringar av exponeringen, och att den högsta exponeringsnivån som analyserats bestämts av tillgång på data snarare än vetenskapliga bedömningar och hypoteser. Detta ger större utrymme för slumpmässig påverkan på resultaten. För att öka den statistiska styrkan har flera projekt kombinerat originaldata från flertalet av de tillgängliga studierna av barnleukemi och hjärntumörer hos barn i vad som kallas poolade studier, och har därmed kunnat använda homogena definitioner av exponeringen och av exponeringskategorierna för alla inkluderade studier. Sådana poolade studier har givits stor vikt vid bedömningen av det vetenskapliga underlaget.

Resultat

IARC

WHO:s cancerforskningsinstitut, IARC (International Agency for Research on Cancer) klassificerade 2001 lågfrekventa magnetfält i grupp 2B: möjligen carcinogent (possibly carcinogenic)³. Bedömningen baserades på relativt samstämmiga resultat från epidemiologiska studier av risken för barnleukemi vid hög magnetfältsexponering i bostaden. Två poolade analyser av ett stort antal, delvis överlappande, studier utgjorde en viktig grund för bedömningen. Den ena studien, som baserades på nio studier av hög kvalitet, fann en dryg fördubbling av risken för barnleukemi vid exponeringsnivåer $\geq 0,4 \mu\text{T}$. Den andra studien hade lägre kvalitetskrav och inkluderade data från 15 studier, och fann ett riskestimat på 1.7 vid exponeringsnivåer över $0,3 \mu\text{T}$. Klassificeringens innebörd är att man funnit forskningsresultat som stödjer hypotesen att exponeringen kan påverka cancerrisken, men man kan inte utesluta andra förklaringar till de observerade sambanden, som exempelvis confounding från andra riskfaktorer (förväxlingsfaktorer) eller andra metodproblem. Man fann inte något stöd för hypotesen från djurstudier eller mekanistiska studier. För andra cancerformer bland barn, eller cancer bland vuxna fann man att det vetenskapliga underlaget inte var tillräckligt för att göra en bedömning.

WHO

WHO gjorde 2007 en bredare hälsoriskbedömning av exponering för lågfrekventa elektriska och magnetiska fält⁴. Man bedömde att de ytterligare få studier av barnleukemi som publicerats efter IARC:s klassificering inte gav någon anledning att ändra klassificeringen. Man konstaterade också att det samband som observerats i epidemiologiska studier inte hade stöd från experimentella studier på djur eller mekanistiska studier på celler. För annan barncancer och de flesta cancerformer bland vuxna ansåg WHO:s expertgrupp på samma sätt som IARC att det vetenskapliga underlaget inte var tillräckligt, medan man fann att nya studier som publicerats om bröstcancer väsentligt försvagat hypotesen om ett samband med lågfrekventa magnetfält och WHO:s expertgrupp fann inte något stöd för ett sådant samband för bröstcancer.

Vid tidpunkten för WHO:s granskning fanns endast ett fåtal studier av Parkinsons sjukdom och multipel skleros (MS), och ingen av studierna antydde något samband med magnetfältsexponering. Fler studier fanns tillgängliga om Alzheimers sjukdom och ALS. För ALS fanns det indikationer på en ökad risk i yrken relaterade till elektricitet. Det finns ingen känd biologisk mekanism som skulle kunna förklara hur exponering för svaga lågfrekventa magnetfält kan ge upphov till ALS, och man konstaterade att exponering för elektrisk chock

skulle kunna vara en förväxlingsfaktor. För Alzheimers sjukdom fann man motstridiga resultat, men studier som hade högre kvalitet fann ingen ökad risk. Sammantaget bedömdes det vetenskapliga underlaget för ALS och Alzheimers sjukdom som otillräckligt.

Exponering för elektrisk chock är en känd riskfaktor för hjärt- och kärlsjukdom, men när det gäller magnetfältsexponering vid nivåer som ligger under referensvärdena fann WHO:s expertgrupp att studierna av sjuklighet och dödsfall i hjärt- och kärlsjukdomar inte funnit några samband med exponering för lågfrekventa magnetfält, förutom i en enskild studie. Den sammantagna bedömningen var att det vetenskapliga underlaget inte stödjer ett samband mellan magnetfältsexponering och kardiovaskulära sjukdomar.

För graviditetsutfall konstaterade WHO:s expertgrupp att epidemiologiska studier av mammans eller pappans magnetfältsexponering inte funnit ogynnsamma effekter på graviditetsutfall. Svag evidens fanns för att mammans exponering för magnetfält medförde en ökad risk för missfall, men det fanns också studier som inte fann någon ökad risk. Man bedömde underlaget som otillräckligt och rekommenderade ytterligare forskning inom området.

Man fann motstridiga och icke övertygande resultat från studier av sömnbesvär, depression och självmord, och bedömde att det vetenskapliga underlaget var otillräckligt för en bedömning.

För elöverkänslighet gjorde WHO:s expertgrupp bedömningen att resultaten från dubbelblinda provokationsstudier tyder på att rapporterade symtom inte är relaterade till exponering för elektromagnetiska fält.

SCENIHR 2007, 2009, 2015

EU Kommissionens expertgrupp SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) har regelbundet gjort en sammanställning av forskningen om elektromagnetiska fält och hälsoeffekter⁵⁻⁷. Rapporterna bygger på varandra där senare versioner uppdateras med nyttillkommen forskning. Rapporten från 2007 täcker i stort sett samma vetenskapliga litteratur som WHO:s hälsoriskbedömning, och SCENIHR kom till liknande slutsatser som WHO. I 2009 års genomgång av litteraturen har några nya studier av barnleukemi publicerats. Bland annat testades hypotesen att magnetfältsexponering under nattetid skulle ge ett bättre mått på exponeringen i hemmet eftersom de flesta barn spenderar delar av dagen i förskola/skola eller på annan plats. SCENIHR 2009 diskuterar en poolad analys av ett flertal studier som mätt magnetfältsexponeringen under minst 24 h, där forskarna extraherat enbart exponeringen nattetid för att minska felklassificering av exponeringen. Studiens resultat var oförändrat jämfört med den exponeringsskattning som använts tidigare, och kunde inte konfirmera hypotesen att magnetfältsexponering mätt enbart nattetid skulle ge högre riskestimater. Två studier undersökte

effekten på överlevnad efter barnleukemi, och antydde en sämre överlevnad bland exponerade barn. Studierna var dock små och resultaten osäkra. Ett par nya studier av Alzheimers sjukdom diskuterades, en av järnvägsarbetare och en av exponering i bostaden. Båda antyder en ökad risk för Alzheimers sjukdom bland exponerade, men det vetenskapliga underlaget sammantaget bedömdes som motstridigt och tillät inga säkra slutsatser. Den sammantagna bedömningen i SCENIHR 2009 var att den nya information som tillkommit sedan rapporten 2007 inte föranledde någon förändring av slutsatserna.

Vid uppdateringen 2015 hade ytterligare studier av barnleukemi publicerats⁸, bland annat en ny poolad analys av originaldata från de studier som publicerats efter de tidigare poolade analyserna^{9,10}. En förhöjd risk för barnleukemi observerades vid exponering $\geq 0,3 \mu\text{T}$ (OR=1,44; 95 % konfidensintervall 0.88–2.36), och vid exponering $\geq 0,4 \mu\text{T}$ var riskestimatet 1.46 (95 % KI 0.80 –2.68). Resultaten baserades på få exponerade fall, trots att över 10 000 fall av barnleukemi och över 12 000 kontroller inkluderades, och sambandet var något lägre än i de tidigare poolade studierna. En studie från Kalifornien som publicerats efter att den senaste poolade analysen gjorts fann inte några samband med barnleukemi. SCENIHR 2015 diskuterar också en poolad analys av originaldata från 10 epidemiologiska studier av hjärntumör hos barn och exponering för lågfrekventa magnetfält i bostaden. Studien fann ingen evidens för en ökad hjärntumörrisk bland barn. Flera studier av föräldrars yrkesmässiga exponering för lågfrekventa magnetfält och risken för barncancer granskades, och de flesta fann inte någon ökad risk för barnet att få cancer om mamman eller pappan exponerats. En poolad studie av originaldata för över 3000 patienter med barnleukemi fann ingen påverkan på överlevnaden vid magnetfältsexponering i bostaden. Slutsatsen i SCENIHR 2015 avseende barncancer är att bedömningen att lågfrekventa magnetfält möjligen är carcinogena kvarstår baserat på risken att insjukna i barnleukemi vid exponeringsnivåer över 0,3–0,4 μT . Däremot fann man ingen ökad risk för hjärntumörer hos barn och ingen påverkan på överlevnaden efter barnleukemidiagnos. Genomgången av experimentella data från studier på djur eller celler gav fortfarande inte något stöd för hypotesen eller någon mekanistisk förklaring till de observerade sambanden för barnleukemi. Det vetenskapliga underlaget tillåter inte slutsatser om kausala samband, och alternativa förklaringar kan inte uteslutas.

Avseende cancer hos vuxna analyserade en stor registerbaserad studie risken för olika typer av cancer i relation till magnetfältsexponering i bostaden, och fann inte några ökade risker vid högre exponering. För yrkesmässig magnetfältsexponering och risken för cancer har ett stort antal studier publicerats men SCENIHR:s expertgrupp bedömde att det inte framträder något entydigt mönster i resultaten. I en stor, multinationell studie av hjärntumörer (Interphonestudien av gliom och meningiom) fann man inte någon ökad risk sammantaget (resultaten visade snarare en reducerad risk), men i en subgrupps-

analys fann man en statistiskt signifikant ökad risk (1,67, 95 % KI 1.36–2.07) för kortare tids exponering, vilket skulle kunna indikera en promotionseffekt för tumörutveckling. För de som varit exponerade under en längre tid fann man i stället reducerade riskestimat.

För neurodegenerativa sjukdomar fann SCENIHR 2015 att enbart ett fåtal ytterligare studier hade publicerats sedan 2009 års rapport, och dessa gav inte stöd för en ökad risk för Alzheimers sjukdom, så som rapporterades i studierna som refererades i SCENIHR 2009. Sammantaget gör SCENIHR 2015 bedömningen att det inte finns övertygande evidens för en ökad risk för neurodegenerativa sjukdomar i relation till exponering för lågfrekventa magnetfält.

Studier av självrapporterade symtom som attribueras till elektromagnetiska fält visar delvis motstridiga resultat. Observationsstudierna som publicerats sedan SCENIHR 2009 har haft metodproblem och ger inte övertygande evidens för en effekt, medan evidens från provokationsstudier inte stödjer hypotesen om att fälten kan upptäckas bättre än slumpen bland personer som rapporterar att de är elöverkänsliga.

SCENIHR 2015 utvärderade flera studier av graviditetsutfall, exempelvis för tidig födsel, födelsevikt, födelsevikt i relation till gestationsålder, missbildningar. De flesta studierna fann ingen effekt av magnetfältsexponering på risken för negativa graviditetsutfall i huvudanalyserna, men några av studierna fann indikationer på ökad risk i olika subgruppsanalyser eller i relation till någon specifik indikator på exponeringen. Det var dock oklart om dessa analyser var beslutade a priori, dvs innan analyserna påbörjades, och resultaten i dessa subgruppsanalyser kan återspegla slumpmässig variation. Sammantaget gör SCENIHR:s expertgrupp bedömningen att resultaten från de nyare studierna inte påvisar någon effekt av magnetfältsexponering på graviditetsutfall eller reproduktiv funktion.

SSM-rapporter

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har sedan 2002 en vetenskaplig expertgrupp som i stort sett årligen gör en utvärdering av forskningen om elektromagnetiska fält som publicerats under det föregående året. Rapporten som publicerades 2016 presenterar en sammanställning av 13 års forskning inom området¹¹. Slutsatserna överensstämmer med de bedömningar som gjorts av både WHO och SCENIHR. Man lyfter fram det konsekvent observerade sambandet i epidemiologiska studier mellan magnetfältsexponering i bostaden och barnleukemi, och konstaterar att det fortfarande inte finns stöd från djur-experimentella eller mekanistiska studier och att alternativa förklaringar till det observerade sambandet inte kan uteslutas. Risken för bröstcancer påverkas sannolikt inte av magnetfältsexponering. För neurodegenerativa sjukdomar är evidensen från epidemiologiska studier inte lika tydlig, utom när det gäller Parkinsons sjukdom där ett samband verkar mycket osannolikt. För Alzhei-

mers sjukdom är resultaten från epidemiologiska studier motstridiga, men indikerar att en ökad risk är möjlig, medan för ALS syns framför allt ett samband med "elektriska yrken" och det är oklart om den riskökning som observerats kan förklaras av elektrisk chock eller annan förväxlingsfaktor, eller om det är magnetfältsexponeringen som möjligen ökar risken.

Nya studier som refereras i SSM-rapporten 2016 är tre mindre studier av barnleukemi; en från Iran, en från Italien, en från Malaysia. Resultaten från så små studier går oftast inte att tolka på grund av begränsad statistisk styrka och att riskestimaten har vida konfidensintervall. De påverkar inte den sammanlagda bedömningen. En studie från Storbritannien som undersökte barn-cancerrisk i relation till nedgrävda kraftledningskablar nära bostaden beskrivs också i rapporten. Studien analyserade både avstånd till närmsta kabel och skattade magnetfältsexponeringen i bostaden. Studien fann en signifikant ökad risk för hjärntumör hos barn som bodde inom 20–50 m från en nedgrävd kabel, men inget samband med leukemi eller andra tumörer. Magnetfält från nedgrävda kablar avtar snabbt med avståndet och endast ett litet antal fall hade förhöjda magnetfältsnivåer trots att över 50 000 barncancerfall inkluderades i studien, varav ett fall av hjärntumör. Riskestimaten hade därför mycket vida konfidensintervall.

Cancer hos vuxna undersöktes i flera studier. Ingen ökad risk för tyroidea-cancer observerades i relation till användning av elektriska filter. En nordisk registerbaserad studie länkade yrkesinformation från folkräkningarna till en jobb-exponeringsmatris och fann ingen ökad risk för AML.

Flera studier av yrkesmässig exponering och neurodegenerativa sjukdomar beskrivs i SSM 2016. En holländsk kohortstudie fann en något förhöjd risk för Parkinsons sjukdom, men risken ökade inte med ökad duration av exponeringen. En meta-analys av Parkinson fann ingen indikation på ökad risk. I samma material analyserades risken för icke-vaskulär demens. Man fann en indikation på riskökning för män, men risken ökade inte med ökad exponering. För kvinnor fann man en väsentligt ökad risk relaterat till elektrisk chock, men ingen motsvarande riskökning för män. Resultatet baserades på mycket små tal. I en stor studie av ALS baserad på 4700 fall av ALS och 5 kontrollpersoner per fall skattades yrkesmässig magnetfältsexponering med flera olika jobb-exponeringsmatriser och yrkesinformationen inhämtades från Folk- och bostadsräkningen. En jobb-exponeringsmatris för elektrisk chock användes också. Studien observerade ingen riskökning för ALS, varken för magnetfälts-exponering eller elektrisk chock, oberoende av vilken jobb-exponeringsmatris som användes. Ingen ökad risk observerades för de som exponerats vid flera än en folkräkning. En holländsk studie fann inte någon ökad risk för ALS relaterat till bostadens avstånd till kraftledning, men antalet fall som bodde inom 50 m från en kraftledning var mycket litet.

Flera tvärsnittsstudier av symtom diskuteras i SSM 2016. Tvärsnittsdesignen har begränsningar i detta sammanhang eftersom personer som upplever att de får symtom av exponering för elektromagnetiska fält sannolikt undviker situationer med hög exponering, vilket skulle ge snedvridna resultat.

I 2018 års SSM-rapport¹² refereras flera nya studier av exponering för låg-frekventa magnetfält i bostaden och barnleukemi. Observerade samband i dessa studier är betydligt lägre än de som rapporterats tidigare, och analyser av risken för barnleukemi för olika tidsperioder separat visade att samband observerades primärt under tidigare decennier men inte senare.

En studie av bröstcancer hos män indikerade en ökad risk, men baseras på mycket små tal och observerade samband var inte statistiskt säkerställda.

En studie från Nederländerna rapporterade en väsentligt förhöjd risk för ALS bland män som varit yrkesmässigt exponerade för höga magnetfält. Exponeringsskattningen gjordes med en jobb-exponeringsmatris baserad på mätningar av magnetfälten, kompletterad med en expertbedömning. Kategorierna som användes var "endast bakgrundsexponering i alla yrken", "enbart låg exponering i något yrke", "hög exponering i något yrke". Förhöjda riskestimat observerades i båda de exponerade kategorierna, men var statistiskt säkerställt enbart i den högsta exponeringskategorin. Endast 76 fall av ALS identifierades, varav 9 var högt exponerade. En studie av reproduktiva utfall observerade inte några effekter av magnetfältsexponering på hur lång till det tog att bli gravid eller risken att barnet föddes liten för gestationsåldern.

I 2019 års rapport¹³ från SSM:s expertgrupp identifierades en ny studie av risken för barnleukemi bland barn som bor nära kraftledningar. Exponeringsskattningen utgjordes av teoretiska beräkningar av magnetfälten i bostaden, och nästan 6000 fall av barnleukemi och ungefär lika många kontroller inkluderades. Endast 17 fall och 11 kontroller bodde i en bostad med magnetfälts-exponering över 0,4 μ T, och en något förhöjd risk observerades men den var inte statistiskt säkerställd.

Analyser av yrkesmässig exponering för lågfrekventa magnetfält i Interphone-studien undersökte om det kunde finnas en samverkan mellan exponering för kemikalier och magnetfältsexponering som påverkar risken för hjärntumör. Ingen sådan interaktion påvisades. I en studie av yrkesmässig magnetfälts-exponering baserad på data som samlats in av Hardell och medarbetare använde man samma jobb-exponeringsmatris för exponeringsskattning som i Interphonestudien för att undersöka risken för gliom och meningiom. Studien observerade inte något samband med yrkesmässig exponering för magnetfält. I en studie av mortalitet i leukemi, lymfom och multipelt myelom studerades sambandet med yrkesmässig magnetfältsexponering i Schweiz. Lungcancer inkluderades som en negativ kontroll, dvs man förväntade inget samband för lungcancer, men resultaten för lungcancer kunde ge en indikation på om

rökning, som man saknade information om, kunde vara en förväxlingsfaktor. Yrkesinformationen inhämtades från folkräkningsdata. En förhöjd risk för myeloisk leukemi observerades i den högsta exponeringsgruppen. Starkast samband observerades dock för lungcancer.

En italiensk studie undersökte risken för ALS i relation till magnetfältsexponering i bostaden. Drygt 700 ALS patienter och 2700 kontroller inkluderades, och exponeringen från kraftledningar skattades. En betydligt reducerad risk observerades med vida konfidensintervall, baserat på endast 6 patienter med exponering över 0,1 μ T. Fyra tidigare studier som undersökt avstånd till kraftledningar har inte heller funnit något samband med ALS.

En fransk prospektiv kohortstudie av över 18 000 deltagare undersökte mammas yrkesexponering och risken för prematur födsel och att födas liten för gestationsåldern. Exponeringen skattades med en jobb-exponeringsmatris. Inga samband med magnetfältsexponering observerades. En amerikansk forskargrupp har publicerat två studier av risken för missfall i relation till magnetfältsexponering. Studierna har kritiserats för metodologiska brister, och det finns indikationer på att en datadriven analys har genomförts då val av exponeringsindikatorer skiljt sig från tidigare forskning. Man har också använt olika definitioner av exponeringskategorierna i de två studierna som genomförts av forskargruppen utan motivering.

I SSM-rapporten 2020¹⁴ identifierades endast ett fåtal nya studier av lågfrekventa magnetfält, och de flesta var sammanställningar av redan publicerade studier. En studie av Parkinsons sjukdom hos tidigare textilarbetare som bedöms ha hög exponering för lågfrekventa fält fann ett förhöjt risk-estimat baserat på ett fåtal exponerade fall och därför inte statistiskt säkert. Sammantaget med tidigare studier av Parkinson är bedömningen att lågfrekventa magnetfält inte påverkar risken att insjukna i Parkinsons sjukdom.

SSM-rapporten 2021¹⁵ diskuterar en kumulativ meta-analys som studerat sambandet mellan lågfrekventa magnetfält och barnleukemi i 41 studier med fokus på hur sambandet förändrats över tid. Man fann att sambandet var som starkast 1997 och sedan blivit svagare över tid, men att även nyare studier observerat en något förhöjd risk, även om den är lägre än i tidigare studier.

I en stor studie av föräldrars yrkesmässiga exponering för lågfrekventa magnetfält kombinerades originaldata från 11 fall-kontrollstudier av barnleukemi och nära 10 000 fall av barnleukemi och 17 000 kontroller inkluderades. Exponeringen skattades genom en välutvecklad jobb-exponeringsmatris. Man fann ingen indikation på att mammas eller pappans exponering för magnetfält påverkade risken för barnet att insjukna i leukemi, inte heller när man analyserade olika subtyper av leukemi (ALL och AML).

En stor studie från Storbritannien undersökte cancerförekomst bland elverks-

arbetare som arbetade med högspänningsledning respektive transformatorstationer. Man fann ingen ökad risk för de cancer typer som tidigare diskuterats i relation till yrkesmässig exponering för magnetfält (t.ex. leukemi eller hjärntumör), men en förhöjd risk för hudcancer, vilket sannolikt beror på högre UV-exponering än i den allmänna befolkningen.

En italiensk studie undersökte om personer som bodde närmare än 50 meter från en högspänningsledning hade en ökad risk att insjukna i Alzheimers eller Parkinsons sjukdom jämfört med personer som bodde mer än 600 meter från en sådan ledning. Resultaten visade riskestimat strax över 1.0 för både Alzheimers sjukdom och Parkinson, som inte var statistiskt säkerställda, och ger inte något stöd för en ökad risk för dessa sjukdomar. En studie av ALS poolade originaldata från tre länder och analyserade risken för ALS i relation till yrkesmässig magnetfältsexponering. En måttligt förhöjd risk för ALS observerades för magnetfältsexponering över bakgrunds nivå, som försvagades när exponering för elektrisk chock kontrollerades i analysen. Risken ökade inte med längre tid i exponerat yrke. Resultaten var inte samstämmiga mellan länderna, den förhöjda risken observerades endast i de italienska data, men inte i data från Nederländerna eller Irland.

En kanadensisk studie undersökte förekomsten av missbildningar i relation till mammans bostads avstånd till en kraftledning eller transformatorstation under graviditeten. Ingen ökad förekomst av missbildningar observerades bland barn till mödrar som bodde inom 50 meter från en kraftledning. För bostäder på större avstånd till en kraftledning är magnetfälten betydligt lägre. En mindre studie från Kina fann en ökad förekomst av låg födelsevikt och andra mått på fostrets tillväxt i relation till magnetfält mätta under 24 h i tredje trimestern. En felkälla är möjligheten att mammans fysiska aktivitet under graviditeten är relaterat både till magnetfältsexponeringen och utfallen.

SSM-rapporten 2022¹⁶ redovisar en studie av barnleukemi från Mexiko som mätte magnetfältsexponeringen under 24 h i deltagarnas sovrum. Man fann nästan en fördubblad risk för barnleukemi vid exponering $\geq 0,4 \mu\text{T}$, jämfört med $< 0,2 \mu\text{T}$ (tidigare studier har i regel använd $< 0,1 \mu\text{T}$ för att definiera låg exponering), och något mer än fördubblad risk vid $\geq 0,6 \mu\text{T}$. Dessa resultat är väl i linje med de tidigare decenniernas resultat. En svensk studie av yrkesmässig exponering och risken för akustikusneuriom fann inte något samband med magnetfältsexponering i yrket. En studie från Frankrike fann en kraftigt ökad risk för hjärntumör hos vuxna bland personer som bodde inom 50 m från en kraftledning. Studien har ett flertal metodproblem, och SSM:s expertgrupp bedömde att en så hög risk skulle ha upptäckts i tidigare, betydligt större, studier, vilket gör det osannolikt att sambandet är kausalt.

En studie av ca 400 fall av ALS och 600 kontroller från Nya Zeeland undersökte yrkesmässig exponering för magnetfält och elektrisk chock. Man fann en

ökad risk för ALS i relation till elektrisk chock men inget samband med magnetfält. En italiensk fall-kontrollstudie av ALS hade endast 19 % svarsfrekvens, och självrapporterad exponering för "elektrisk utrustning", "elektromagnetiska fält" och "bott nära en kraftledning", och är därför inte informativ.

En amerikansk studie av reproduktiva och graviditetsutfall fann ingen ökad risk för ogynnsamma utfall i relation till 24 h personlig mätning av magnetfälten. Studien tog hänsyn till faktorer som kritiserats i tidigare studier, t.ex. förekomst av illamående. En fransk studie av yrkesmässig exponering för magnetfält under graviditeten och olika graviditetsutfall rapporterades. Studien fann en något förhöjd risk för barnet att födas litet för gestationsåldern vid högsta exponeringen under tredje trimestern, men man fann inget exponeringsresponsmönster. Motstridiga resultat observerades för prematur födsel. För spontan prematur födsel observerades en ökad risk under tredje trimestern i den högsta exponeringskategorin. En kinesisk studie observerade betydande riskökningar för kongenital hjärtsjukdom om mamman exponerades för datorer, mikrovågsugn eller induktionsspis tidigt i graviditeten. Reducerade riskestimater observerades om mamman använde en skyddsdräkt mot joniserande strålning. SSM:s expertgrupp bedömde att studien har ett flertal metodproblem och konstaterade att en skyddsdräkt inte kan skydda mot icke-joniserande strålning.

Health Council of the Netherlands

Health Council of the Netherlands (HCN) expertgrupp publicerade 2018 en meta-analys av studier som undersökt exponering för magnetfält i bostaden och risken för barncancer¹⁷. Resultaten från meta-analysen av alla identifierade studier ligger i linje med de studier som genomfört poolade analyser av originaldata, med hänsyn taget till vilka studier som hunnit publiceras vid olika tidpunkter. Man presenterar också en mer restriktiv meta-analys där enbart vissa studier har inkluderats, enligt författarna studier som skattat exponeringen i samtliga bostäder som barnet bott i (se dock kommentar nedan). Denna analys resulterade i betydligt högre riskestimater än vad som tidigare publicerats, och baserat på detta drar kommittén förhållandevis starka slutsatser. Oavsett detta är kommitténs slutsatser om risken för barnleukemi i överensstämmelse med IARC, WHO och SCENIHR, dvs epidemiologiska studier visar relativt samstämmig en ökad risk för barnleukemi bland barn som exponeras för lågfrekventa magnetfält i bostaden, men brist på evidens från djurexperimentella studier och mekanistiska studier förhindrar säkerställandet av en kausal tolkning av resultaten. Kommittén finner också en ökad risk för hjärntumör bland barn som exponeras för magnetfält i bostaden, men inget samband med avstånd till kraftledning. Detta avviker från observationer gjorda av IARC, WHO och SCENIHR, men två studier har inkluderats som inte fanns tillgängliga vid de tidigare bedömningarna. Resultaten från de enskilda studierna av hjärntumör hos barn är mindre samstämmiga än för barnleukemi,

och det är värt att notera att en av de nyare studierna inte fann någon ökad risk för barnleukemi, utan enbart för hjärntumör hos barn. För andra typer av barncancer fanns inte tillräckligt underlag för en utvärdering.

Kommentar till HCN:s meta-analys av barnleukemi

Nackdelen med att analysera publicerade resultat jämfört med att samla in och poola originaldata från tillgängliga studier är att man inte kan analysera andra exponeringsnivåer än de som redovisats i de publicerade studierna. Det betyder att man behöver kombinera resultat som baseras på olika exponeringsnivåer. Enskilda studier av barncancer baseras ofta på ett mycket litet antal exponerade fall, och vilka exponeringsnivåer man kan analysera beror på hur exponeringen fördelas bland dessa fall. Oftast betyder det att man måste välja en lägre exponeringsnivå än önskvärt, men det händer ibland att något fall har högre exponering och då kan forskaren välja denna som övre gräns. Det betyder nästan alltid att man observerar en kraftigt förhöjd risk eftersom höga exponeringsnivåer är sällsynta, men slumpmässig variation har här stor inverkan. I en poolad analys kan man se till att alla studierna använder samma exponeringsdefinition och samma exponeringskategorier, för att undvika att resultaten påverkar val av exponeringsgränser. Därför bör poolade studier som håller hög kvalitet ha större vikt vid en sammanvägning av forskningsresultat.

HCN:s expertgrupp gör en subgruppsanalys av en selektion av studier som man anser har inkluderat mätning av magnetfältsexponeringen från alla bostäder under barnets livstid innan diagnos, vilket kommittén bedömer är ett exponeringsmått av högre kvalitet. Denna analys ger man stor tyngd i bedömningen. De flesta studier av lågfrekventa magnetfält har fokuserat på exponering relativt nära diagnosdatum, för att testa hypotesen att lågfrekventa magnetfält fungerar som en promotor under cancerutvecklingen, vilket talar för att exponering närmare diagnosen är mer relevant. Den energi som genereras av denna typ av exponering är alltför låg för att kunna bryta kemiska bindningar, och man har inte kunnat påvisa DNA-skada. Därför har en promotor-effekt ansetts mer trovärdig. Av denna anledning har många studier enbart mätt exponeringen i den senaste bostaden innan diagnos. En viktig amerikansk studie av barnleukemi som publicerades 1997 kritiserades för att riskestimaten kunde ha späts ut på grund av att man skattat exponeringen i flera av barnets bostäder för att täcka en stor del av barnets liv innan diagnos och beräknat ett tidsvägt medelvärde av exponeringen i samtliga bostäder¹⁸. Höga magnetfält under perioden närmare diagnos skulle kunna döljas av lägre exponering i tidigare bostäder och därför påverka exponeringsskattningen för perioden som var relevant för en promotionseffekt. Studien ingick senare i en poolad analys som fokuserade på exponeringen närmast före diagnos, där enbart den senaste bostaden före diagnos inkluderades i exponeringsmättet⁹. Detta gav ett högre riskestimat för den amerikanska studien än det som ursprungligen publicerades.

Det är också oklart hur HCN:s expertgrupp kommit fram till vilka studier som mätt exponering i alla bostäder barnet bott innan diagnos. Den amerikanska studie som nämnts ovan siktade på att täcka 70% av tiden innan diagnos i ett tidsvägt medelvärde. En dansk studie som inkluderades valde ut den bostad som hade högst magnetfältsexponering, oavsett hur länge barnet bott i bostaden, medan en svensk studie som inkluderades gjorde huvudanalysen för bostaden närmast före diagnos om den låg inom 300 m från en kraftledning (de flesta bostäder inom denna korridor hade inte förhöjda magnetfält), samt en separat analys för exponering vid födseln, men täckte alltså inte in alla barnets bostäder, och kombinerade inte exponeringen vid födseln med exponeringen senare i livet. En norsk studie har inte inkluderats trots att den skattat medelxponeringen i bostäderna under hela barnets livstid fram till diagnos (utöver att man också skattat exponeringen i bostaden närmast före diagnos).

Den mer restriktiva meta-analysen där vissa studier har valts ut resulterade i betydligt högre riskestimat än vad som tidigare publicerats. Eftersom selectionen av inkluderade studier inte har gjorts enligt de kriterier kommittén anger är detta resultat tveksamt. Den mer restriktiva analysen missar också det mönster av lägre riskestimat som observerats i senare studier än i de tidigare studierna (diskuteras nedan). Trots detta är det betryggande att de övergripande slutsatserna från HCN:s expertgrupp ligger i linje med slutsatserna som tidigare dragits av IARC, WHO och SCENIHR, och skillnaden i utvärderingsmetoderna har här haft mindre betydelse.

HCN:s expertgrupp har publicerat en omfattande meta-analys av neurodegenerativa sjukdomar¹⁹. Sammantaget observeras en något förhöjd risk för ALS bland personer som exponeras för magnetfält över bakgrundsnivå i sitt yrke, men risken ökar inte med ökad exponering och resultaten varierar stort mellan olika studier. Kommittén har enbart utvärderat kvalitén på exponeringsmätningen, trots att flera av studierna som rapporterat relativt kraftiga riskökningar har andra metodproblem som kan ha påverkat resultaten (*författarens kommentar*). Kommittén har valt att lyfta fram ett riskestimat baserat på en subanalys av studier som man anser har skattat exponeringen för hela yrkeshistoriken, snarare än huvudanalysen där alla studier ingår, trots att detta estimat inte är statistiskt säkerställt. Det högsta riskestimatet observerades dock i "elektriska yrken", vilken kan innebära att exponering för elektrisk chock påverkat resultaten. Studier som skattat yrkesmässig exponering för både magnetfält och elektrisk chock har observerat varierande resultat, ibland har sambandet med magnetfält varit starkast, ibland sambandet med elektrisk chock, och ibland har inget samband observerats för någon av exponeringarna. Även för Alzheimers sjukdom observerades en något förhöjd risk sammantaget, separata analyser gjordes för studier med komplett yrkeshistorik respektive dem med mer begränsad yrkesinformation. I båda dessa analyser är estimaten något förhöjda, med undre konfidensintervall nära

1.0, men det sammantagna estimatet är något högre än då restriktionen görs till studier med komplett yrkeshistorik. Resultaten i studierna av Alzheimers sjukdom varierar ännu mer än för ALS, och starkast riskestimat observerades i studier av tveksam kvalitet (*författarens kommentar*). Varken för ALS eller för Alzheimers sjukdom observerade kommittén något samband med magnetfältsexponering i bostaden från kraftledning. För Parkinsons sjukdom är resultaten i tillgängliga studier mer samstämmiga, och pekar inte på någon ökad risk, varken i relation till yrkesmässig magnetfältsexponering eller exponering i bostaden.

HCN:s expertgrupp har publicerat en meta-analys av lågfrekvent magnetfältsexponering och risken för cancer hos vuxna²⁰. Samma metod som i analyserna av neurodegenerativa sjukdomar har använts. Sammantaget observerades en något förhöjd risk för leukemi bland personer som i sitt yrke exponerades för magnetfält över bakgrunds nivå. Man observerade dock inte något exponerings-respons samband, risken var lägre i analyser av de högsta exponeringsnivåerna och för längre exponeringsduration. I studier med komplett information om yrkeshistorik var sambandet lägre än när alla studier inkluderades och inte statistiskt säkerställt. Även exponering i bostaden var förknippat med en något förhöjd risk, men resultatet baseras på få studier som inte är helt samstämmiga. För hjärntumör hos vuxna fann man ingen ökad risk relaterat till bostadens avstånd till kraftledning eller magnetfältsexponering i bostaden. För yrkesmässig exponering varierar riskestimaten för enskilda studier kring 1.0, och visar en något förhöjd risk när alla studier kombineras. När man begränsade analyserna till studier som mätt magnetfältsexponering kvantitativt fann man inte något samband. Inte heller när man begränsade analysen till studier med fullständig information om yrkeshistorik. En meta-analys av enbart de högsta exponeringsnivåerna fann inte någon ökad risk för hjärntumör. För bröstcancer hos kvinnor fann kommittén inte någon ökad risk i relation till exponering i bostaden. För yrkesexponering observerades ett riskestimat på 1.06 (95 % KI 1.02–1.11). Detta kvarstod i stort sett oförändrat när analysen gjordes av den högsta exponeringsnivån, eller begränsades till studier med fullständig yrkeshistorik eller där exponeringen skattades med kvantitativa mätningar. Förväxlingsfaktorer (confounding) kan sannolikt förklara detta mycket låga samband. Avsaknaden av exponerings-respons samband talar emot ett reellt samband. HCN:s expertgrupp ansåg att någon slutsats inte kan dras om bröstcancer hos kvinnor. Baserat på samma material bedömde SCENIHR att resultaten talar emot ett samband. Bröstcancer bland män är mycket sällsynt och antalet studier betydligt färre. För bostadsexponering fanns endast en studie tillgänglig. Kommittén observerade en 30 % ökad risk för bröstcancer hos män relaterat till yrkesmässig magnetfältsexponering. När analysen begränsades till studier med kvantitativ mätning av magnetfälten försvagades sambandet. Endast två studier hade komplett yrkeshistorik och ingen meta-analys gjordes, men riskestimaten i dessa indikerade inte

någon ökad risk. Likaså fann analysen av de högsta exponeringskategorierna inte någon förhöjd risk. Kommittén drar slutsatsen att resultaten indikerar att yrkesmässig magnetfältsexponering kan medföra ökad risk för bröstcancer hos män. Kommittén analyserade också andra typer av tumörer: testikelcancer, pankreascancer, lungcancer, prostatacancer och hudmelanom. Man fann inga indikationer på ökad risk i relation till magnetfältsexponering, men endast få studier finns tillgängliga för dessa tumörformer, och några säkra slutsatser om avsaknad av risk kan inte dras.

Nyare vetenskaplig litteratur

Amoon och medarbetare publicerade 2022 en poolad analys av barnleukemi med originaldata från de senast publicerade studierna som inte tidigare ingått i en poolad analys²¹. Fyra studier uppfyllde inklusionskriterierna, medan ytterligare fem mindre studier identifierades som inte uppfyllde kvalitetskraven (en redovisade enbart avstånd till kraftledning, fyra använde sjukhuskontroller). Studien inkluderade 24 994 fall och 30 769 kontroller. De fem studier som exkluderades omfattar tillsammans 942 fall och 888 kontroller. Resultaten av den nya poolade analysen visar inte någon ökad risk för barnleukemi bland barn som exponeras för magnetfält från kraftledningar på $\geq 0,4 \mu\text{T}$ i bostaden, OR=1.01 (95 % KI 0.61–1.66). Man fann likande resultat för akut lymfatisk leukemi och för olika ålder vid diagnos. I subanalyser uppdelat på kontrollernas födelseår fann man en tendens till att riskestimaten var högre under den tidigaste perioden (1953–1983) och blev lägre med senare födelseår, men analyserna baserades på små tal. Man har också kombinerat resultaten från de två tidigare poolade analyserna till ett gemensamt estimat. Riskestimatet är fortfarande förhöjt men inte längre statistiskt säkerställt (se tabell nedan). Resultaten av den nya poolade analysen stödjer inte hypotesen om att lågfrekventa magnetfält ökar risken för barnleukemi, och det sammantagna poolade resultatet har försvagats, men en något förhöjd risk kvarstår.

Tabell: Resultat från tre poolade analyser av lågfrekventa magnetfält och risken för barnleukemi.

Exponering	Ahlbom 2000	Kheifets 2010	Amoon 2022	Kombinerat
$\geq 0.4 \mu\text{T}$	2.00 (1.27–3.13)	1.46 (0.80–2.68)	1.01 (0.61–1.66)	1.45 (0.95–2.20)

En studie från Slovenien²² inkluderade 195 fall av leukemi bland barn och ungdomar 0–19 år och 196 fall av hjärntumör i åldersgruppen 0–29 år. Antalet fall som exponerats för magnetfält från kraftledningar var alltför litet för meningsfulla analyser (1 fall av leukemi och 1 fall av hjärntumör).

En studie av magnetfält från transformatorstationer i flerfamiljshus studerade risken för hematologiska sjukdomar och hjärntumör hos vuxna²³. Exponerade

personer var de som bodde i en lägenhet nära transformatorstationen och oexponerade bodde i samma hus men på ett avstånd från transformatorstationen som inte gav magnetfältsexponering över bakgrunds nivå. Man fann reducerade risker för de flesta typerna av hematologiska sjukdomar, men en förhöjd risk för akut lymfatisk leukemi. För hjärntumör var risken för meningiom reducerad, och för gliom något förhöjd. Alla resultat baserades på små tal och var statistisk mycket osäkra.

Sammanfattning av kunskapsläget

Litteraturoversikten baseras på kunskapssammanställningar gjorda av vetenskapliga expertgrupper på uppdrag av nationella eller internationella offentliga organisationer: IARC, WHO, SCENIHR, SSM, Health Council of the Netherlands (HCN). Vetenskaplig litteratur om hälsoeffekter hos människa som publicerats de senaste åren som inte täcks av tillgängliga kunskapssammanställningar identifierades via en litteratursökning i PubMed.

De expertgrupper som granskat den vetenskapliga litteraturen om exponering för lågfrekventa magnetfält är relativt samstämmiga i sina bedömningar. HCN:s expertgrupp har en tendens att tolka resultaten mer i riktning mot möjliga risker, men tar inte i lika stor utsträckning hänsyn till studiernas kvalitet, och gör en del ovanliga bedömningar av exponeringsskattningarna. Trots detta är expertgrupperna i stort sett överens om kunskapsläget.

Alla expertgrupperna kommer till slutsatsen att epidemiologiska studier av exponering för lågfrekventa magnetfält i bostaden och risken för barnleukemi sammantaget visar på en ökad risk att insjukna vid höga exponeringsnivåer ($\geq 0,3-0,4 \mu\text{T}$), men man kan inte utesluta att metodproblem så som förväxlingsfaktorer (confounding) eller selektionsfel kan ha påverkat resultaten. Detta tillsammans med avsaknad av stöd från djurexperimentella och mekanistiska studier gör att man inte kan dra slutsatsen att det handlar om ett orsakssamband. De flesta studierna har undersökt magnetfältsexponering från kraftledningar. Över tid ser man en tendens att sambandet har försvagats, och den senaste poolade analysen av originaldata från de nyaste studierna fann inte någon ökad risk för barnleukemi baserat på ett stort antal fall och kontroller. Om man kombinerar resultaten från de tre stora poolade analyserna av barnleukemi som finns tillgängliga är risken fortfarande förhöjd vid exponering $\geq 0,4 \mu\text{T}$, men inte längre statistiskt säkerställd (oddskvot 1.45; 95 % KI 0.95–2.20). SSM:s expertgrupp (2018) har diskuterat en tidigare studie som också uppmärksammat att sambandet för barnleukemi försvagats över tid. Möjliga förklaringar till försvagningen av sambandet över tid har diskuterats. Skillnader i studiernas kvalitet är inte någon sannolik förklaring. Förekomst av exponering för en okänd riskfaktor för barnleukemi som kan ha varit en förväxlingsfaktor i tidigare studier men som blivit mindre vanlig i befolkningen under senare tid skulle kunna vara en förklaring. Det finns dock inte någon teori om vilken denna okända riskfaktor skulle kunna vara. Man har undersökt påverkan från ett flertal tänkbara riskfaktorer för barnleukemi som kan vara relaterade till bostadens närhet till en kraftledning, men ingen av dessa har ändrat de tidigare observerade ökade riskerna. Slumpmässig variation diskuteras också, men studierna har varit mycket samstämmiga vilket talar emot slumpen som förklaring. Bristen på förklaring till det försvagade sambandet, och det faktum att det sammantagna resultatet fortfarande indikerar en ökad risk för barnleukemi gör att det finns anledning att även i fortsättningen be-

trakta exponering för lågfrekventa magnetfält i bostaden $\geq 0,4 \mu\text{T}$ som en möjlig riskfaktor för barnleukemi.

När det gäller hjärntumörer hos barn tyder de flesta studier på att risken inte är förhöjd. För leukemi och hjärntumör hos vuxna är resultaten mindre samstämmiga där vissa studier indikerar en något förhöjd risk, medan andra inte funnit någon effekt. Underlaget, som till största delen kommer från studier av exponering i yrket, tillåter inte säkra slutsatser. Andra yrkesexponeringar kan vara korrelerade till magnetfältsexponering, och bättre exponeringsmätning, med kartläggning av arbetsuppgifter, skulle behövas för att klarlägga eventuella samband. För bröstcancer bland kvinnor talar resultaten samstämmigt emot en ökad risk.

För neurodegenerativa sjukdomar talar resultaten från studier av magnetfält från kraftledning samstämmigt emot en ökad risk. Resultaten från studier av yrkesmässig exponering är mer motstridiga, och exponering för elektrisk chock har förts fram som en tänkbar förväxlingsfaktor avseende sambandet med ALS. EU Kommissionens expertgrupp, SCENIHR, drar slutsatsen att evidensen talar emot en ökad risk för neurodegenerativa sjukdomar, medan HCN:s expertgrupp anser att det finns en indikation på ett samband mellan magnetfältsexponering och risken för ALS samt Alzheimers sjukdom, baserat på yrkesstudierna. Osäkerhet kvarstår när det gäller ett eventuellt samband mellan magnetfältsexponering i yrket och ALS och Alzheimers sjukdom, och ytterligare forskning av hög kvalitet behövs för att utröna detta. Tydligare överväganden om kritisk exponeringsperiod innan diagnos, samt bättre exponeringsskattning och kontroll över andra riskfaktorer är nödvändigt för att förbättra studierna. För Parkinsons sjukdom är expertgrupperna överens om att evidensen talar emot ett samband, medan antalet studier för multipel skleros är för få för en säker bedömning.

WHO och SCENIHR har granskat studier av hjärt- och kärlsjukdomar och dragit slutsatsen att det vetenskapliga underlaget talar emot att lågfrekvent magnetfältsexponering under referensvärdet påverkar risken.

WHO drog slutsatsen att epidemiologiska studier av mammans eller pappans magnetfältsexponering inte funnit ogynnsamma effekter på graviditetsutfall, men fann viss osäkerhet när det gällde risken för missfall. SCENIHR:s expertgrupp bedömer att resultaten från nyare studier av magnetfältsexponering och samband med graviditetsutfall eller reproduktiv funktion inte påvisar någon effekt. Studier av hög kvalitet som identifierades av SSM:s expertgrupp fann inte någon ökad risk.

WHO och SCENIHR anser att evidens från dubbelblinda provokationsstudier inte stödjer hypotesen om att fälten kan upptäckas bättre än slumpen bland personer som rapporterar att de är elöverkänsliga. Observationsstudier som identifierats av SCENIHR och SSM:s expertgrupp har haft metodproblem och

ger inte övertygande evidens för en effekt. Endast ett fåtal studier av låg-frekventa elektromagnetiska fält och elöverkänslighet har publicerats under de senaste decennierna, då forskningen inom detta område fokuserat mer på radiofrekventa fält.

Studier som publicerats de senaste åren och därför inte täcks av rapporter från någon av expertgrupperna förändrar inte bedömningen för något av hälsoutfallen, med undantag för barnleukemi. Nyare studier av barnleukemi har i regel inte funnit någon ökad risk, och sambandet när originalstudierna poolas ihop har försvagats över tid. Trots att nyare studier indikerar svagare samband kvarstår dock möjligheten att lågfrekvent magnetfältsexponering under referensvärdet kan ge en ökad risk för barnleukemi.

Referenser

1. Socialstyrelsen. Statistikdatabas för cancer – online, https://sdb.socialstyrelsen.se/if_can/val.aspx, accessed 2024-01-04 2024 [
2. Sennfalt S, Klappe U, Thams S, et al. The path to diagnosis in ALS: delay, referrals, alternate diagnoses, and clinical progression. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener* 2023;24(1-2):45-53. doi: 10.1080/21678421.2022.2053722 [published Online First: 2022/03/29]
3. IARC. Non-ionizing radiation. Part 1, static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Vol 80, Lyon2002.
4. WHO. World Health Organization. Environmental Health Criteria Document No. 238, Extremely low frequency Fields, downloadable from the WHO EMF Project website www.who.int/emf 2007.
5. SCENIHR. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks: Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF): http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf, accessed 15 Aug 2015, 2015.
6. SCENIHR. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks: Health Effects of Exposure to EMF: http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenih_r/docs/scenih_r_o_022.pdf accessed October 19, 2012, 2009.
7. SCENIHR. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health (http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenih_r/docs/scenih_r_o_007.pdf), accessed November 20, 2007), 2007.
8. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 2010;103(7):1128-35. doi: 10.1038/sj.bjc.66058386605838 [pii] [published Online First: 2010/09/30]
9. Ahlbom A, Day N, Feychting M, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 2000;83(5):692-8.
10. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, et al. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group. *Epidemiology* 2000;11(6):624-34.
11. Strålsäkerhetsmyndigheten. Recent Research on EMF and Health Risk – Eleventh report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2016, 2016:15, <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/98d67d9e3301450da4b-8d2e0f6107313/201615-recent-research-on-emf-and-health-risk-eleventh-report-from-ssms-scientific-council-on-electromagnetic-fields-2016>, accessed 2024-01-04, 2016.

12. Strålsäkerhetsmyndigheten. Recent Research on EMF and Health Risk – Twelfth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2017, 2018:09, <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/f34de8333acd4ac-2b22a9b072d9b33f9/201809-recent-research-on-emf-and-health-risk>, accessed 2024-01-04, 2018.
13. Strålsäkerhetsmyndigheten. Recent Research on EMF and Health Risk – Thirteenth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2018, 2019:08, <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/ea182ee131d049f1b3b1140dd0f-bc0f8/201908-recent-research-on-emf-and-health-risk-thirteenth-report-from-ssms-scientific-council-on-electromagnetic-fields-2018.pdf>, accessed 2024-01-04, 2019.
14. Strålsäkerhetsmyndigheten. Recent Research on EMF and Health Risk – Fourteenth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2019, 2020:04, <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/47542ee6308b4c76b1d25ae0ad-ceca15/2020-04-recent-research-on-emf-and-health-risk---fourteenth-report-from-ssms-scientific-council-on-electromagnetic-fields-2019.pdf>, accessed 2024-01-04, 2020.
15. Strålsäkerhetsmyndigheten. Recent Research on EMF and Health Risk – Fifteenth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2020, 2021:08, <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/fce87121bd5e-47ca95ad16d93d03f638/202108-recent-research-on-emf-and-health-risk.pdf>, accessed 2024-01-04, 2021.
16. Strålsäkerhetsmyndigheten. Recent Research on EMF and Health Risk – Sixteenth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2021, 2022:16, <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/e031f45648ed-4b438a0535e350863707/2022-16-recent-research-on-emf-and-health-risk.pdf>, accessed 2024-01-04, 2022.
17. Health Council of the Netherlands. Power lines and health part I: childhood cancer, <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2018/04/18/power-lines-and-health-part-i-childhood-cancer>, accessed 2024-01-04 2018 [
18. Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, et al. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *N Engl J Med* 1997;337(1):1-7. doi: 10.1056/NEJM199707033370101 [published Online First: 1997/07/03]
19. Health Council of the Netherlands. Power lines and health: neurodegenerative diseases, <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2022/06/29/power-lines-and-health-neurodegenerative-diseases>, accessed 2024-01-04 [
20. Health Council of the Netherlands. Power lines and health: cancer in adults, <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2022/06/29/power-lines-and-health-cancer-in-adults>, accessed 2024-01-04. 2022

21. Amoon AT, Swanson J, Magnani C, et al. Pooled analysis of recent studies of magnetic fields and childhood leukemia. *Environ Res* 2022;204(Pt A):111993. doi: 10.1016/j.envres.2021.111993 [published Online First: 2021/09/06]

22. Zagar T, Valic B, Kotnik T, et al. Estimating exposure to extremely low frequency magnetic fields near high-voltage power lines and assessment of possible increased cancer risk among Slovenian children and adolescents. *Radiol Oncol* 2023;57(1):59-69. doi: 10.2478/raon-2023-0002 [published Online First: 2023/01/08]

23. Khan MW, Juutilainen J, Auvinen A, et al. A cohort study on adult hematological malignancies and brain tumors in relation to magnetic fields from indoor transformer stations. *Int J Hyg Environ Health* 2021;233:113712. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113712 [published Online First: 2021/02/19]

Institutet för miljömedicin
Institute of Environmental Medicine
Box 210
SE-171 77 Stockholm
<http://ki.se/IMM>