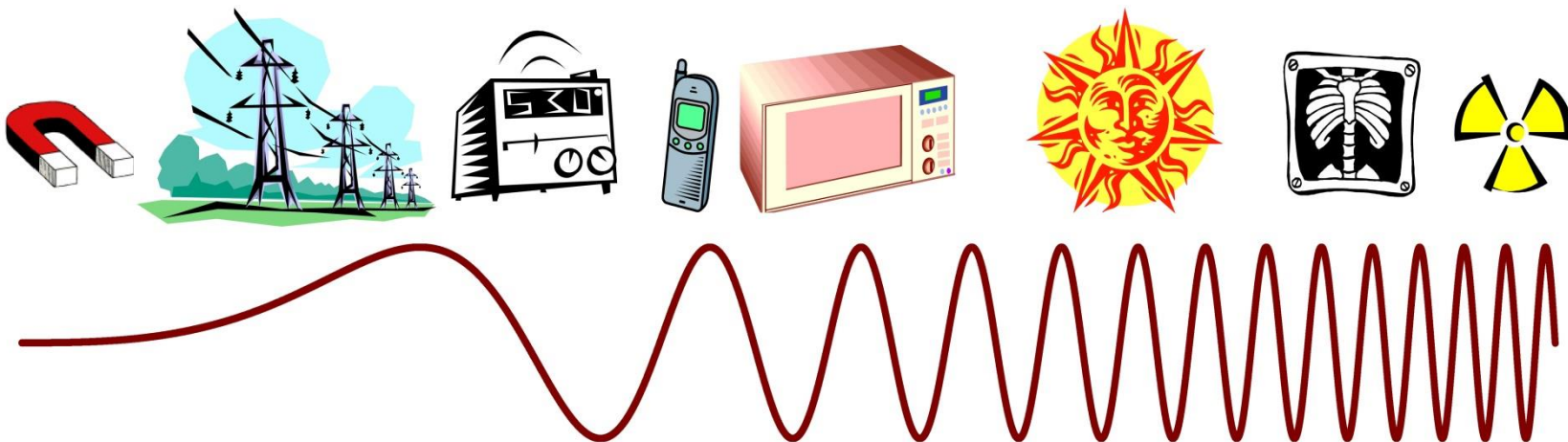




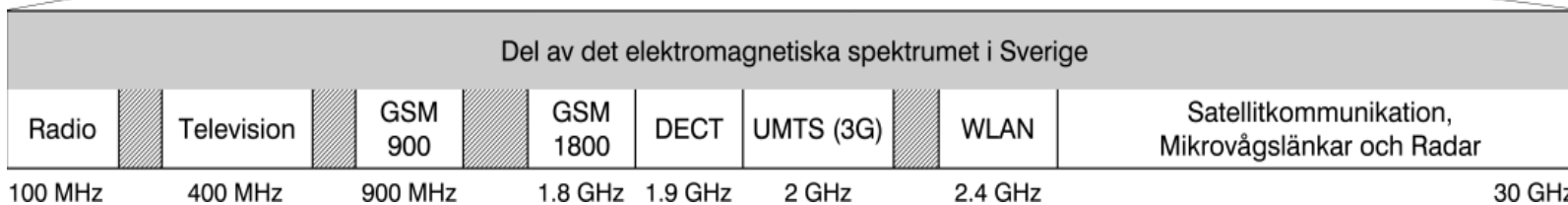
Lågfrekventa elektromagnetiska fält – hur farliga är de?

Maria Feychting, professor

Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet

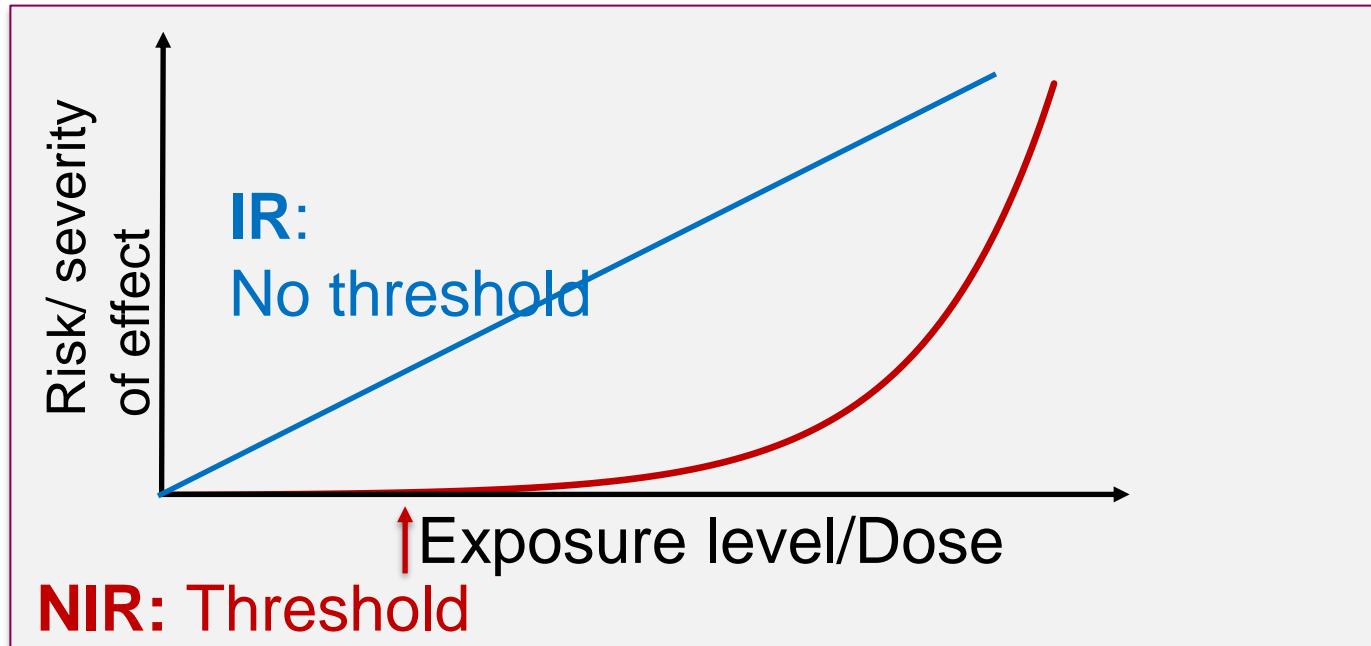


ELEKTROMAGNETISKA FÄLT				OPTISK STRÅLNING			JONISERANDE STRÅLNING	
Statiska fält	Lågfrekventa fält	Radiovågor	Mikrovågor	Infrarött	Ljus	Ultra-violett	Röntgen	Gamma
0 Hz	50 Hz	300 kHz	100 MHz	300 MHz	300 GHz	500 THz	10 ¹⁵ Hz	10 ¹⁹ Hz



Ionizing radiation (IR): stochastic

Non-ionizing radiation (NIR): deterministic



IR: Det finns en risk vid alla exponeringsnivåer

NIR: Tröskel för effekt, över denna ökar effektens svårighetsgrad med exponeringens intensitet/dos, ingen effekt vid lägre nivåer

Lågfrekventa fält – etablerade hälsoeffekter

- Vid höga exponeringsnivåer induceras elektriska strömmar i kroppen
 - Ger exempelvis nerv- och muskelretningar – akuta effekter
- Gränsvärden som finns skyddar effektivt mot sådana effekter
 - Ligger högt över exponeringsnivåer som finns i den allmänna omgivningen
- Inga etablerade hälsoeffekter vid exponeringsnivåer under gränsvärdena
 - Omfattande forskning har gjorts inom detta område under många decennier

Hälsoeffekter som diskuterats

- Barnleukemi och annan barncancer
- Cancer hos vuxna
- Neurodegenerativa sjukdomar (Alzheimers sjukdom, ALS, Parkinson)
- Elöverkänslighet

ELF magnetfält och barnleukemi

- Över 40 epidemiologiska studier
- Två stora poolade studier där data kombinerats från flertalet tillgängliga studier + uppdateringar av dessa
- Sällsynt samstämmiga resultat – förhöjd risk för barnleukemi vid höga exponeringsnivåer
- WHO:s cancerforskningsinstitut, IARC har klassificerat ELF magnetfält i grupp 2B: "Possibly carcinogenic"
- Ingen känd mekanism – inget stöd från djurförsök

- Nyare studier har funnit svagare effekter, eller ingen effekt alls – möjligheten kvarstår att det finns en effekt men misstanken har försvagats betydligt

Hur har man mätt exponeringen?

- Bostadens avstånd till en kraftledning/elektrisk installation – ibland kombinerat med vilken typ av kraftledning/elektrisk installation
- Spot-mätningar
- 24-48 h mätning – eller längre
- Beräkning av magnetfälten som genereras av kraftledningar i närheten av bostaden baserat på detaljerad information om ledningarnas konstruktion, hur mycket ström de transporterar och avstånd till bostaden
- (användning av elektriska apparater)

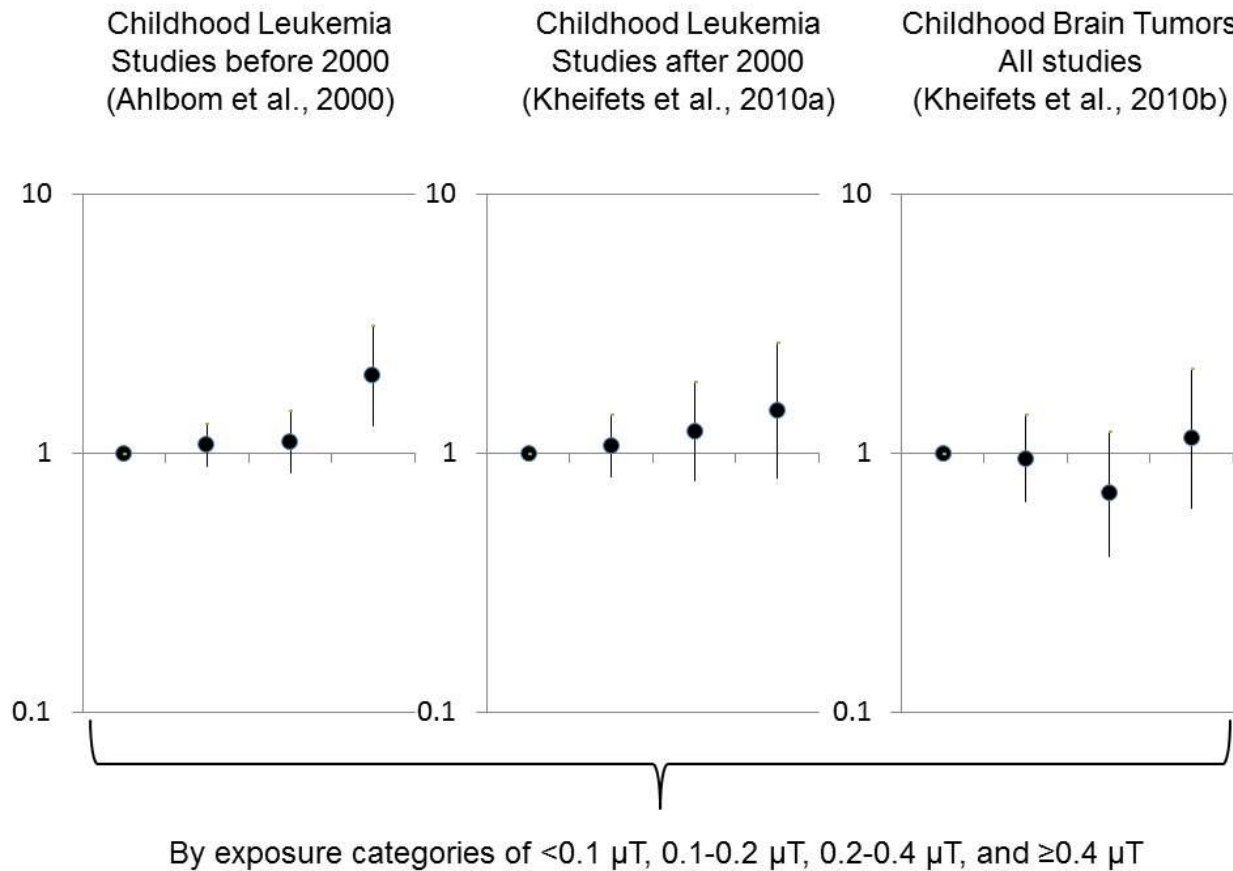
Exponeringsmätning

- Många studier har fokuserat på kraftledningarna nära bostaden
 - Höga magnetfält i bostaden är väldigt sällsynt
 - Om bostaden ligger nära en kraftledning är detta den dominerande källan till höga magnetfält
 - Man kan mäta exponeringen oberoende av sjukdomen, behöver inte tillgång till bostaden
- Men
 - Många av studierna baseras på mätningar av magnetfälten – de fångar upp alla exponeringskällor – kraftledningarna är inte den enda källan till exponering

Pooled analysis of childhood leukemia

- Ahlbom et al. Br J Cancer 2000;83:692-8
 - Population based studies with 24-48 h measurements or calculated magnetic fields – in total 9 studies: 3,247 cases and 10,400 controls
- Greenland et al. Epidemiology. 2000;11:624-34
 - All studies with estimated magnetic field levels – in total 11 studies: 2,484 cases and 6,335 controls
- Kheifets et al. Br J Cancer. 2010 Sep 28;103:1128-35
 - Studies with estimated magnetic field levels published after 2000 – in total 6 studies: 10,818 cases and 12,806 controls

Jämförelse mellan meta-analyser av originaldata från populationsbaserade studier – före 2000 samt 2000-2010



Confounding (förväxlingsfaktor)?

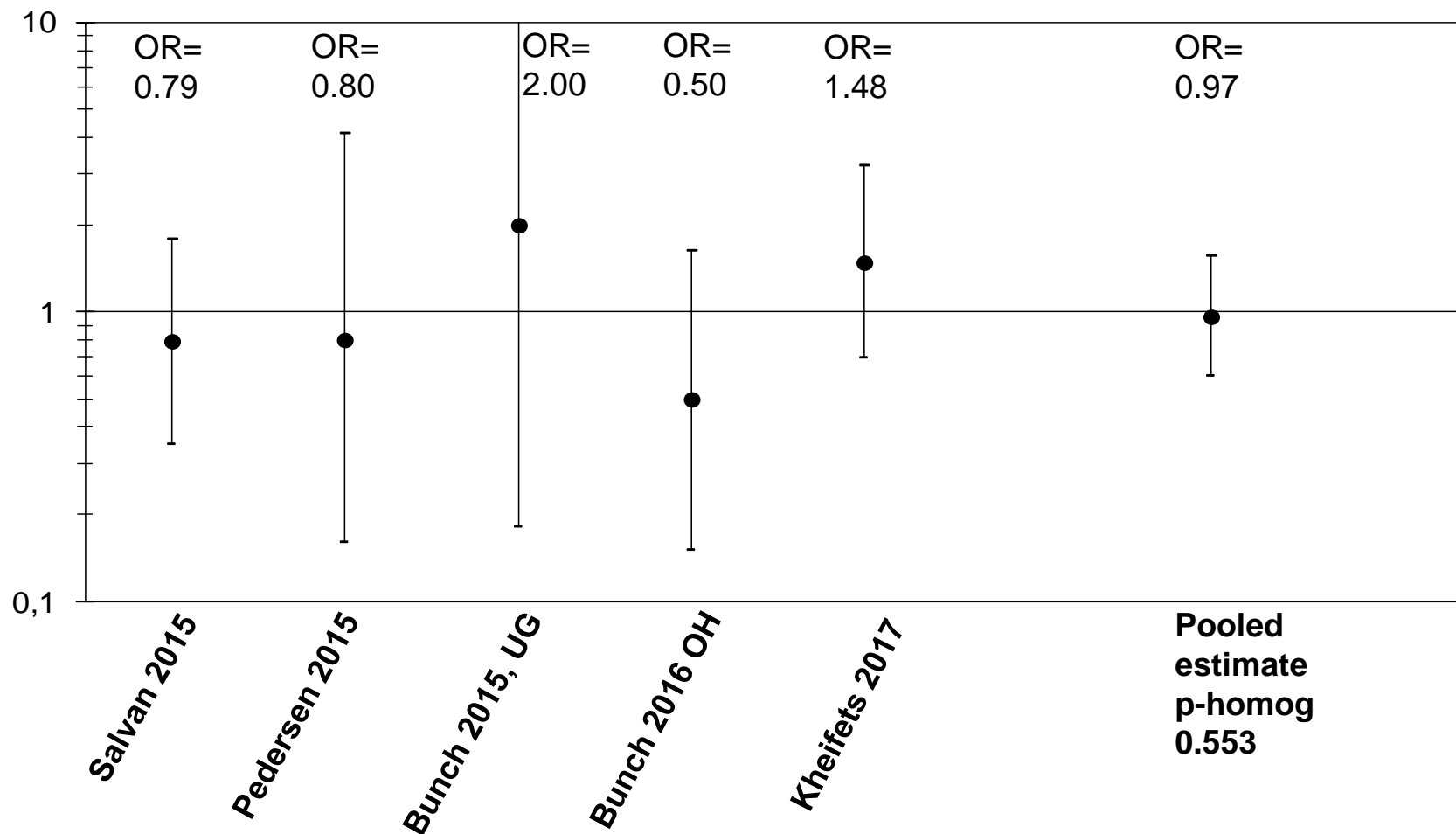
- Man har undersökt alternativa förklaringar till observerade samband:
 - Socioekonomisk status
 - Luftföroreningar
 - Mobilitet
 - Typ av bostad (fristående hus, lägenhet)
 - Tätortsgrad

- Dessa faktorer ändrade inte resultaten

Flera studier har publicerats efter 2010

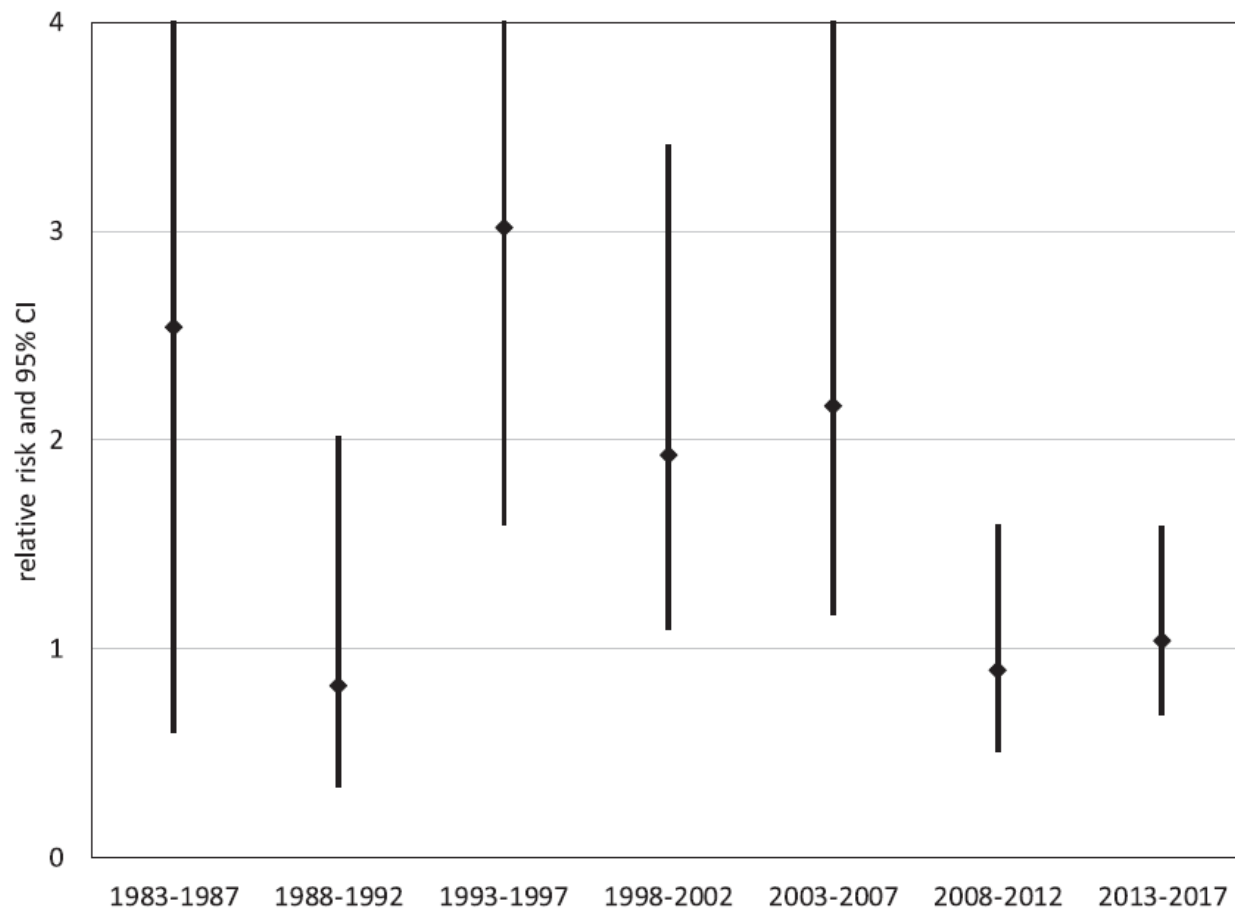
- Salvan et al. 2015, Italiensk fall-kontrollstudie med 24-48 h mätningar i sovrummet, antal exponerad $\geq 0.2 \mu\text{T}$: 10 patienter, 17 kontroller
- Pedersen et al. 2015, uppdatering av dansk studie med beräknade magnetfält, resultat för uppdateringen 1987-2003, antal exponerade $\geq 0.4 \mu\text{T}$: 2 patienter, 5 kontroller
- Bunch et al. 2016, uppdatering av register baserad studie i Storbritannien med beräknade magnetfält (Kroll et al. 2010), original + uppdatering, antal exponerade $\geq 0.4 \mu\text{T}$: 4 patienter, 10 kontroller
- Bunch et al. 2015, beräknade magnetfält från nedgrävda kablar, antal exponerade $\geq 0.4 \mu\text{T}$: 2 patienter, 1 kontroll
- Kheifets et al. 2017, Studie från Kalifornien (CAPS), beräknade magnetfält, antal exponerade $\geq 0.4 \mu\text{T}$: 17 patienter, 11 kontroller

Resultat i studier av hög kvalitet publicerade efter 2010



Sambandet har försvagats över tid – poolade RR i 5-års intervall

Swanson et al. 2019, *J. Radiol. Prot.* **39** 470



Summering av resultaten, LF magnetfält i bostaden

Author (no. studies)	0.1-<0.2 μT	0.2-<0.4 μT	$\geq 0.4 \mu\text{T}$
Greenland 2000 (11)	1.01 (0.84–1.21)	1.25 (0.96–1.61)	1.60 (1.03–2.48)
Ahlbom 2000 (9)	1.08 (0.89–1.31)	1.11 (0.84–1.47)	2.00 (1.27–3.13)
Kheifets 2010 (6)	1.07 (0.81–1.41)	1.22 (0.78–1.89)	1.46 (0.80–2.68)
New studies* (5)	0.81 (0.50–1.32)	1.27 (0.86–1.88) [†]	0.97 (0.60–1.55) [‡]
Pooling all	1.01 (0.87–1.16)	1.19 (0.97–1.46)	1.31 (0.98–1.73)
Pooling pb[†]	1.05 (0.90–1.22)	1.10 (0.89–1.37)	1.43 (1.07–1.90)

* Some overlap with Kheifets 2010
[†] Population based + calculated fields
 or long-term measurements

[†] 0.1-<0.4 in Pedersen
 0.1-<0.2 in Salvan

[‡] ≥ 0.2 in Salvan

Finns en förklaring till att risk estimaten försvagats?

- Studiekvalitén har inte ändrats sedan 1990-talet
- Slumpen?
- Ett kausalt samband som som blivit svagare över tid – behövs mer forskning för att fastställa
- Kan ha funnits någon annan exponering (confounder) tidigare som upphört – detta skulle också behöva ytterligare forskning för att fastställa

Andra angreppssätt:

- Studie av exponering nattetid:
 - Schuz et al. 2007, poolade originaldata från 4 studier med mätningar av magnetfälten som tillät att exponering under natten separerades ut – resultaten skiljde sig inte från 24 h mätningar

- Överlevnad:
 - Schuz et al. 2012, poolade 7 studier med information om överlevnad efter barnleukemidiagnos för 3073 barn – det fanns inget samband mellan exponering för magnetfält och överlevnad

Majoriteten av den senare forskningen:

- Har fokuserat på avstånd till kraftledning
 - Grovt mått på exponering om syftet är att uppskatta magnetfältsexponering
 - Om man hittar en ökad risk vid långa avstånd där magnetfälten inte är förhöjda behöver det inte tala emot en effect av magnetfältsexponering (man har ju inte undersökt det)
- Meta-analys av originaldata från 11 studier av avstånd till kraftledning (Amoon et al. 2018)
 - OR=1.01 (95% CI 0.85-1.21), <50 m avstånd till någon typ av kraftledning
 - OR=1.33 (95% CI 0.92-1.93), <50 m avstånd till 200+ kV kraftledning
 - Poolat resultat för beräknade magnetfält $\geq 0.4 \mu\text{T}$ (7 studie i Amoon et al):
 - OR=1.07 (95% 0.65-2.38)

Slutsats

- Meta-analys av originaldata från 9 studier av hög kvalitet publicerade före 2000 fann en fördubbling av risken för barnleukemi vid höga exponeringsnivåer
- 6 studier publicerade 2000-2010 fann också en ökad risk – men svagare samband
- De flesta studier publicerade efter 2010 har inte funnit någon ökad risk – försvagar evidens för ett samband ytterligare
- Sammantaget har stödet för hypotesen försvagats över tid – men en meta-analys av alla studier av hög kvalitet ger fortfarande en statistiskt signifikant ökat risk
 - Slumpen, selektionsfel eller confounding kan inte uteslutas

Framtida forskning

- Epidemiologiska studier – bör fokuseras på populationer med hög andel exponerade
 - Annars måste studiepopulationen vara extremt stor
- Måste använda exponeringsmätningar av hög kvalitet – viktigt att mäta avstånd till kraftledning korrekt – eller göra faktiska långtidsmätningar
- Rapportera resultat för de exponeringsnivåer som tidigare forskning använt – viktigt att kunna poola ihop resultaten
 - Undvik nya kategoriseringar – även om exponeringen är sällsynt
- Mekanistiska studier har inte sett samstämmiga resultat för karaktäristika som anses väsentliga för karcinogenicitet (så som det definieras av IARC)
 - Oklart hur relevant experimentella studier har varit för just barnleukemi