

# Negative helsevirkninger av 5G mobilnettverksteknologi under reelle forhold

av Ronald N. Kostoff<sup>a,\*</sup>, Paul Heroux<sup>b</sup>, Michael Aschner<sup>c</sup>, Aristides Tsatsakis<sup>d,e</sup>

<sup>a</sup> Research Affiliate, School of Public Policy, Georgia Institute of Technology, Georgia, USA

<sup>b</sup> Toxicology and Health Effects of Electromagnetism, McGill University, Canada

<sup>c</sup> Molecular Pharmacology, Einstein Center of Toxicology, Albert Einstein College of Medicine, USA

<sup>d</sup> Laboratory of Toxicology, Medical School, University of Crete, Voutes, 71409 Heraklion, Kreta, Hellas

<sup>e</sup> Avdeling for analytisk, toksikologisk, farmasøytisk kjemi og farmakognosi, Sechenov- universitetet, 119991 Moskva, Russland

## GRAFISK SAMMENDRAG



Stoffskifteforstyrrelser	Oksidant-produksjon (ROS)	Nevrotoksisitet og carcinogenisitet	Immunotoksisitet og inflammasjon	Apoptose og nekrose
Ubehags-symptomer	Forstyrrelser i sanseorganer	Søvnforstyrrelser	Kongenitale deformasjoner	Forstadier for kreft
<b>KREFT</b>	<b>NEURODEGENERASJON</b>	<b>UFUKTBARHET</b>	<b>NEUROATFERDSMESSIGE FORSTYRRELSER</b>	<b>Hjertekarforstyrrelser</b>

## ARTIKKELINFO

Søkeord:

Elektromagnetiske felt

Trådløs stråling

Ikke-ioniserende stråling

Mobilnettverk-teknologi

5G

Negative helsevirkninger

Toksikologi

Kombinasjoner av giftige stimuli

Synergieffekter

Kombinerte effekter

Systemiske virkninger

Simulering av reelle forhold

## SAMMENDRAG

Denne artikkelen identifiserer ugunstig virkninger av ikke-ioniserende ikke-synlig stråling (heretter kalt trådløs-stråling) rapportert i førsteklasses biomedisinsk litteratur. Den understreker at de fleste av laboratorieforsøkene som er utført fram til i dag ikke er utformet for å identifisere de mer alvorlige skadelige virkningene som gjenspeiler det virkelige driftsmiljøet som systemer med trådløs stråling opererer i. Mange eksperimenter omfatter ikke pulsering og modulering av bærebølgesignalet. De aller fleste gjør ikke rede for ugunstige samspillsvirkninger av andre giftige stimuli (slike som kjemiske og biologiske) som opptrer sammen med trådløs-stråling. Denne artikkelen legger også fram bevis på at den gryende 5G mobilnettverksteknologien vil påvirke ikke bare hud og øyne, slik det ofte antas, men dessuten vil ha skadelige systemiske virkninger.

\* For kontakt med forfatterne:

Epostadresser: [rkostoff@gmail.com](mailto:rkostoff@gmail.com) (R.N. Kostoff), [toxlab.uoc@gmail.com](mailto:toxlab.uoc@gmail.com) (A. Tsatsakis).

Engelsk original er publisert i *Toxicology Letters* 323 (2020) 35-40, <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.01.020> 0378-4274/ © 2020 Elsevier B. V. Alle rettigheter reservert.

Originalens tittel: Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions

Tidsskriftets hjemmeside: [www.elsevier.com/locate/toxlet](http://www.elsevier.com/locate/toxlet)

Mottatt 12. desember 2019, Mottatt i revidert form 16. januar 2020; Akseptert 23. januar 2020

Tilgjengelig på nett 25. januar 2020

**Oversettelse til norsk:** Einar Flydal og Else Nordhagen, 22.03.2021. Oversetterne har lagt vekt på å gjøre teksten mer uttrykkelig ved å føye til underforståtte ord og en del ordforklaringer. [Klammer markerer oversettelsers tilføyelser.] Artikkelen er frikjøpt den 27.4.2021 fra forlaget for oversettelse og publisering på nett. Du kan laste ned og lage personlige kopier her: <https://einarflydal.com/utredninger-boker-m-m-a-laste-ned-bestille/>

## 1. Innledning

Trådløs kommunikasjon har spredt og sprer seg eksponentielt over hele kloden. Den versjonen av mobil nettverksteknologi som nyligst er integrert [i våre liv] kalles 4G (fjerde generasjon), og neste versjon (kalt 5G - femte generasjon) er under tidlig implementering. Verken 4G eller 5G er blitt testet for sikkerhet [med hensyn til skadelighet] i troverdige, virkelighets-tro scenarier.

Det er alarmerende at mange studier som er utført i mindre utfordrende omgivelser, påviser skadelige virkninger fra denne strålingen. Denne artikkelen gir oversikt over medisinske og biologiske studier som har vært utført hittil, med tanke på effekter av trådløs stråling, og viser hvorfor disse studiene er mangelfulle med hensyn til [behandlingen av] sikkerhet [for biologiske skadevirkninger]. Selv om vi ser bort fra at det [i testene] mangler komponenter fra det virkelige liv, slike som giftige kjemikalier og biotoksiner (som har en tendens til å forverre de negative virkningene av trådløs-stråling), viser litteraturen at det er mye gyldig grunnlag for bekymring om mulighetene for negative helsevirkninger fra både 4G og 5G-teknologi. Studiene av trådløs-strålingens helsevirkninger som er rapportert i litteraturen bør ansees som svært forsiktige [i sine funn og konklusjoner], og som at de i vesentlig grad undervurderer skadevirkningene av denne nye teknologien.

## 2. Trådløs-stråling / elektromagnetisk spektrum

Denne delen gir oversikt over det elektromagnetiske spektret, og avgrensner de delene av spektret som denne artikkelen vil fokusere på. Det elektromagnetiske spektret omfatter hele spennet av elektro-magnetisk stråling, inkludert:

- ioniserende stråling (gamma stråler, røntgenstråler, og det ekstreme ultrafiolette, med bølgelengder under  $\sim 10^{-7}$ m og frekvenser over  $\sim 3 \times 10^{15}$  Hz).
- ikke-ioniserende synlig stråling (bølgelengder fra  $\sim 4 \times 10^{-7}$ m til  $\sim 7 \times 10^{-7}$ m og frekvenser mellom  $\sim 4.2 \times 10^{14}$ Hz og  $\sim 7.7 \times 10^{14}$ Hz).
- ikke-ioniserende ikke-synlig stråling
- kortbølgede radiobølger og mikrobølger, med bølgelengder i spennet mellom  $\sim 10^{-3}$ m og  $\sim 10^5$ m og frekvenser mellom  $\sim 3 \times 10^{11}$  og  $\sim 3 \times 10^3$ Hz;
- lange bølgelengder, mellom  $\sim 10^5$ m og  $\sim 10^8$ m og frekvenser mellom  $3 \times 10^3$  og 3 Hz.

Hvordan brukes disse frekvensene i praksis?

- De lave frekvensene (3 Hz – 300 KHz) brukes til overføring av elektrisk kraft over kraftlinjenett (60 Hz i USA), samt til maritim og undersjøisk navigasjon og kommunikasjon.
- Middels frekvenser (300 KHz–900 MHz) brukes til AM/FM/TV-kringkasting i Nord-Amerika.
- Lavere mikrobølgefrequenser (900 MHz – 5 GHz)

brukes til telekommunikasjon, så som mikrobølge-enheter/-kommunikasjon, radioastronomi, trådløse hjemmetelefoner, mobiltelefoner, og trådløse LAN [lokallnett, herunder såkalt WiFi].

- Høyere mikrobølgefrequenser (5 GHz – 300 GHz) brukes til radar og er foreslått for mikrobølge-WiFi, og vil bli brukt for høyttels 5G.
- Terahertz frekvensene (300 GHz – 3000 GHz) brukes i økende grad til å lage bilder for å supplere røntgenstråler på enkelte bruksområder innen medisin og sikkerhetsskanning (Kostoff og Lau 2017).

I den foreliggende studien av trådløs strålingens helsevirkninger dekkes det frekvensspekteret som spenner fra 3 Hz til 300 GHz, med spesiell vekt på høyfrekvenskommunikasjonskomponenten som spenner fra  $\sim 1$  GHz til  $\sim 300$  GHz. Hvorfor ble denne delen av spektret valgt? Tidligere vurderinger av trådløs-strålingens helsevirkninger fant at pulsede elektromagnetiske felt (PEMF) påført i relativt korte perioder kan i noen tilfeller bli brukt til terapeutiske formål, mens kronisk eksponering for elektromagnetiske felt (EMF) i kraftforsyningens frekvensområde ( $\sim 60$  Hz) og mikrobølgefrequensområde ( $\sim 1$  GHz-titalls GHz) tenderte til å føre til plager (Kostoff og Lau, 2013, 2017). På grunn av de nåværende bekymringer for den raske utbyggingen av 5G kommunikasjonssystemer som skjer uten adekvat og rigorøs sikkerhetstesting (og som er planlagt hovedsakelig å bruke de høyere mikrobølgefrequensenes deler av spektret i sin høyeste ytelsesmodus (også kalt høybånd [eng. high-band]), vil mer vekt bli lagt vekt på disse kommunikasjonsfrekvensene i dette dokumentet.

## 3. Moderne trådløs stråling eksponering

I gamle dager utgjorde sollyset og dets refleksjoner fra månen det aller meste av det spekteret som var synlig for mennesker (med ild på en fjern andreplass og lyn på en enda fjernere tredjeplass). Nå har mange varianter kunstig lys (glødelamper, lysstoffrør og lysutsendende dioder [LED]) erstattet sola som den viktigste leverandør av synlig stråling i løpet av [menneskets] våkne timer. I tillegg har EMF-stråling fra andre deler av det ikke-ioniserende, ikke-synlige spekteret blitt allestedsnærværende i dagliglivet, for eksempel fra trådløs databehandling og telekommunikasjon. I de siste to eller tre tiår har eksplosiv vekst i mobilbransjen plassert mange boliger i tettbygde områder innen mindre enn en mile [1,6 km] avstand fra en mobilmast. Videre innføring av neste generasjons mobilnettverksteknologi, 5G, vil øke basestasjonenes tettheter med en størrelsesorden [dvs. en tidobling]. Bekymringer har vært tatt opp over helsevirkninger fra trådløs-stråling fra (1) mobilkommunikasjonsenheter, (2) eksponering fra anvendelser i yrkeslivet, (3) eksponering i hjemmet, (4) trådløse nettverk i hjem, bedrifter og skoler, (5) radarer på kjøretøyer [bilradar] og (6) andre kilder til ikke-ioniserende EMF-stråling, slike som «smarte målere» og «Tingenes Internett».

#### 4. Påviste biologiske og helsemessige virkninger fra tidligere generasjoner trådløs nettverksteknologi

Det har vært utført to viktige slags undersøkelser for sikkert å fastslå om det er biologiske og helsemessige virkninger fra trådløs stråling: laboratorietester og epidemiologiske undersøkelser. Laboratorietestene har gitt den beste vitenskapelige forståelsen av virkningene av trådløs stråling, men har ikke gjenspeilet det virkelige miljøet som trådløs-strålingens systemer opererer i (eksponering for giftige kjemikalier, biotoksiner, andre former for giftig stråling, osv.). Det er tre grunner til at laboratorietester sviktet i å gjenspeile de reelle eksponeringsforholdene for mennesker.

For det første har laboratorietester blitt utført hovedsakelig på dyr, særlig rotter og mus. På grunn av fysiologiske forskjeller mellom små dyr og mennesker har det vært stadige betenkeligheter over å ekstrapolere resultater fra små dyr til mennesker. I tillegg kommer at mens innåndede eller inntatte stoffer relativt lett kan skaleres fra laboratorieeksperimenter på små dyr til mennesker, kan stråling være mer problematisk. For ikke-ioniserende stråling er inntrengningsdybden en funksjon av frekvensen, vev, og andre parametere. På grunn av dyrenes langt mindre størrelse, ville strålingen kunne trenge mye dypere inn i et slikt lite dyrs indre enn stråling med den samme bølgelengden ville gjøre på mennesker. Ulike organer og vev ville bli påvirket, med ulike nivåer av energitetthet («styrke»).

For det andre har typisk innkommende EMF-signal i mange/de fleste laboratorietester som er utført i tidligere tider, bestått av en enkelt bærebølgefrequens; det mer lavfrekvente signalet som inneholder informasjonen var ikke alltid tatt med. Denne utelatelsen kan være viktig. Som Panagopoulos slår fast: «Det er viktig å merke seg at bortsett fra RF/mikrobølge-bærebølgefrequensen, er Ekstremt Lave Frekvenser – ELF – (0-3 000 Hz) alltid til stede i form av pulsing og modulering i alle telekommunikasjons EMF. Det foreligger tydelige bevis som indikerer at virkningen av telekommunikasjons EMF på levende organismer hovedsakelig skyldes de medfølgende ELF .... Mens ~50 % av de studiene som anvender simulert eksponering, ikke finner noen virkninger, framviser studier som bruker reelle eksponeringer fra kommersielt tilgjengelige enheter, nesten 100 % samsvar hva gjelder å påvise ugunstige virkninger» (Panagopoulos 2019). Disse virkningene kan bli ytterligere forsterket med 5 G: «med hver nye generasjon av telekommunikasjonsutstyr ..... er mengden informasjon som overføres hvert øyeblikk ..... økt, noe som fører til høyere variasjon og kompleksitet i signalene, som levende celler / organismer er enda mer ute av stand til å tilpasse seg» (Panagopoulos 2019).

For det tredje har disse laboratorieforskene vanligvis bare omfattet én stressor (giftig stimulus) og blitt utført under for øvrig uforstyrrede forhold. Dette står i motsetning til virkelighetens eksponeringer, der mennesker er utsatt for flere giftige stimuli, i parallell eller over tid (Tsatsakis et al., 2016, 2017; Docea et al., 2019a). I kanskje fem prosent av tilfellene som er rapportert i litteraturen om trådløs-stråling, ble det lagt

til en andre stressfaktor (hovedsakelig en biologisk eller kjemisk giftig stimulus) i tillegg til stressfaktoren trådløs-stråling, for å bringe på det rene om det ble skapt tilleggs virkninger, samspill effekter, forsterkede virkninger, eller motsatte virkninger av kombinasjonen (Kostoff og Lau, 2013, 2017; Juutilainen, 2008; Juutilainen et al., 2006).

Kombinasjonseksperimenter er ekstremt viktige, for når andre toksiske stimuli undersøkes i kombinasjon, enten med hverandre eller med trådløs-stråling, har synergiene en tendens til å forsterke de negative virkningene fra hver enkelt stimulus isolert. Dette ble påvist i flere studier som vurderte de kumulative effektene av kronisk eksponering for lave doser av xenobiotiske [biologisk fremmede] stoffer i kombinasjon (Kostoff et al., 2018; Docea et al., 2018; Tsatsakis et al., 2019a; Docea et al., 2019b; Tsatsakis et al., 2019b, c; Fountoucidou et al., 2019). Ved de kombinasjonene som omfatter trådløs-stråling, ser man at ved kombinert eksponering for giftige stimuli og trådløs-stråling, slår hver giftig stimulus [som føyes til] i kombinasjonen, ut i form av toleransenivåer som ligger langt lavere enn de eksponeringsnivåer som skal til for å framkalle ugunstige virkninger for de samme stimuli enkeltvis. Følgelig ville eksponeringsgrensene for trådløs-stråling av sikkerhetshensyn bli satt langt lavere om trådløs-stråling ble undersøkt i kombinasjon med andre potensielt giftige stimuli, enn de eksponeringsgrensene man kommer fram til [ved å undersøke virkninger av] eksponering for trådløs-stråling alene.

Nesten alle de laboratorieeksperimenter med trådløs-stråling som har blitt gjort til dags dato er derfor forfeilede/av begrenset verdi med hensyn til fullt ut å vise den ugunstige innvirkningen fra trådløs-stråling som ville være å forvente under virkelige forhold. Hva enten når 1) informasjon ikke er med i signalet, eller når 2) bare en enkelt stressfaktor er med i undersøkelsen, trekker det i retning av at alvoret av skadelige virkninger fra trådløs-stråling blir undervurdert. Når begge disse fenomenene mangler i eksperimentene, slik det er tilfelle i det store flertall av rapporterte studiene av helsevirkninger fra trådløs-stråling, vil det trekke i retning av at denne undervurderingen forsterkes betydelig. De resultatene som rapporteres i den biomedisinske litteraturen bør derfor bli sett på som 1) svært forsiktige og som 2) selve det laveste «gulvet», ikke «taket», for hvor alvorlige de ugunstige virkningene fra trådløs-stråling er.

I motsetning til de kontrollerte, uforstyrrede omgivelsene som kjennetegner laboratorie-eksperimentene med trådløs-stråling av dyr, har de epidemiologiske studiene av trådløs-stråling som er gjennomført fram til i dag, typisk omfattet mennesker som har vært utsatt for utallige kjente og ukjente stressfaktorer før (og under) studiet. De eksponeringsnivåene som påviste økt kreftforekomst i studier av reell eksponering av mennesker fra mobilmaster (rapportert av Kostoff og Lau (2017)) var størrelsesordenen lavere enn de eksponeringsnivåene som ble skapt i de svært påkostede laboratoriestudiene av dyr under [USAs] National Toxicology Program (Melnick, 2019). Vi tror at det som forklarer at eksponeringsnivået som var

forbundet med økt kreftforekomst, ligger flere størrelsesordener lavere i mobilmast-studiene, er at den virkelige verdens virkninger er kommet med. Laboratorietestene ble gjennomført under kontrollerte betingelser som ikke gjenspeiler det virkelige livet, mens epidemiologistudiene ble utført med mange stressfaktorer til stede, kjente og ukjente, og gjenspeiler det virkelige liv. Mylderet av ulike eksponeringsnivåer for ulike giftige stimuli i epidemiologistudiene var i de fleste tilfellene ukontrollert.

I løpet av de siste seksti årene er det publisert en svært omfattende litteratur som viser ugunstige virkninger av trådløs-stråling, påført alene eller i kombinasjon med andre toksiske stimuli. Omfattende litteraturgjennomganger av helsemessige virkninger fra påført trådløs-stråling er blitt publisert (Kostoff og Lau, 2013, 2017; Belpomme et al., 2018; Desai et al., 2009; Di Ciaula, 2018; Doyon og Johansson, 2017; Havas, 2017; Kaplan et al., 2016; Lerchl et al., 2015; Levitt og Lai, 2010; Miller et al., 2019; Pall, 2016, 2018; Panagopoulos, 2019; Panagopoulos et al., 2015; Russell, 2018; Sage og Burgio, 2018; van Rongen et al., 2009; Yakymenko et al., 2016; Bioinitiative, 2012). Samlet sett viser disse litteraturgjennomgangene at for høyfrekvens-delen av spekteret (radiofrekvens, RF) kan RF-stråling *lavere enn [de grenseverdiene som følger av] FCCs retningslinjer* føre til:

- kreftfremkallende (hjernesvulster/gliom, brystkreft, akustisk neurom, leukemi, svulster i ørespyttkjertelen),
- genotoksisitet (DNA-skade, hemming av DNA-reparasjon, kromatin-struktur),
- mutagenisitet [mutasjoner], teratogenisitet [fosterskader],
- nevrodegenerativ sykdom (Alzheimers Sykdom, Amyotrofisk Lateral Sklerose [ALS]),
- nevrologiske atferdsproblemer, autisme, reproduksjonsproblemer, avbrutte svangerskap, forhøyet nivå av reaktive oksygen-arter [ROS]/oksidativt stress, inflammasjon, apoptose [celledød], brudd på blod-hjerne-barrieren, [forstyrrelser av] epifysen/melatonin-produksjon, søvnforstyrrelser, hodepine, irriterbarhet, utmattelse, konsentrasjonsvansker, depresjon, svimmelhet, tinnitus, brennende og rødmeende hud, fordøyelsesproblemer/forstyrrelser, skjelving, hjerterytmeforstyrrelser,
- ugunstige virkninger på nervesystemet, sirkulasjonssystemet, immunsystemet, hormonsystemet, og skjelettsystemet.

*Sett i dette perspektivet er RF en svært gjennomgripende sykdomsårsak!*

Responsen fra næringen har vært at ingen mekanisme kunne forklare den biologiske virkningen av ikke-termiske og ikke-ioniserende EM-felt. Dette til tross for at rapporter om klare forstyrrelser av biologiske systemer ved nivåer som er i nærheten av, eller til og med under,  $1\ 000\ \mu\text{W}/\text{m}^2$  (Bioinitiative 2019) er

blitt forklart som forstyrrelser av elektron- og protonoverføringer som støtter ATP-produksjon i mitokondriene (Sanders et al., 1980; 1985) ved eksponering for RF- eller ELF-signaler (Li og Heroux, 2014).

For å få et annet perspektiv på hele spektret av bivirkninger fra trådløs-stråling, kjørte vi et søk i Medline for å hente representative referanser knyttet til skadelige EMF-virkninger (hovedsakelig, men ikke utelukkende, RF). Over 5 400 poster ble hentet ut, og de ledende medisinske emneord (MeSH [Medical Subject Headings]) ble trukket ut. Kategoriene for ugunstige konsekvenser fra de to metodene samsvarer ganske godt. De negative helsevirkningene varierer fra alle slags følelser av ubehag til livstruende sykdommer.

Den fullstendige listen over MeSH-emneord fra dette søket er vist i Vedlegg 1 i (Kostoff, 2019). Den interesserte leser kan sjekke hvilke andre sykdommer / symptomer som kom med. De 5400+ referansene som ble funnet, er vist i Vedlegg 2 i (Kostoff, 2019).

## 5. Hvilke typer biologiske og helsemessige virkninger kan forventes fra 5G trådløs nettverksteknologi?

De mulige skadelige virkningene fra 5G stammer fra strålingens iboende natur og dens interaksjon med vev og målstrukturer. 4G nettverksteknologi var hovedsakelig forbundet med bæreølgefrekvenser i området  $\sim 1\text{-}2,5\ \text{GHz}$  (mobiltelefoner, WiFi). Bølgelengden til 1 GHz stråling er 30 cm, og inntrengningsdybden i menneskelig vev er noen få centimeter. I sin høytelsesmodus (high-band), er 5G nettverksteknologi i hovedsak forbundet med bæreølgefrekvenser som er minst en størrelsesorden større enn 4G-frekvenser, selv om, som nevnt tidligere, «er ELF (0-3 000 Hz) alltid til stede i form av pulsing og modulering i alle telekommunikasjons EMF». Inntrengningsdybden for bæreølgefrekvenskomponenten i trådløs-strålingen fra høytelses 5G vil være i størrelsesorden noen få millimeter (Alekseev et al., 2008a, b). Ved disse bølgelengdene kan man forvente resonansfenomener med små-skala menneskelige [vevs]strukturer (Betzalel et al. 2018). I tillegg har numeriske simuleringer av resonanser med insekter fra millimeter-bølget stråling vist en generell økning i absorbert RF-energi på og over 6 GHz, i forhold til den absorberte RF-energien [ved frekvenser] lavere enn 6 GHz. En økning på 10 % av innstrålt energitetthet fra frekvenser over 6 GHz er beregnet til å medføre en *økning i absorbert energi på mellom 3–370 %* (Thielens et al., 2018).

Den felles «visdom» som legges fram i litteratur og media er at hvis det fins skadevirkninger som følge av høybånds 5G, vil de viktigste virkningene være knyttet til fenomener nær overflaten, slike som hudkreft, grå stær og andre hudtilstander. Imidlertid er det belegg for at biologiske reaksjoner på bestråling av millimeterbølger kan ha sitt opphav i huden, mens den påfølgende systemiske signaleringen i huden kan føre til fysiologiske effekter i nervesystemet, hjertet og immunsystemet (Russell, 2018).

Vurder dessuten følgende referanse (Zalyubovskaya 1977). Dette er en av mange oversettelser av

artikler som ble skrevet i det tidligere Sovjetunionen om trådløs-stråling (se også anmeldelser av sovjetisk forskning innen dette temaet av McRee (1979, 1980), Kositsky et al. (2001), og Glaser og Dodge (1976)). På s. 57 i pdf-lenken tar artikkelen av Zalyubovskaya for seg biologiske virkninger av millimeter radiobølger. Zalyubovskaya drev eksperimenter der det ble brukt elektrisk flukstetthet på  $10\,000\,000\ \mu\text{W}/\text{m}^2$  ([som tilsvare] grenseverdien i FCC (Federal Communications Commission) sine retningslinjer for allmennheten i dag i USA), og frekvenser i størrelsesorden 60 GHz. Ikke bare ble hud påvirket negativt, men også hjerte-, lever-, nyre- og milt-vev, og blodets og benmargens egenskaper. Disse resultatene styrker konklusjonen til Russel (sitert over) at *systemiske følger kan dukke opp fra millimeterbølget stråling*. For å understreke på ny, i Zalyubovskayas eksperimenter var det innkommende signalet bare en umodulert bærebølgefrekvens, og eksperimentet brukte bare én enkelt stressor. Derfor bør man forvente at resultatene i den virkelige verden (når mennesker påvirkes, signalene er pulsede og modulerte, og det skjer eksponering for mange giftige stimuli,) vil være langt mer alvorlige og vil utløses ved lavere (kanskje langt lavere) nivåer av elektrisk flukstetthet fra trådløs-stråling.

Zalyubovskayas artikkel ble utgitt i 1977. Den refererte versjonen ble hemmeligstemplet i 1977 av USAs myndigheter og avgradert i 2012. Hvilke nasjonale sikkerhetsinteresser førte til at den (og andre artikler i den samme lenkens pdf-referanse) ble sikkerhetsklassifisert i 35 år, inntil den ble frigitt i 2012? Andre artikler om dette emnet med lignende funn ble publisert i Sovjetunionen (og USA) på den tiden og enda tidligere, men mange så aldri dagens lys, verken i Sovjetunionen eller USA. Det ser ut til at de skadelige virkningene som kan følge av millimeterbølgestråling, på hud (og på andre store kroppssystemer), har vært kjent i godt over førti år, og likevel dreier dagens diskurs seg rundt mulighetene for beskjedne mulige virkninger på huden og kanskje grå stør fra millimeter-bølget trådløs-stråling.

## 6. Hva er konsensus på ugunstig virkninger av trådløs-stråling?

Ikke alle studier av trådløs-stråling har vist ugunstige virkninger. Ta for eksempel potensielle gentoksiske virkninger av mobiltelefon. En studie som undersøkte «virkningen av å bruke mobiltelefon på genomet [dvs. arvestoffet] i slimhinneceller i menneskets munnhule» konkluderte med at «Bruk av mobiltelefon førte ikke til en betydelig økt frekvens av micronuclei» (Hintzsche og Stopper, 2010).

Stikk motsatt undersøkte en studie i 2017 preparater av celler fra munnhulen for genomisk ustabilitet og fant at «hyppigheten [av de følgende forekomstene av skader på cellene, som alle også er forstadier til kreftutvikling] ble signifikant økt ( $p = 0.000$ ) blant mobiltelefonbrukere: dannelse av mikrokjerne [ekstra cellekjerner] (13.66 x), «knopper» på cellekjernen (2.57 x), basalceller (1.34 x), karyorrhektiske celler [celler der kjernen brister] (1.26 x),

karyolytiske celler [cellekjerner som løser seg opp] (2.44 x), pyknotiske celler [celler som dør ved at kromatinet klumper seg] (1.77 x) og kondensert [sammenpakket] kromatin (2.08x)» (Gandhi et al., 2017). Også en studie i 2017 for å fastslå «virkningen av strålinger fra mobiltelefoner på de orofasiale strukturer [strukturer som har med munn og ansikt å gjøre]» konkluderte med at «stråling fra mobiltelefoner fører til unormale tilstander i [celle]kjernene i munnens slimhinneceller» (Mishra et al., 2017). Videre konkluderte en studie i 2016 for å «utforske virkningen av mobiltelefonstråling på hyppigheten av MN [mikrokjerne] i munnens slimhinneceller» med at «antall celler med flere mikrokjerne/1000 funnet ved skrubbing av munnens slimhinner ble funnet å være betydelig høyere blant gruppen av hyppige mobiltelefonbrukere i forhold til i gruppen av sjeldne mobiltelefonbrukere» (Banerjee et al. 2016). Og endelig konkluderte en studie som tok sikte på å undersøke de helsemessige virkninger av eksponering for WiFi med at «langvarig eksponering for WiFi kan gi negative virkninger, så som nevrodegenerative sykdommer som observert ved en *betydelig endring av AChE-genuttrykk* og noen nevro-atferdsmessige parametere forbundet med hjerneskade» (Obajuluwa et al., 2017).

Det fins mange ulike grunner som kan forklare denne mangelen på samstemmighet.

- 1) Det kan være «vinduer» langs parameterne der ugunstige virkninger oppstår, slik at drift utenfor disse vinduene kunne tenkes å vise a) ingen virkninger eller b) hormese-virkninger [positive virkninger ved svært svake eksponeringsnivåer], eller c) terapeutiske virkninger. Hvis for eksempel informasjonsinnholdet i signalet er en sterk bidragsyter til negative helsevirkninger (Panagopoulos, 2019), vil eksperimenter som bare bruker bærebølgefrekvenser være utenfor det vinduet der skadelige helsevirkninger oppstår. Alternativt kunne man, i dette konkrete eksempelet, se på bærebølgesignalet og informasjonssignalet som en kombinasjon av mulig toksiske stimuli, der skadelige virkninger fra hver enkelt blir aktivert på grunn av samspillseffekter [som oppstår] av kombinasjonen.

I et annet eksempel ble en skadelig innvirkning påvist på en stamme gnagere ved en kombinasjon av 50 Hz EMF og DMBA [et kreftfremkallende og immunforsvarsundertrykkende toksin som brukes mye i forskning], mens ingen ugunstige konsekvenser for helsen ble påvist på en annen gnager-stamme for den samme kombinasjonen av giftige stimuli (Fedrowitz et al., 2004). Sett fra et overordnet perspektiv på kombinasjoner, kan genetiske avvik/forskjeller blir betraktet som å kunne brukes i kombinasjonsstudier på linje med giftige stimulanser, og da var det samspillet i en tre-leddet kombinasjon bestående av 50 Hz EMF, DMBA og genetik som trengtes for å frambringe skadelige helsevirkninger i det nevnte eksperimentet. Hvis disse resultatene kan generaliseres på tvers av

arter, kan mennesker tenkes å ha forskjellige respons på de samme elektromagnetiske stimuli avhengig av den enkeltes unike genetiske predisposisjoner (Caccamo et al., 2013; De Luca et al., 2014).

- 2) Forskningens kvalitet kan være svak og skadelige virkninger kan ha blitt oversett. [Punktnummer rettet.]
- 3) Eller forskningsgruppen kan ha hatt en forutbestemt agenda, der det å ikke finne noen skadelige virkninger fra trådløs-stråling var selve MÅLET for studien. For eksempel har studier vist at bransjefinansiert forskning på helseskadelige virkninger fra trådløs-stråling med langt større sannsynlig ikke finner noen virkning, enn det forskning med finansiering fra kilder utenfor næringen gjør (Huss et al. 2007; Slesin 2006; Carpenter 2019). Studier innen andre fagfelt enn trådløs-stråling har vist at for produkter med høy militær, kommersiell og politisk følsomhet, leies det inn «forskere»/organisasjoner for å publisere artikler som er i konflikt med den tillitsverdige vitenskapen, for slik å skape tvil om at det aktuelle produktet kan være skadelig (Michaels 2008; Oreskes og Conway 2011). Siden sivile og militære økonomier er så sterkt avhengige av trådløs stråling, er dessverre insentivene minimale for å identifisere negative helsevirkninger fra trådløs stråling, mens insentivene til ikke å finne det er mange. Disse forvrengte insentivene gjelder ikke bare for dem som er sponsorer for forskning og utvikling, men også for dem som driver med det.

Selv gullstandarden for forskningens troverdighet - uavhengig gjentakelse av forskningsresultater – kan man stille spørsmål ved innen slike politisk, kommersielt og militært følsomme områder som sikkerheten ved trådløs-stråling, der de fleste sponsorer for forskning om trådløs-stråling (offentlige og private) er samstemte i målene om å øke hastigheten i innføringen. Det er absolutt nødvendig at høyst objektive personer med minimale interessekonflikter får spille en sentral rolle i å evaluere forskningen og sikre at strenge sikkerhetsstandarder blir innfridd før systemer for trådløs-stråling tillates å bli satt i drift i stor skala.

## 7. Konklusjoner

Trådløs stråling byr seg fram med løfter om å gjøre oss i stand til bedre sansning over avstand, forbedret kommunikasjon og dataoverføring, og at vi kan knytte alt tettere sammen. Dessverre er det en stor mengde data fra laboratorie- og epidemiologiske studier som viser at tidligere og nåværende generasjoner trådløs nettverksteknologi har vesentlige negative konsekvenser for helsen. Mye av disse dataene ble innhentet under forhold som ikke gjen-speiler det virkelige liv. Når vi korrigerer for virkelige forhold, for eksempel tar med 1) informasjonsinnholdet i signalene sammen med 2) bærebølgefrequensene og

3) andre toksiske stimuli i kombinasjon med trådløs-stråling, øker skadevirkningene forbundet med trådløs-stråling betydelig. Å legge 5G-stråling på toppen av et allerede innarbeidet skadelig trådløst strålingsmiljø vil forverre de negative helsevirkningene som er påvist å være til stede. Langt mer forskning og testing av mulige helsevirkninger fra 5G under virkelige forhold er påkrevd før ytterligere utbygging kan forsvares.

## Åpenhetserklæring

Åpenhetserklæringen som er knyttet til denne artikkelen kan man finne i den elektroniske versjonen.

## Erklæring om interessekonflikt

Forfatterne erklærer at de ikke har noen kjente konkurrerende finansielle interesser eller personlige relasjoner som kan synes å ha påvirket det arbeidet som er rapportert i denne artikkelen.

## Referanser

- Alekseev, S.I., Radzievsky, A.A., Logani, M.K., Ziskin, M.C., 2008a. Millimeter wave dosimetry of human skin. *Bioelectromagnetics* 29 (January (1)), 65 – 70. <https://doi.org/10.1002/bem.20363>.
- Alekseev, S.I., Gordiienko, O.V., Ziskin, M.C., 2008b. Reflection and penetration depth of millimeter waves in murine skin. *Bioelectromagnetics* 29 (July (5)), 340 – 344. <https://doi.org/10.1002/bem.20401>.
- Banerjee, S., Singh, N.N., Sreedhar, G., Mukherjee, S., 2016. Analysis of the genotoxic effects of mobile phone radiation using buccal micronucleus assay: a comparative evaluation. *J. Clin. Diagn. Res.* 10 (3) ZC82-ZC5.
- Belpomme, D., Hardell, L., Belyaev, I., Burgio, E., Carpenter, D.O., 2018. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: an international perspective. *Environ. Pollut.* 242, 643 – 658.
- Betzalel, N., Ben Ishai, P., Feldmann, Y., 2018. The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not? *Environ. Res.* 163, 208 – 216.
- BioInitiative Working Group, Cindy Sage, David O. Carpenter, BioInitiative Report: A Rationale for Biologically-Based Public Exposure Standards for Electromagnetic Radiation at 2012; [www.bioinitiative.org](http://www.bioinitiative.org) December 31, 2012, last updated 2019.
- Caccamo, D., Cesareo, E., Mariani, S., Raskovic, D., Lentile, R., Curro, M., Korkina, L., De Luca, C., 2013. Xenobiotic sensor- and metabolism-related gene variants in environmental sensitivity-related illnesses: a survey on the Italian population. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2013 <https://doi.org/10.1155/2013/831969>. Article ID 831969.
- Carpenter, D.O., 2019. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: how source of funding affects results. *Environ. Res.* 178,

108688.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108688>.
- De Luca, C., Thai, J.C., Raskovic, D., Cesareo, E., Caccamo, D., Trukhanov, A., Korkina, L., 2014. Metabolic and genetic screening of electromagnetic hypersensitive subjects as a feasible tool for diagnostics and intervention. *Mediators Inflamm.* 2014, 924184. <https://doi.org/10.1155/2014/924184>. Epub 2014 Apr 9.
- Desai, N.R., Kesari, K.K., Agarwal, A., 2009. Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 7.
- Di Ciaula, A., 2018. Towards 5G communication systems: are there health implications? *Int. J. Hyg. Environ. Health* 221 (3), 367 – 375.
- Docea, A.O., Gofita, E., Goumenou, M., Calina, D., Rogoveanu, O., Varut, M., Olaru, C., Kerasiotti, E., Fountoucidou, P., Taitzoglou, I., Zlatian, O., Rakitskii, V.N., Hernandez, A.F., Kouretas, D., Tsatsakis, A., 2018. Six months exposure to a real life mixture of 13 chemicals ‘ below individual NOAELs induced non monotonic sex-dependent biochemical and redox status changes in rats. *Food Chem. Toxicol.* 115, 470 – 481 doi:10.1016/j.fct.2018.03.052.
- Docea, A.O., Calina, D., Goumenou, M., Neagu, M., Gofita, Tsatsakis, A., 2019a. Study design for the determination of toxicity from long-term-low-dose exposure to complex mixtures of pesticides, food additives and lifestyle products. *Toxicol. Lett.* 258 <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.06.1666>. S179-S179.
- Docea, A.O., Goumenou, M., Calina, D., Arsene, A.L., Dragoi, C.M., Gofita, E., Pisoschi, C.G., Zlatian, O., Stivaktakis, P.D., Nikolouzakis, T.K., Kalogeraki, A., Izotov, B.N., Galateanu, B., Hudita, A., Calabrese, E.J., Tsatsakis, A., 2019b. Adverse and hormetic effects in rats exposed for 12 months to low dose mixture of 13 chemicals: RLRS part III. *Toxicol. Lett.* 310, 70 – 91. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019b.04.005>.
- Doyon, P.R., Johansson, O., 2017. Electromagnetic fields may act via calcineurin inhibition to suppress immunity, thereby increasing risk for opportunistic infection: conceivable mechanisms of action. *Med. Hypotheses* 106, 71 – 87.
- Fedrowitz, M., Kamino, K., Loscher, W., 2004. Significant differences in the effects of magnetic field exposure on 7,12-dimethylbenz(a)anthracene-induced mammary carcinogenesis in two substrains of Sprague-Dawley rats. *Cancer Res.* 64 (1), 243 – 251.
- Fountoucidou, P., Veskoukis, A.S., Kerasiotti, E., Docea, A.O., Taitzoglou, I.A., Liesivuori, J., Tsatsakis, A., 2019. Kouretas DA mixture of routinely encountered xenobiotics induces both redox adaptations and perturbations in blood and tissues of rats after a long-term low-dose exposure regimen: the time and dose issue. *Toxicol. Lett.* 317, 24 – 44. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019.09.015>.
- Gandhi, G., Singh, P., Kaur, G., 2017. Perspectives revisited – the buccal cytome assay in mobile phone users. *Int. J. Hum. Genet.* 15 (4), 173 – 182.
- Glaser, R., Dodge, C.H., 1976. Biomedical Aspects of Radiofrequency Radiation: A Review of Selected Soviet, East European, and Western References. Selected Papers of the USNC/ URSI AnnunI Meeting (Boulder, CO. 1975). HEW Publication (FDA) 77-8010/8011, pp. 2 – 34 Dec.
- Havas, M., 2017. When theory and observation collide: can non-ionizing radiation cause cancer? *Environ. Pollut.* 221, 501 – 505.
- Hintzsche, H., Stopper, H., 2010. Micronucleus frequency in buccal mucosa cells of mobile phone users. *Toxicol. Lett.* 193 (1), 124 – 130.
- Huss, A., Egger, M., Hug, K., Huwiler-Muntener, K., Roosli, M., 2007. Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. *Environ. Health Perspect.* 115 (1), 1 – 4.
- Juutilainen, J., 2008. Do electromagnetic fields enhance the effects of environmental carcinogens? *Radiat. Prot. Dosimetry* 132 (2), 228 – 231.
- Juutilainen, J., Kumlin, T., Naarala, J., 2006. Do extremely low frequency magnetic fields enhance the effects of environmental carcinogens? A meta-analysis of experimental studies. *Int. J. Radiat. Biol.* 82 (1), 1 – 12.
- Kaplan, S., Deniz, O.G., Onger, M.E., Turkmen, A.P., Yurt, K.K., Aydin, I., et al., 2016. Electromagnetic field and brain development. *J. Chem. Neuroanat.* 75, 52 – 61.
- Kositsky, N.N., Nizhelska, A.I., Ponezh, G.V., 2001. Influence of high-frequency electromagnetic radiation at non-thermal intensities on the human body (a review of work by Russian and Ukrainian researchers). No Place to Hide- Newsletter of the Cellular Phone Taskforce Inc. 3 (Supplement (1)).
- Kostoff, R.N., 2019. Adverse Effects of Wireless Radiation. PDF. <http://hdl.handle.net/1853/61946>.
- Kostoff, R.N., Lau, C.G.Y., 2013. Combined biological and health effects of electromagnetic fields and other agents in the published literature. *Technol. Forecast. Soc. Change* 80 (7), 1331 – 1349.
- Kostoff, R.N., Lau, C.G.Y., 2017. Modified health effects of non-ionizing electromagnetic radiation combined with other agents reported in the biomedical literature. In: Geddes, C.D. (Ed.), *Microwave Effects on DNA and Proteins*. Springer International Publishing AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-50289-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50289-2_4).
- Kostoff, R.N., Goumenou, M., Tsatsakis, A., 2018. The role of toxic stimuli combinations in determining safe exposure limits. *Toxicol. Rep.* 5, 1169 – 1172. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.10.010>.

eCollection 2018.

- Lerchl, A., Klose, M., Grote, K., Wilhelm, A.F.X., Spathmann, O., Fiedler, T., et al., 2015. Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 459 (4), 585 – 590.
- Levitt, B.B., Lai, H., 2010. Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays. *Environ. Rev.* 18, 369 – 395.
- Li, Y., Heroux, P., 2014. Extra-Low-Frequency magnetic fields alter cancer cells through metabolic restriction. *Electromagn. Biol. Med.* 33 (4), 264 – 275.  
<https://doi.org/10.3109/15368378.2013.817334>.
- McRee, D.I., 1979. Review of Soviet Eastern-European research on health-aspects of microwave-radiation. *Bull. N. Y. Acad. Med.* 55 (11), 1133 – 1151.
- McRee, D.I., 1980. Soviet and Eastern-European research on biological effects of microwave-radiation. *Proc. IEEE* 68 (1), 84 – 91.  
<https://doi.org/10.1109/PROC.1980.11586>. Also.  
[https://www.avaate.org/IMG/pdf/mcree80\\_rev\\_so\\_viet.pdf](https://www.avaate.org/IMG/pdf/mcree80_rev_so_viet.pdf).
- Melnick, R.L., 2019. Commentary on the utility of the National Toxicology Program study on cell phone radiofrequency radiation data for assessing human health risks despite unfounded criticisms aimed at minimizing the findings of adverse health effects. *Environ. Res.* 168, 1 – 6.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.09.010>.
- Michaels, D., 2008. *Doubt Is Their Product: How Industry 's Assault on Science Threatens Your Health*, 1<sup>st</sup> edition. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Miller, A.B., Sears, M.E., Morgan, L.L., Davis, D.L., Hardell, L., Oremus, M., et al., 2019. Risks to health and well-being from radio-frequency radiation emitted by cell phones and other wireless devices. *Front. Public Health* 7, 223.  
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00223>.
- Mishra, S.K., Chowdhary, R., Kumari, S., Rao, S.B., 2017. Effect of cell phone radiations on orofacial structures: a systematic review. *J. Clin. Diagn. Res.* 11 (5), 5.
- Obajuluwa, A.O., Akinyemi, A.J., Afolabi, O.B., Adekoya, K., Sanya, J.O., Ishola, A.O., 2017. Exposure to radio-frequency electromagnetic waves alters acetylcholinesterase gene expression, exploratory and motor coordination-linked behaviour in male rats. *Toxicol. Rep.* 4, 530 – 534.
- Oreskes, N., Conway, E.M., 2011. *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues From Tobacco Smoke to Global Warming*. Bloomsbury Press, New York, NY.
- Pall, M.L., 2016. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression. *J. Chem. Neuroanat.* 75, 43 – 51.
- Pall, M.L., 2018. Wi-Fi is an important threat to human health. *Environ. Res.* 164, 405 – 416.
- Panagopoulos, D.J., 2019. Comparing DNA damage induced by mobile telephony and other types of man-made electromagnetic fields. *Mutat. Res. Mutat. Res.* 781, 53 – 62.
- Panagopoulos, D.J., Johansson, O., Carlo, G.L., 2015. Real versus simulated mobile phone exposures in experimental studies. *Biomed Res. Int.* 2015, 607053. <https://doi.org/10.1155/2015/607053>.
- Russell, C.L., 2018. 5 G wireless telecommunications expansion: public health and environmental implications. *Environ. Res.* 165, 484 – 495.
- Sage, C., Burgio, E., 2018. Electromagnetic fields, pulsed radiofrequency radiation, and epigenetics: how wireless technologies may affect childhood development. *Child Dev.* 89 (1), 129 – 136.
- Sanders, A.P., Schaefer, D.J., Joines, W.T., 1980. Microwave effects on energy metabolism of rat brain. *Bioelectromagnetics* 1, 171 – 181.
- Sanders, A.P., Joines, W.T., Allis, J.W., 1985. Effects of continuous-wave, pulsed, and sinusoidal-amplitude-modulated microwaves on brain energy metabolism. *Bioelectromagnetics.* 6, 89 – 97.
- Slesin, L., 2006. “Radiation Research” and the Cult of Negative Results. *Microwave News* 31 July.  
<http://microwavenews.com/RR.html>.
- Thielens, A., Bell, D., Mortimore, D.B., Greco, M.K., Martens, L., Joseph, W., 2018. Exposure of insects to radio-frequency electromagnetic fields from 2 to 120 GHz. *Sci. Rep.* 8, 3924.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-22271-3>.
- Tsatsakis, A.M., Docea, A.O., Tsitsimpikou, C., 2016. New challenges in risk assessment of chemicals when simulating real exposure scenarios; simultaneous multi-chemicals ‘low dose exposure. *Food Chem. Toxicol.* 96, 174 – 176.  
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.08.011>.
- Tsatsakis, A.M., Kouretas, D., Tzatzarakis, M.N., Stivaktakis, P., Tsarouhas, K., Golokhvast, K.S., Rakitskii, V.N., Tutelyan, V.A., Hernandez, A.F., Rezaee, R., Chung, G., Fenga, C., Engin, A.B., Neagu, M., Arsene, A.L., Docea, A.O., Gofita, E., Calina, D., Taitzoglou, I., Liesivuori, J., Hayes, A.W., Gutnikov, S., Tsitsimpikou, C., 2017. Simulating real-life exposures to uncover possible risks to human health: a proposed consensus for a novel methodological approach. *Hum. Exp. Toxicol.* 36 (6), 554 – 564.  
<https://doi.org/10.1177/0960327116681652>.
- Tsatsakis, A.M., Docea, A.O., Calina, D., Buga, A.M., Zlatian, O., Gutnikov, S., Kostoff, R.N., Aschner, M., 2019a. Hormetic Neurobehavioral effects of low dose toxic chemical mixtures in real-life risk simulation (RLRS) in rats. *Food Chem. Toxicol.* 125, 141 – 149.  
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.12.043>.
- Tsatsakis, A., Tyshko, N.V., Docea, A.O., Shestakova, S.I., Sidorova, Y.S., Petrov, N.A., Zlatian, O., Mach, M., Hartung, T., Tutelyan, V.A., 2019b.



The effect of chronic vitamin deficiency and long term very low dose exposure to 6 pesticides mixture on neurological outcomes – A real-life risk simulation approach. *Toxicol. Lett.* 315, 96 – 106. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019.07.026>.

- Tsatsakis, A., Docea, A.O., Constantin, C., Calina, D., Zlatian, O., Nikolouzakis, T.K., Stivaktakis, P.D., Kalogeraki, A., Liesivuori, J., Tzanakakis, G., Neagu, M., 2019c. Genotoxic, cytotoxic, and cytopathological effects in rats exposed for 18 months to a mixture of 13 chemicals in doses below NOAEL levels. *Toxicol. Lett.* 316, 154 – 170. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019.09.004>.
- van Rongen, E., Croft, R., Juutilainen, J., Lagroye, I., Miyakoshi, J., Saunders, R., et al., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the human nervous system. *J. Toxicol. Environ. Health-Part B-Crit. Rev.* 12 (8), 572 – 597.
- Yakymenko, I., Tsybulin, O., Sidorik, E., Henshel, D., Kyrylenko, O., Kyrylenko, S., 2016. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn. Biol. Med.* 35 (2), 186 – 202.
- Zalyubovskaya, N.P., 1977. Biological Effects of Millimeter Radiowaves. *Vrachebnoye Delo*. No. 3. P. 57. <https://www.cia.gov/library/readingroom/docs/CIARDP88B01125R000300120005-6.pdf>.