

## Doba ustrahovanja

Erik Margan

### Ali tehnologija 5G res škoduje zdravju?

Prepričujejo nas, da živimo v informacijski dobi. Pa ugotavljamo, da smo v dezinformacijski dobi. Grozijo nam, da se bomo zaradi podnebnih sprememb scvrli. In da bo Ljubljana dobila morje. Pa smo aprila dobili sušo in pozebo. Vreme sicer ni klima, pa vendar. Eni pravijo, da bo umetna inteligenca rešila svet, drugi pa, da ga bo uničila. A niti dokaza za obstoj naravne inteligence ni. Vsakič ko odpremo računalnik dobimo dokaz o vprašljivi ravni inteligence pri računalniških programerjih. A tudi sicer dokazov o pomanjkanju inteligence ne manjka, vsakič ko odpremo naše tiskane ali elektronske medije: eni nam grozijo s totalitarizmom z leve, drugi s totalitarizmom z desne, obstaja pa tudi manjša skupina, ki zatrjuje, da nam gre slabo zato, ker imamo preveč demokracije. Se pa nikakor ne morem spomniti kdaj smo to v zadnjih 75 letih imeli preveč demokracije, pa tudi prej ne. In sedaj naj bi nas pokončal še virus, ta neznatna gruča beljakovin, ki nas izrablja le za svoje razmnoževanje. Res je, zadeva ni prijetna in tisti, ki niso imeli sreče, niso zgolj statistično mrtvi, so resnično 100% mrtvi. Na vse ostale pa bolj vpliva strah pred okužbo kot okužba sama. Posledice zapoznelih in zato pretirano strogih ukrepov za preprečevanje nadaljnega širjenja epidemije bomo čutili še leta in na vseh področjih, najbolj na finančnem zaradi dodatnega zadolževanja za ponovni zagon ekonomije, ki smo jo v paniki preveč zavrli. A kot da to ne bi bilo dovolj, nekaterim grozi še izguba delovnega mesta. Nekateri pa nas prepričujejo, da je za izbruh novega virusa kriva vpeljava komunikacijske tehnologije 5G na Kitajskem. Lahko bi rekli, da živimo v dobi ustrahovanja.

Tukaj želim spregovoriti o tej zadnji, precej razvpiti, a dejansko bolj namišljeni kot pravi nevarnosti. Gre za učinke elektromagnetnega sevanja nove, pete generacije komunikacijskih naprav, popularno poimenovane 5G. Delovanje teh naprav, v prvi vrsti mobilnih telefonov, kasneje pa tudi vseh drugih, bo potekalo pri višjih nosilnih frekvencah kot do sedaj, zaradi česar se že vrstijo opozorila o nevarnosti za zdravje, od glavobolov do raka. Sicer so se tovrstna opozorila pojavljala že prej in mediji so jih nekritično in z veseljem prenašali, ker pač slabe novice in opozarjanja na nevarnosti povečujejo prodajo. A sedaj, pred množično uvedbo tovrstnih tehnologij, pa se je sprožila intenzivna medijska kampanja proti nameravani uvedbi, ogromno je navadnega sejanja panike, pravih informacij pa je malo in pretežno so objavljene v strokovnih publikacijah (nazadnje v aprilski številki revije Monitor). Zato je nujno, da širši javnosti razgrnemo nekatera osnovna dejstva, o katerih ne slišimo pogosto, ki pa predstavijo to problematiko v povsem drugačni luči.



32

#### Mobilnik ne povzroča raka

Dolgotrajna uporaba prenosnih telefonov ne povečuje tveganja za nastanek rakavih možganskih tumorjev, ugotavlja največja tovrstna raziskava danskih znanstvenikov. Agencija za raziskave raka pri Svetovni zdravstveni organizaciji je maja letos ocenila, da uporaba prenosnih telefonov morda lahko povzroča raka. Vendar ugotovitve danske študije, v kateri so 18 let spremljali zdravstveno stanje več kot 350.000 uporabnikov prenosne telefonije, tega ne potrjujejo. Njeni rezultati namreč kažejo, da povezava med dolgotrajno uporabo prenosnega telefona – celo več kot 13 let – in rakavimi možganskimi tumorji ne obstaja. STA

Sl.1: Na internetu poteka obsežna negativna medijska kampanja; novice o študijah v katerih ugotavljajo neškodljivost RF sevanja običajno končajo na zadnjih straneh časopisov (Delo, 22.10.2011).

Beseda 'sevanje' pri marsikomu takoj priključuje v spomin jedrski eksploziji v Hirošimi in Nagasakiju leta 1945, pa potem še tri nesreče v jedrskih elektrarnah, Otok treh milj leta 1979, Černobil leta 1986, Fukušima leta 2011. Pri nekaterih pa se to razširi še na sevanje vseh električnih naprav, električne napeljave, daljnovodov, transformatorskih postaj, medicinskih preiskovalnih naprav, tal in tlakovcev, Sonca, pa tudi hrane. Ob tem pa velika večina ljudi nima nobene predstave koliko je tega sevanja, kje so varnostne meje, ali kakšni so učinki, kadar sploh so. To je posledica dejstva, da tudi mediji o tem govorijo zelo splošno kot o veliki nevarnosti, a večinoma brez podrobnejših navedb količin ali učinkov. Zato najprej nekaj besed o sevanju nasploh.

Če hočemo problematiko sevanja in njegovih učinkov razumeti, je potrebno najprej sevanje ločiti po učinku na ionizirajoče in neionizirajoče sevanje (v strokovni literaturi bomo našli tudi izraze ionizirno in neionizirno sevanje). Ionizirajoče sevanje ima zadosti visoko energijo, da lahko na snov (tudi biološko snov) učinkuje tako, da posameznemu atomu odtrga vsaj en elektron, v snovi pa tako ostane ion, torej atom, ki ni več električno nevtralen. S tem se kemična aktivnost tega atoma močno poveča, mnogo lažje vstopa v kemične reakcije s drugimi sosednimi atomi ali molekulami.

Kadar pa gre za biološko snov, ki je del živega organizma, ena sama taka sprememba ni usodna, in tudi nevarna ne, saj presnovni procesi v organizmu nenehno spreminjajo molekularne vezi, ene molekule razgrajujejo in iz njihovih delov sestavljajo druge, ki so organizmu bolj primerne, bodisi kot gradniki, kot energijska zaloga, ali pa kot signalne molekule s katerimi celice ali organi sporočajo drugim delom organizma kaj potrebujejo ali kako naj reagirajo. Težave lahko nastanejo ko je ionizacije veliko in nastaja velika količina ionov, ki lahko organizmu povzročajo škodo.

Škoda pa je lahko posebej velika kadar je prizadet dedni material v jedru celice. Sicer tudi v tem primeru dogodek ni nujno usoden, ker obstaja veliko procesov s katerimi celica popravi svoj dedni material. Le v primeru kadar se celica deli in se tudi dedni material razdvoji, če pride do poškodbe ko novonastala celica še ni uspela zgraditi zrcalne slike svojega dednega materiala in zato nima možnosti s primerjavo ugotoviti poškodbe, bo dedni material trajno spremenjen. A tudi to še ni usodno za organizem, saj kadar so prizadete pomembne funkcije celice, ta pač odmre in makrofagi njene ostanke predelajo v osnovne oblike, ki jih lahko izkoristijo druge celice. Ali pa, če celica le preživi in začne proizvajati proteine, ki niso značilni za ta organizem, druge sosedne celice to lahko ugotovijo in celico prisilijo v apoptozo, celični razpad. Le kadar je poškodba taka, da bistvene funkcije celice niso prizadete in spremenjena celica lahko naprej živi in se deli, se bo sprememba prenesla na naslednje generacije celic. V primeru, da je spremenjen kak gen, ki nadzoruje pogostost delitve celice, je to pogoj za razvoj tumorjev, ki pa so lahko benigni ali maligni.

Kot je iz tega kratkega prikaza razvidno, življenje sploh ni tako krhko in občutljivo, kakor se nam včasih zdi. Ima celo vrsto obrambnih in samo-obnovitvenih mehanizmov s katerimi se vzdržuje in je zato trdoživo. Če ne bi bilo tako, pa življenja verjetno sploh ne bi bilo. Statistično se na kilogram telesne teže v enem dnevu zgodi do deset milijonov genskih sprememb. Približno eno tretjino teh je mogoče pripisati naravnemu sevalnemu ozadju, tretjina je posledica delovanja različnih vrst virusov in bakterij, tretjina pa je posledica naključnih napak, ki nastajajo ob celični presnovi. Uspešno odpravljanje teh napak je bistvena lastnost vseh celic. Seveda pa s starostjo organizma mnoge življenjske funkcije opešajo in tudi zmožnost popraviljanja napak se prav tako zmanjša. Zato je pri starejših tudi večja verjetnost nastanka degenerativnih in rakavih obolenj.

Sevanje nadalje delimo na sevanje v obliki delcev in sevanje v obliki elektromagnetnega valovanja. V primeru delcev gre predvsem za posamezne elektrone, govorimo o sevanju beta, ter protone, nevtrone, ali delce alfa (ionizirana jedra helija, z dva protona in dva nevtrona). Elektromagnetno ionizirajoče sevanje po navadi imenujemo gama sevanje. Pri radioaktivnih snoveh, ki jih najdemo v naravi, se srečujemo pretežno z alfa, beta in gama sevanjem. Posamezne protone in nevtrone pa srečujemo predvsem v kozmičnem sevanju iz vesolja in v sončevem vetru (pretoku delcev, ki jih

Sonce izvrže ob močnih protuberancah, magnetnih nevihtah, ki divjajo na njegovem površju).

Alfa sevanje ni zelo prodorno, lahko ga ustavi že list papirja ali človeška koža. Večja škoda lahko nastane le, če radioaktivni material, ki razpada z alfa sevanjem vnesemo v telo, bodisi z dihanjem ali zaužitjem (spomnimo se pred leti razvpitega primera Ruskega agenta Litvinenka). Beta sevanje je prodornejše, prepreči pa ga lahko že tanjša kovinska plošča. Gama sevanje, ki je podobno Röntgenskemu sevanju, pa je zelo prodorno, ustavi ga lahko le debelejši betonski blok. Pri nižjih energijah pa zadostuje že debelejši stekleni zaslon z večjo vsebnostjo svinca, kot je to bilo nekoč v barvnih TV sprejemnikih in računalniških monitorjih s katodno cevjo, kjer je bilo potrebno preprečiti zavorno sevanje elektronov. Sevanju s posameznimi protoni smo najbolj izpostavljeni pri potovanju z letalom, vendar po prejeti dozi lahko nekaj potovanj z letalom na leto primerjamo z enim Röntgenskim zdravniškim pregledom. Sicer pa protoni v ozračju trkajo z molekulami zraka, zato izgubijo veliko energije preden pridejo od tal. Zelo prodorni so tudi nevtroni, ker nimajo naboja in zato do interakcije s snovjo lahko pride le ob trčenju s kakšnim atomskim jedrom, s tem pa jedro lahko postane radioaktivno in čez čas izseva enak ali kakšen drug delec. Verjetnost takih dogodkov je največja pri srednjih energijah nevtronov, pri nizkih in visokih pa je nekoliko manjša.

Prejete doze fizikalno izražamo v enotah energije na enoto mase telesa, ki je izpostavljeno sevanju. V metričnem sistemu so to Joule na kilogram (J/kg). Vendar biološki učinki fizikalne doze niso vedno enaki, odvisni so od vrste tkiva in vrste sevanja. Zato raje uporabljamo enoto Sievert (Sv), ki je sicer v osnovi enaka fizikalni enoti, vendar vsebuje še dodaten faktor, s katerim fizikalno dozo ustrezno obtežimo, da so potem tudi biološki učinki efektivnih doz med seboj primerljivi. Povprečna letna doza zaradi naravnega sevanja znaša eno tisočinko Sv, ali 1 mSv/leto. Za kategorije prebivalstva, ki so zaradi svoje profesionalne dejavnosti izpostavljeni sevanju, je varna meja 50 mSv/leto. Vendar pa enaka doza prejeta v krajšem času pomeni tudi sorazmerno večjo nevarnost. Za mejno dozo 1 Sv, prejeta v razmeroma kratkem času velja, da v 50% primerov povzroči smrt. Hkrati pa je to največja dovoljena skupna doza, ki jo lahko prejme astronaut v vsej svoji delovni dobi. Za primerjavo pa povejmo še, da ena banana predstavlja dozo okoli 60 nSv (60 milijardink Sv), kar je posledica prisotnosti radioizotopov kalija in ogljika,  $^{40}\text{K}$  in  $^{14}\text{C}$ , v majhnih koncentracijah povsod v naravi.

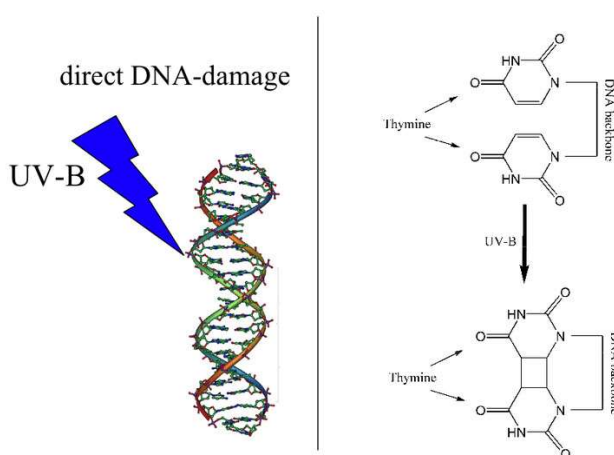
Za učinek sevanja v obliki delcev je običajno v uporabi tako imenovani linearni model brez spodnjega praga (angl. *linear, no threshold*, LNT), ki predpostavlja, da je biološka škoda pri nizkih dozah premo sorazmerna prejeti dozi. Zato je po nekaterih raziskavah verjetnost razvoja bolezni kot posledice sevanja treba jemati kumulativno, da torej gre za odvisnost od celotne prejete doze. Mnogi pa to spodbijajo in navajajo primere, v katerih je del populacije zaradi geoloških značilnosti tal nenehno izpostavljen bistveno večjim letnim dozam kot ostala populacija, pogostost obolenj v obeh skupinah pa je približno enaka (znan je primer Irske pokrajine Ramsar, kjer so prebivalci izpostavljeni sevanju radona, ki uhaja iz kraških tal, celo do 250 krat višjim dozam kot običajno). Na tem področju so očitno potrebne dodatne raziskave za boljše razumevanje zakaj do takih razlik prihaja.

Sedaj pa se posvetimo še elektromagnetnemu sevanju. Pri tej obliki sevanja pa omenjeni linearni model sploh ne velja, ker obstaja dokaj dobro določen prag pod katerim elektromagnetno valovanje ne more povzročiti biokemičnih sprememb molekularnih vezi, kar je sicer pogoj za nastanek raka. Ta prag znaša 4 eV (elektron-volt je energija, ki jo pridobi elektron pospešen s potencialom enega volta). Fiziki pogosto izražajo energijo v teh enotah, da se izognejo nerodnemu pisanju eksponentnih izrazov, a tukaj se, zaradi jasnosti razlage in potrebe po primerjavah, moramo v problematiko bolj poglobiti. Če želimo energijo 1 eV pretvoriti v Joule, moramo to pomnožiti z nabojem elektrona, kar znaša  $1,6 \times 10^{-19}$  As (amper-sekund). Torej je 1 eV enakovreden  $1,6 \times 10^{-19}$  VAs, pri čemur produkt volt-amper pomeni moč izraženo v enotah Watt,  $VA = W$ , produkt moči in časa pa je energija,  $Ws = J$ .

Potrebujemo še dve pomembni fizikalni relaciji, in sicer Planck-Einsteinovo relacijo za energijo fotona (ki je energijski kvant elektromagnetnega sevanja), ter relacijo med svetlobno hitrostjo,

frekvenco (število valov v sekundi) in valovno dolžino sevanja. Energija fotona je določena s produktom Planckove akcijske konstante  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  Js in frekvence valovanja, ki jo izražamo v enotah Hertz (Hz), to je število valov ki gre mimo v eni sekundi:  $E = hf$ . Elektromagnetno valovanje pa kot vemo potuje s svetlobno hitrostjo  $c \approx 3 \times 10^8$  m/s, kar je enako produktu frekvence  $f$  in valovne dolžine  $\lambda$ , torej  $c = f\lambda$ .

S temi izrazi lahko ugotovimo kolikšna je frekvenca in valovna dolžina elektromagnetnega valovanja, ki ustreza omenjenemu energijskemu pragu 4 eV, oziroma  $E = 6,4 \times 10^{-19}$  J. Frekvenco dobimo, če energijo v J delimo s Planckovo konstanto  $h$ , torej je  $f = E/h = 965 \times 10^{12}$  Hz. Temu pa ustreza valovna dolžina  $\lambda = c/f$ , ali  $310 \times 10^{-9}$  m, krajše 310 nm. To je v območju ultra-vijoličnega sevanja (UV). Učinek UV sevanja pa pozna vsakdo, ki se je kdaj predolgo sončil: koža se opeče, ter nato lušči. Na tovrstne poškodbe telo reagira s tvorbo kožnega pigmenta melanina, ki absorbira UV sevanje in zmanjšuje njegove učinke, koža pa zaradi tega porjavi. Če pa se sončimo za zastekljenim oknom, se nam koža ne bo luščila in tudi porjaveli ne bomo, ker steklo ni prozorno za UV sevanje.



Sl.2: Primer neposredne poškodbe molekule DNA (dednega materiala) pri obsevanju z UVB svetlobo. Dvojne vezi dveh sosednjih baz (timin) se ob sevanju lahko preoblikujeta in bazi povežeta med seboj. Energija fotona, ki je za to potrebna znaša okoli 4 eV.

Omenjene relacije lahko uporabimo za določanje energije sevanja mobilnih telefonov generacije 4G in bodoče 5G. Antene sedanjih mobilnih telefonov, ter obstoječe bazne postaje, sevajo v območju okoli 1 GHz (0,8–1,8 GHz), oziroma velikostnega reda  $10^9$  Hz. Temu ustrezajo valovne dolžine okoli 0,3 m, ali 30 cm. Pripadajoča energija fotonov pa je okoli  $6,6 \times 10^{-25}$  J. To pa je približno milijon krat manj, kot je najmanjša energija fotona, ki je potrebna za prej opisan minimalni biokemični učinek.

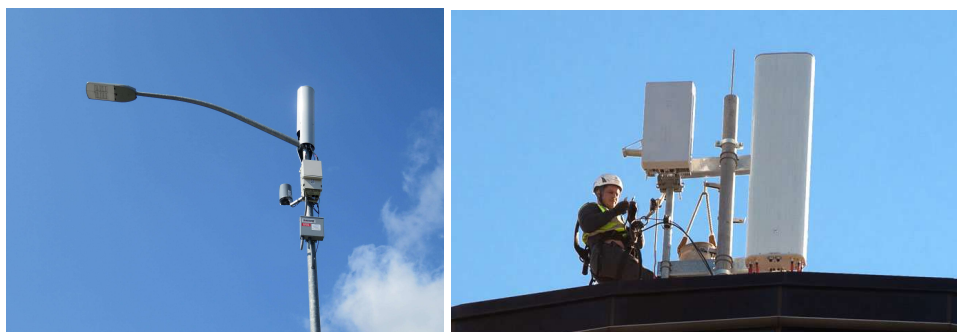
Naprave nove generacije 5G bodo predvidoma uporabljale frekvence v območju med 5 in 30 GHz, kar pomeni, da bo tudi v primeru najvišjih frekvenc energija še vedno okoli 30.000 krat nižja od tiste ki nam poškoduje kožo. To pomeni, da nam naprave 5G nikakor ne bodo mogle povzročiti raka, pa naj ob tem protestirajo vsi strokovnjaki vseh internetnih strani, ki nas s tem ustrahujejo.

Da ni nobene nevarnosti nam potrjuje tudi statistika: pred letom 1995 je število ljudi po vsem svetu, ki so bili profesionalno izpostavljeni elektromagnetnemu sevanju, bilo manjše od pol milijona. Po letu 1995 pa do danes se je število izpostavljenih povečalo na okoli 4 milijarde, ali približno za 10.000 krat. A povprečna obolevnost za rakom (vseh vrst) se je povečala le neznatno, pa še to gre pripisati močno izboljšani diagnostiki in zgodnejšemu odkrivanju bolezni.

Ali morda lahko pričakujemo kakšne druge učinke? Dosedanje izkušnje z radijskimi in TV oddajniki velikih moči, ali pa radarji in podobnimi napravami kažejo, da v bližini anten lahko pričakujemo termične učinke, torej vibracije in rotacije molekul. Vemo tudi, da z mikrovalovno pečico, ki tudi

seva v območju okoli 1 GHz, lahko skuhamo hrano, torej izpari kemično nevezana voda. Za to pa potrebujemo moči okoli 800 W. Vendar še tako močno sevanje pri teh frekvencah ne bo spremenilo niti ene same biokemične vezi.

V primerjavi z mikrovalovno pečico pa je mobilni telefon navadno žgečkanje, ali celo to ne, saj znaša njegovo sevanje le 0,5 W, pa še to le ob klicu; ko je zveza vzpostavljena, se moč samodejno zmanjša na minimalno potrebno vrednost, v povprečju okoli 0,15 do 0,2 W. Nekateri pravijo, da se jim ob daljšem telefoniranju ogreje uho. A če bi ga pokrili le z dlanjo, bi se uho ogrelo za 4-5°C bolj, kot če bi ga pokrili z delujočim telefonom.



Sl.3: Primera baznih postaj nove generacije. Pogosto jih bomo našli na stolpu javne razsvetljave. Verjetno pa bomo v prehodnem obdobju uporabljali vzporedno stare in nove sisteme.

Poznamo sicer primere starejših radijskih oddajnikov visoke moči, 100.000 W in več, ki so imeli ograjeno območje v okolici antene in nekateri delavci, ki so morali kaj opraviti v bližini takih delujočih anten so poročali o glavobolih in podobnih težavah, toda takih oddajnikov nikoli niso postavljali v bližini naselja, pa tudi sicer gre tu za ekstremno visoke moči. Kot vemo, moč izsevanega polja pada s kvadratom oddaljenosti od antene. Na oddaljenosti 100 m od antene dobimo 100 krat manjšo moč sevanja kot na oddaljenosti 10 m. In pri 1000 m bo ta padla že za faktor 10.000.

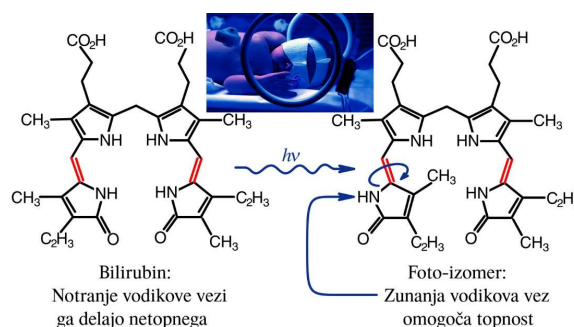
Poudariti je treba, da nekateri biološki procesi potekajo izdatneje ob aktiviranju s svetlobo, kar izkoriščamo v terapevtske namene. Poleg že omenjene proizvodnje melanina se z UV aktivira tudi proizvodnja vitamina D. S sevanjem v UVB območju zdravijo nekatere kožne bolezni (psoriaro, itd). Podobno pa z modro svetlobo (430 nm, ~3eV) obsevajo novorojenčke, ki po porodu dobijo zlatenico, namreč molekula bilirubina ima v notranjosti štiri vodikove vezi, od katerih vsaj ena ob aktivaciji z modro svetlobo izomerizira tako, da en atom vodika štrli izven molekule, kar naredi bilirubin topen v vodi in se tako hitreje izloča iz telesa. Z rdečo in infrardečo svetlobo (630–1250 nm, 2–1 eV) je mogoče pospešiti celjenje ran, pa tudi zdraviti nekatere druge bolezni, ker se tako bolj aktivirajo celični mitohondriji, da proizvajajo več adenzin-tri-fosfata (ATP), ki je ključna energijska in signalna molekula v številnih bioloških procesih. Toda taki procesi ne slonijo na neposredni aktivaciji molekul s svetlobo, do tega prihaja lahko le ob prisotnosti ustreznih foto-občutljivih encimov.

V primeru telefonov 5G pa bodo zaradi višjih frekvenc potrebne manjše oddaljenosti do baznih postaj kot doslej. Namreč že listje na drevesu zmanjša moč polja toliko, da povezava ni več mogoča, zato je nujna direktna vidljivost med antenami. A to pomeni, da potrebujemo gostejšo mrežo baznih postaj, zato bo tudi potrebna moč v anteni manjša, predvidoma 0,05 W in še manj. To bo po svoje koristno tudi za uporabnika, ker bodo baterije z enim polnjenjem trajale dalj časa.

Vseeno pa moramo poudariti nekatere nezaželene vidike novih tehnologij. Ena je možnost bolj natančnega sledenja gibanju lastnika mobilnega telefona, kar pomeni, da boste v bližini trgovine s čevlji dobili na svoj mobilnik reklamo za nove čevlje. Kar je za nekoga moteče, za nekoga pa koristno. To pa je stvar zakonodaje, o kateri se bo treba še dogovoriti. Zlorabe v smislu zasledovanja s strani državnih organov pa so mogoče že sedaj, varnostne službe nam lahko vklopijo in odčitavajo

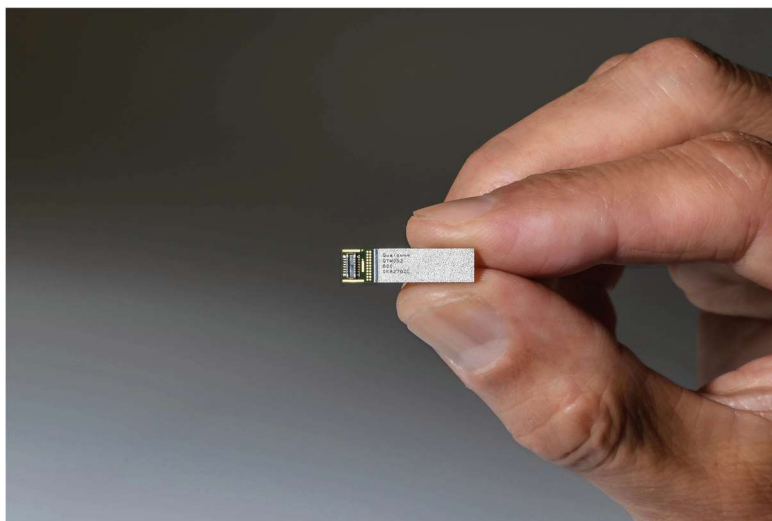


koordinate, ki jih daje naprava GPS; to pa lahko izklopimo le, če vzamemo baterijo iz telefona. Druga, verjetno hujša nevarnost, pa grozi denarnicam uporabnikov, saj bodo vpričo višje hitrosti prenosa podatkov te funkcije izrabljali pogosteje kot sedaj, zlasti v prvih mesecih po prehodu; razen če se bodo mobilni operaterji odpovedali delu dobička in znižali cene, kar pa je malo verjetno.



Sl.4: Zdravljenje bilirubinemije pri novorojenčkih z uporabo modre svetlobe.

Sklenemo torej lahko, da je skrb zaradi vpliva naprav 5G na zdravje neupravičena. Wikipedia pa navaja, da je Slovenija za zdaj edina država, ki je uvajanje tehnologije 5G začasno ustavila. Nekatere druge države so uvajanje upočasnile zaradi preprečitve dostopa Kitajski njihovem trgu mobilnih komunikacijskih storitev, torej ne gre za zdravstveno, pač pa za politično motiviran ukrep. Vendar dvomim, da bi pri nas to storili z namenom pridobivanja boljše pogajalske pozicije pri podelitvi koncesij za frekvenčna območja posameznim mobilnim operaterjem; bolj verjetno je, da gre za naše tradicionalno politično nezaupanje v tehnološki razvoj, kar je posledica pretežno družboslovne izobrazbe naše politične elite. Zaradi česar se naš zaostanek za razvitimi državami ne zmanjšuje.



Sl.5: Primer antenskega sklopa mobilnega telefona generacije 5G (Fujitsu).