

# Mikroklimatski pokazatelji u staji za mliječne krave s osvrtom na zagađenje elektrosmogom

---

Žužul, Slavko

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:178:281376>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-21**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Veterinary Medicine -  
Repository of PHD, master's thesis](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
VETERINARSKI FAKULTET

Slavko Žužul

**MIKROKLIMATSKI POKAZATELJI U STAJI ZA MLIJEČNE  
KRAVE S OSVRTOM NA ZAGAĐENJE  
ELEKTROSMOGOM**

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

**ZAVOD ZA HIGIJENU, PONAŠANJE I DOBROBIT ŽIVOTINJA  
ZAVOD ZA FIZIOLOGIJU I RADIOBIOLOGIJU**

**Predstojnici:** izv. prof. dr. sc. Kristina Matković  
prof. dr. sc. Suzana Milinković Tur

**Mentori:** izv. prof. dr. sc. Kristina Matković  
izv. prof. dr. sc. Marinko Vilić

**Članovi Povjerenstva za obranu diplomskog rada:**

1. prof. dr. sc. Željko Pavičić
2. izv. prof. dr. sc. Marinko Vilić
3. izv. prof. dr. sc. Kristina Matković
4. doc. dr. sc. Mario Ostović (zamjena)

*Na početku ovoga diplomskoga rada zahvaljujem svojim mentorima izv. prof. dr. sc. Kristini Matković i izv. prof. dr. sc. Marinku Viliću koji su svojim nesebičnim prenošenjem znanja i vještina, kao i znanstvenim i stručnim savjetovanjima pomogli u izradi ovoga rada. Njihovo iskustvo i znanje bili su mi dragocjeni u dolasku do novih spoznaja. Zahvaljujem i svom osoblju Veterinarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji su svojim predanim radom također doprinijeli mom diplomskom radu, ali i cjelokupnom studiranju.*

*Zahvaljujem i svojim kolegama koji su mi druženjima, učenjem i pomaganjem u stjecanju novih znanja na jedinstven način obilježili studentsko razdoblje, koje mnogi smatraju najljepšim dijelom života.*

*Na kraju posebna zahvala ide mojim roditeljima i obitelji. I oni su, što materijalno, što kroz moralnu podršku, ključan čimbenik koji me tijekom svih ovih godina gurao naprijed. Najveću zahvalnost iskazujem upravo svojim roditeljima, koji su uvijek bili uza me i pratili me u svim mojim usponima i padovima, vjerujući u mene i moj uspjeh.*

**Popis priloga**

Tablica 1. Temperaturno-vlažni indeks(THI).....	9
Tablica 2. Temeljna svojstva elektromagnetskih polja (neionizirajuće zračenje). ....	17
Slika 1. Farma mliječnih krava s vanjskom klimom Visoke Tatire – Slovačka .....	4
Slika 2. Farma mliječnih krava .....	10
Slika 3. Spektar elektromagnetskog zračenja.....	16
Slika4. Put prijenosa električne energije .....	18
Slika 5. Odašiljač Sv. Jure na Biokovu .....	20

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA .....	3
2.1. Općenito o mikroklimi.....	3
2.2. Termoregulacija.....	3
2.2.1. Radijacija .....	4
2.2.2. Kondukcija .....	5
2.2.3 Konvekcija .....	5
2.2.4. Evaporacija .....	5
2.3. Temperatura zraka .....	6
2.3.1. Termoneutralna zona .....	6
2.3.2. Termokomforna zona.....	6
2.3.3. Najniža kritična temperatura.....	7
2.3.4. Najviša kritična temperatura .....	7
2.4. Vlažnost zraka .....	7
2.5. Temperaturno – vlažni indeks .....	8
2.6. Strujanje zraka .....	9
2.7. Prozračivanje .....	10
2.8. Osvjetljenost.....	11
2.9. Buka.....	11
2.10. Zračna onečišćenja .....	11
2.10.1. Plinovita zračna onečišćenja .....	12
2.10.1.1. Amonijak.....	12
2.10.1.2. Ugljikov dioksid.....	12
2.10.2. Korpuskularna zračna onečišćenja .....	13
2.10.2.1. Prašina u zraku .....	13
2.10.2.2. Mikroorganizmi u zraku .....	13
2.11. Elektrosmog.....	14
2.11.1. Izvori neionizirajućeg zračenja .....	16
2.11.1.1. Električna postrojenja kao izvor elektromagnetskih polja.....	18
2.11.1.2. Prijevozna sredstva kao izvori elektromagnetskih polja.....	18
2.11.1.3. Električni kućanski aparati.....	19
2.11.1.4. Televizijski i radio odašiljači .....	19
2.11.1.5. Mobilne komunikacije .....	20
2.11.1.6. Bežične komunikacije – wireless.....	21

2.11.2. Poznati biološki učinci .....	21
2.11.3. Biološki učinci neionizirajućeg zračenja na mliječne krave .....	22
2.11.4. Zaštita od neionizirajućeg zračenja .....	22
3. RASPRAVA.....	24
4. ZAKLJUČCI.....	26
5. LITERATURA.....	27
6. SAŽETAK.....	34
7. <i>SUMMARY</i> .....	35
8. ŽIVOTOPIS .....	36

## 1. UVOD

Intenzivnim razvojem stočarske proizvodnje javlja se potreba da se životinjama osiguraju optimalni uvjeti okoliša u kojemu će one proizvoditi. Jedan od glavnih uvjeta okoliša su povoljni mikroklimatski pokazatelji u objektu gdje su smještene životinje. Mikroklimatske pokazatelje čine temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, brzina strujanja zraka, toplinsko zračenje, osvijetljenost, buka, provjetravanje, prašina, mikroorganizmi te štetni plinovi. Na navedene pokazatelje u velikoj mjeri utječu vanjske klimatske prilike pa ih treba promatrati zajednički (Gašić, 2014.).

Mikroklimatski pokazatelji, osim utjecaja na fiziološke funkcije, značajno utječu na dobrobit životinja. Najpoznatija definicija dobrobiti je da je to stanje u kojem se jedinka najbolje nosi sa svojim okolišem (Broom, 2006.).

Sa znanstvenog gledišta, životinja ima zadovoljavajuću dobrobit ukoliko je zdrava, ukoliko je smještaj udoban, dobro hranjena, sigurna, u mogućnosti ispoljavanja fiziološkog ponašanja, te da ne pati od boli, straha i patnje, to jest ako se poštuje pet temeljnih sloboda o dobrobiti životinja. Zbog toga se može reći da je dobrobit zadovoljena ako se životinja može dobro prilagoditi na uvjete okoliša tj. na omogućene uvjete, bez velikih poteškoća (Broom, 2006.). Osim toga, okoliš u kojem se uzgajaju farmske životinje ima bitan utjecaj na njihovo zdravlje. Tako su ambijentalni uvjeti u stajama za mliječne krave, posebice mikroklima, značajan zdravstveni, proizvodni i u konačnici ekonomski čimbenik proizvodnje mlijeka. Naime, nepovoljni okoliš pogoduje pojavi različitih bolesti krava te umanjuje proizvodnju i kvalitetu mlijeka, naročito higijensku (Matković i sur., 2006.).

Osim nepovoljnih mikroklimatskih prilika koje mogu štetno djelovati na zdravlje životinja zadnjih desetljeća provedena su različita istraživanja i objavljene razne studije o potencijalnim štetnim utjecajima neionizirajućeg zračenja na zdravlje ljudi te zdravlje i dobrobit životinja (Katalyse, 1994.; Loscher i Liburdy, 1998.; Hyland, 2000.). Izloženost ljudi i životinja izvorima neionizirajućeg zračenja zadnjih desetljeća se konstantno povećava, a glavni razlog tome je brz tehnološki razvoj. Naime, izvori navedenog zračenja su mnogobrojni i nalaze se svugdje oko ljudi, a samim tim i oko životinja. Najznačajniji izvori ovog zračenja su dalekovodi, bazne stanice, električna mreža, mobiteli, TV i radio antene te svi kućanski aparati koje pokreće električna energija. Glavni uzrok nastanka ovog zračenja su elektromagnetska polja koja nastaju prolaskom električne struje kroz vodič, a dijele se na elektromagnetska polja niske frekvencije i elektromagnetska polja visoke frekvencije. Zagađenje okoliša različitim oblicima neionizirajućeg zračenja u literaturi se još i naziva zagađenje elektrosmogom. Što se



tiče utjecaja elektrosмога na zdravlje životinja i njihove proizvodne sposobnosti, a posebice na mliječne krave postoje brojna istraživanja (Loscher i Kas, 1999.; Burchard i sur., 1999., 2003., 2007.; Burda i sur., 2009.; Hässig i sur., 2014.), ali s oprečnim rezultatima. Razlog tome je što su ova istraživanja veoma kompleksna jer treba isključiti sve ostale čimbenike koji bi mogli u bilo kojoj mjeri utjecati na proizvodna svojstva, primjerice hranidba i smještaj, da bi se moglo točno utvrditi uolikoj mjeri neionizirajuće zračenje tj. zagađenje elektrosmogom utječe na zdravlje i proizvodna svojstva životinja. Dosadašnja istraživanja koja uključuju mliječne krave najčešće su provedena na području Švicarske i Njemačke te u Sjevernoj Americi. U tim istraživanjima uglavnom se istraživao utjecaj visokonaponskih dalekovoda te TV i radio odašiljača na zdravlje i proizvodna svojstva mliječnih goveda koja borave u njihovoj neposrednoj blizini ili su izložena njihovim utjecajima praktički cijeli svoj životni i proizvodni vijek. Uglavnom su se promatrali pokazatelji vezani za reprodukciju i proizvodnju mlijeka, ali ima autora koji su uz to još pratili i promjene u ponašanju. Što se tiče Republike Hrvatske u literaturi nema podataka da su se ovakva ili slična istraživanja provodila na mliječnim kravama iako postoji veliki broj farmi koje su izložene utjecaju elektrosмога.

U ovom diplomskom radu biti će opisani mikroklimatski pokazatelji i njihov utjecaj na zdravlje mliječnih krava uz poseban osvrt na zagađenje različitim izvorima neionizirajućeg zračenja. tj. elektrosмога koje se javlja zadnjih desetljeća kao posljedica brzog tehnološkog razvoja.

## **2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA**

### **2.1. Općenito o mikroklimi**

Pod mikroklimom podrazumijevamo atmosferu u više ili manje zatvorenom stajskom prostoru koja je u izravnom odnosu s vanjskom atmosferom (makroklimom), pri čemu je utjecaj makroklimе na mikroklimu uvjetovan nizom čimbenika, primjerice konstrukcijom i načinom gradnje nastambe, načinom prozračivanja, vrstom i brojem životinja i dr. Mikroklima je zbroj svih vremenskih zbivanja užeg područja tj. mikrolokacije pa tako govorimo o mikroklimi staje, pašnjaka i sl. Osim toga, klimatski čimbenici svojim fizikalnim, kemijskim i mikrobiološkim osobinama utječu na životinjski organizam. Međutim, i same životinje u znatnoj mjeri utječu na okoliš u kojem se nalaze te je veoma važno održati ravnotežu između životinja i okoliša koji na njih djeluje, a posebno spriječiti negativan utjecaj ambijenta na životinje (Vučemilo i Tofant, 2009.).

### **2.2. Termoregulacija**

Mliječne krave su homeotermne životinje sa stalnom tjelesnom temperaturom od 38,5 °C. To znači da su sposobne održavati stalnu tjelesnu temperaturu bez obzira na temperaturu okoline, a gubitak i stvaranje topline su u ravnoteži. Do toplotnog udara može doći ukoliko organizam nije u stanju odbaciti povećanu nastalu toplinu bez obzira na uzrok koji je doveo do te pojave. U krava postoje četiri načina gubitka topline, a to su kondukcija, konvekcija, radijacija i evaporacija (Yousef, 1985.; Ewing i sur., 1999.) Općenito, mliječne krave bolje podnose niske nego visoke temperature okoliša. Optimalne temperature zraka za mliječne krave kreću se između 0 i 25 °C (Dejanović i sur., 2015.). Previsoke temperature remete termoregulaciju krava te kao posljedica toga može biti manja proizvodnja mlijeka. Osim toga, visoke temperature smanjuju apetit krava za 60 %, ali i povećavaju potrošnju vode. Pritom treba imati u vidu da nedostatan napajanje krava umanjuje količinu proizvedenog mlijeka. Naime, krave pri optimalnim temperaturama zraka za svaku litru proizvedenog mlijeka moraju imati na raspolaganju 4-5 litara vode. S druge strane, temperature niže od 20 °C povećavaju uzimanje hrane i za 20 %, ali utječu i na njeno slabije iskorištavanje (Uremović, 2004.). Ukoliko je temperatura niža ili viša, negoli bi trebala biti u termoneutralnoj zoni, životinje povećavaju ili smanjuju proizvodnju topline. Kada su gubici topline veći od proizvodnje to stanje može dovesti do hipotermije organizma te eventualno do smrti životinje. Obrnuto, kada je proizvodnja topline veća od gubitaka npr. velika vlažnost i visoka temperatura doći će do hipertermije. Dakle, ukoliko temperatura bude previsoka ili preniska određeni vremenski period može doći i do uginuća životinje (EFSA, 2009.).



**Slika 1. Farma mliječnih krava s vanjskom klimom Visoke Tatere – Slovačka**

(Izvor: vlastita fotografija)

U mliječnih krava kod toplinskog stresa oko 15 % endogene topline se izgubi preko respiratornog sustava (McDowell i sur., 1976.). Ostatak metaboličke topline mora biti prenesen na kožu gdje se odvodi radijacijom, konvekcijom, kondukcijom ili isparavanjem. Za krave koje stoje u toplom okolišu, računa se da se metabolizmom izgubi jedna trećina ukupnog toplinskog opterećenja (Finch, 1976.). Sposobnost životinja da ukloni metaboličku toplinu važna je za održavanje stalne tjelesne temperature (Gašić, 2014.).

### **2.2.1. Radijacija**

Radijacija je elektromagnetno strujanje energije koja se apsorbira na površini nekoga tijela. Sunčeva energija se upija na kožu krave ili s krave prema vanjskom okolišu tijekom noći (Mijić, 2013.). Radijacija ne ovisi o temperaturi zraka, već temperaturi površine tijela i o temperaturi ugrijanih površina u prostoriji primjerice zidova. Male promjene u temperaturi znatno utječu na intenzitet toplinskog zračenja (Vučemilo i Tofant, 2009.). Količina toplinskog zračenja koju apsorbira objekt ne ovisi samo o temperaturi objekta, nego ovisi i o njegovoj boji i teksturi. Iz toga se može zaključiti da će objekti s tamnim površinama zračiti i upijati više topline nego svijetli objekti pri istim temperaturama te se isto može primijeniti i na životinje. Radijacijski prijenos topline između tijela odvija se u oba smjera ako su tijela različitih temperatura, a neto prijenos topline ide iz toplijeg na hladnije tijelo (Esmay, 1969.). Životinje crne boje imaju apsorpciju od 1, bijele životinje 0,37, a crvene 0,65 (Cena i Monteith, 1975.).

Iz gore navedenih činjenica vidljivo je da je radijacija veoma značajan način prijenosa topline te da će prijenos toplinskog zračenja radijacijom uvelike ovisiti i o pasminskom sastavu unutar farme jer boja životinja značajno utječe na upijanje topline.

### **2.2.2. Kondukcija**

Kondukcija je najznačajniji proces prijenosa topline u krutim tijelima. Atomi ili molekule u krutom tijelu ne napuštaju svoje položaje, već vibriraju prenoseći toplinsku energiju s jednog atoma na drugi. Prenose toplinu iz područja više temperature u područje niže temperature, u svrhu izjednačavanja temperaturnih razlika. U prijenosu topline kondukcijom važna je površina koja priliježe uz pod. Pod je uvijek hladniji, a toplina se uvijek s toplijeg prenosi na hladnije mjesto, pa tako hladniji pod životinji uvijek oduzima više topline (Vučemilo i Tofant, 2009.). Kod mliječnih krava kondukcija se odvija između životinja i zraka. Protok topline kondukcijom ovisi o razlici temperature, vodljivosti ili otporu medija te o veličini dodirne površine (Schmidt-Nielsen, 1964.).

Za visoko mliječne krave veoma je važan opseg kondukcije koji ovisi o prirodi materijala s kojim im je koža u kontaktu te kolika je njegova toplinska provodljivost. Korištenjem stelje, koja ima sposobnost visoke kondukcije, može se olakšati hlađenje kravama, a shodno tome i ublažiti utjecaj toplinskog stresa (Gašić, 2014.).

### **2.2.3 Konvekcija**

Konvekcija ili provođenje topline je proces u kojem se toplina prenosi s jednog dijela fluida u drugi samim kretanjem fluida. Može biti prirodna ili prisilna. Kod prirodne konvekcije prenošenje topline je posljedica gravitacije. Toplina se prenosi kroz medij podizanjem zagrijanog fluida manje gustoće i tonjenjem hladnijeg i gušćeg fluida. Prisilna konvekcija je kad se topli fluid prenosi iz jednog dijela u drugi mehaničkim sredstvima primjerice pumpama, ventilatorima i miješalicama (Vučemilo i Tofant, 2009.).

U stajama prirodna konvekcija je posljedica strujanja zraka koje se odvija u svakom objektu, ali različitom brzinom. Osim toga, umjetna konvekcija na farmama mliječnih krava često se obavlja pomoću različitih ventilatora tijekom ljetnih mjeseci s ciljem da životinje mogu lakše izmjenjivati toplinu s okolišem i da se pritom proizvodnja mlijeka održi što višom.

### **2.2.4. Evaporacija**

Evaporacija ili isparavanje je pretvorba tekućine u paru na temperaturama ispod njezina vrelišta. Odvođenje topline isparavanjem vode s površine tijela odvija se na dva načina: nevidljivim isparavanjem (*perspiratio insensibilis*) i znojenjem. Brzina isparavanja ovisi o

temperaturi površine tijela, relativnoj vlazi prostorije i brzini strujanja zraka (Vučemilo i Tofant, 2009.).

Osim preko znoja evaporacija izdahnutim zrakom iz pluća ima značajnu ulogu u hlađenju organizma. Ukoliko je taj način izmjene topline onemogućen vrlo često može doći do toplotnog udara i/ili uginuća životinje. Glavni uzrok tome previsoka je relativna vlažnost i visoka temperatura zraka.

### **2.3. Temperatura zraka**

Temperatura zraka uz relativnu vlagu ima najveći utjecaj na zdravlje i proizvodna svojstva životinja. Oni ovise o vanjskoj temperaturi, proizvodnji topline, isparenoj vodi stvorenoj od strane životinja te o prozračivanju (Keck i Zaehner, 2004.). Optimalne temperature zraka za mliječne krave kreću se između 0 i 25 °C (Dejanović i sur., 2015.).

#### **2.3.1. Termoneutralna zona**

Termoneutralna zona se definira kao ona temperatura pri kojoj je proizvodnja topline u organizmu minimalna, a metabolički procesi u organizmu se optimalno odvijaju bez potrebe mijenjanja proizvodnje topline (Ewing i sur., 1999.). Za termoneutralnu zonu je karakteristično da ima svoje granice, a to su najniža kritična temperatura i najviša kritična temperatura. Raspon termoneutralne zone od najniže kritične temperature do najviše kritične temperature ovisi o vrsti, dobi, pasmini, unosu hrane, sastavu hrane, aklimatizaciji, proizvodnji, specifičnosti nastambi i klimatskim uvjetima, izolaciji tkiva (mast, koža), vanjska izolacija (dlaka) i ponašanju životinja (Yousef, 1985). Osim toga, McDowell i sur. (1976.) su zaključili da čak i mali pomaci od osnovne temperature imaju značajne učinke na tkivo i endokrine funkcije koji mogu smanjiti plodnost, rast, laktaciju i radnu sposobnost.

#### **2.3.2. Termokomforna zona**

Termokomforna zona se definira kao ona temperatura zraka pri kojoj se životinja osjeća ugodno te ulaže minimalne napore da održi homeotermiju promjenom ponašanja i promjenama u odvijanju metaboličkih funkcija, najčešće promjenama u frekvenciji disanja (EFSA, 2009.). Frekvencija disanja ovisi o vrsti životinje, dobi, težini, aktivnosti i hranidbi što je čini teškom za definirati pa zato uvijek postoje fiziološki rasponi. Za mliječne krave je karakteristično da se mogu prilagoditi širokom rasponu temperature te se smatra da im je zona udobnosti od 0 do 20 °C. Što se tiče proizvodnje mlijeka optimalna je temperatura između 0 i 15 °C (BVET, 2002.).

### **2.3.3. Najniža kritična temperatura**

Najniža kritična temperatura je ona temperatura okoliša pri kojoj životinja mora povećati proizvodnju topline i metaboličke procese da bi održala homeotermiju. Procesu vezani za očuvanje topline su periferna vazokonstrikcija, piloerekcija i promjene u ponašanju da se smanje gubici topline sa površine tijela (Ewing i sur., 1999.). Procjena najniže kritične temperature za krave koje proizvode 30 kg mlijeka dnevno je od -16 do -37 °C (Hamada, 1971.).

### **2.3.4. Najviša kritična temperatura**

Nema apsolutne definicije najviše kritične temperature (Webster, 1981.; McArthur, 1987.). Ona je definirana kao točka pri kojoj životinje moraju koristiti sve fiziološke mehanizme da zaustave povećanje tjelesne temperature i održe je u fiziološkim granicama. To se odvija pomoću različitih procesa u organizmu kao što su evaporacija, znojenje, vazodilatacija na perifernim dijelovima tijela te još uključuju gubitak topline s površine tijela konvekcijom, radijacijom, kondukcijom i promjenama u ponašanju (Ewing i sur., 1999.). Prema Cigru (2002.) najviša kritična temperatura se može definirati kao povećanje gubitka topline evaporacijom. Za mliječne krave gornja kritična temperatura je 25-26 °C bez obzira na aklimatizaciju ili njihovu proizvodnost (Berman i sur., 1985.). U slučaju visokih temperatura životinjama je potrebno reducirati hranidbu, osigurati zaklon od sunca, ukoliko se drže vani, te omogućiti slobodan pristup vodi – *ad libitum* (Albright, 2000.; Phillips, 2002.; Keck i Zaehner., 2004.).

## **2.4. Vlažnost zraka**

Uz temperaturu zraka vlažnost zraka je jedan od najvažnijih mikroklimatskih pokazatelja koji omogućuje da se kod životinja mogu normalno odvijati fiziološki procesi te proizvodnja i reprodukcija. Općenito, vlaga se definira kao sadržaj vodene pare u određenoj zapremini zraka pri određenoj temperaturi i tlaku zraka te se definira kao maksimalna, apsolutna i relativna vlaga zraka. Maksimalna vlaga je najveća količina vodene pare koju zrak može sadržavati kod određene temperature u jednom kubnom metru zraka te što je veća temperatura veća je i vlaga zraka. Izražava se u  $\text{g/m}^3$  zraka. Apsolutna vlaga je količina vodene pare koja se nalazi u jednom kubnom metru zraka u trenutku mjerenja pri danoj temperaturi i isto se izražava u  $\text{g/m}^3$  zraka. Relativna vlaga zraka je postotni omjer između apsolutne i maksimalne vlage zraka te se izražava u postocima % (Vučemilo i Tofant, 2009.). Relativnu vlažnost zraka najčešće koristimo prilikom procjene mikroklimatskih pokazatelja u stajama te je određujemo na jednostavan način pomoću različitih izvedbi higrometara u biozoni životinja. Prema Asaju (2003.) u biozoni životinja potrebno je osigurati relativnu vlažnost od 60 do 80 %. Osim toga,

bitno je naglasiti da na vlažnost zraka u objektu utječe isparavanje vode iz fecesa i mokraće te vlaga koja nastaje pri respiraciji i nedostatnom prozračivanju. U literaturi je navedeno da krava težine 500 kg stvara prosječno 400 ml vode tijekom jednog sata procesima respiracije i transpiracije (Pelzer, 1998.).

Uz gore sve navedeno treba imati na umu da visoka temperatura zraka i relativna vlažnost potiču rast bakterija kao što su *Staphilococcus aureus*, *Streptococcus uberis* i *Escherichiae coli* u objektu (Pelzer, 1998.; Mueller i Schlenker, 2003.).

## 2.5. Temperaturno – vlažni indeks

Temperaturno - vlažni indeks je jedan od načina pomoću kojeg se procjenjuju potrebe goveda za hlađenjem jer je opće poznato da se goveda bolje prilagođavaju hladnijim temperaturama nego vrućini. U literaturi se za njega još koristi izraz Weather Safety Index (Esmay i Dixon, 1986). Temperaturno-vlažni indeks razvio je Thom (1958.), a Berry i sur. (1964.) su ga prilagodili za goveda te se izračunava pomoću formule:

$$THI = (t_{ct} + 0.36 t_r) + 41.5$$

gdje je:

$t_{ct}$  - temperatura crnog tijela u °C

$t_r$  - temperatura rosišta u °C.

Vrijednosti dobivene ovim izrazom se razvrstavaju u različite razrede te se na taj način procjenjuje količina toplinskog stresa kojem su izložene životinje. U literaturi ne postoje točne granice za pojedine razrede zbog velike oscilacije u rezultatima između pojedinih autora, ali se vrijednosti kreću od 70 do 90 (Thom, 1959.; Armstrong, 1994.; Huhnke i sur., 2001.). Prema Kadzeru i sur. (2002.) ugodne vrijednosti temperaturno-vlažnog indeksa za mliječne krave su od 70 i niže, a vrijednosti od 75 i više smatraju se stresnima.

Osim toga, povećanje proizvodnje mlijeka povećava osjetljivost stoke na toplinski stres i smanjuje se temperaturni raspon pri kojem se počinje gubiti mlijeko (Berman, 2005.). Stoga su vrijednosti THI bitan pokazatelj pri procjeni mikroklimatskih uvjeta na farmama mliječnih goveda. Na teritoriju Hrvatske imamo veliku raznolikost temperaturno-vlažnih odnosa zbog geografskog položaja, ali i utjecaja kontinentalne, planinske i sredozemne klime, što bitno utječe na vrijednosti THI. Tako su Bouraoui i sur. (2002.) dokazali da se u sredozemnoj klimatskoj zoni proizvodnja mlijeka smanjuje za 0,41 kg dnevno po kravi za svaku jedinicu porasta temperaturno-vlažnog indeksa iznad 69.

**Tablica 1. Temperaturno-vlažni indeks (THI), (Konjačić, 2007.).**

Temperatura zraka °C	Relativna vlaga zraka (%)										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
24					70	71	72	73	74	75	<b>OPASNOST</b>
25	<b>UPOZORENJE</b>		70	71	72	73	74	75	76	77	
26		70	71	72	73	74	75	77	78	79	
27	70	71	72	73	75	76	77	78	80	81	
28	71	72	73	75	76	78	79	80	82	83	
29	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	
30	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86	
31	73	75	76	78	80	81	83	84	86	88	
32	74	76	78	79	81	83	85	87	88	90	
33	75	76	78	80	82	84	86	87	89	91	
34	76	78	80	81	83	85	87	88	90		
35	77	79	81	83	85	87	89	91			
36	78	80	82	84	86	88	91				
37	79	81	83	86	88	90					
38	79	82	84	86	88	91					
40	82	84	87	90	91						

## 2.6. Strujanje zraka

Strujanje zraka je prirodna pojava kretanja velikih zračnih masa u odnosu na površinu Zemlje zbog nejednakog pritiska tlaka zraka, a nazivamo je vjetrom. Uz to treba razlikovati turbulentno odnosno vrtložno i usmjereno strujanje zraka. Brzina strujanja zraka veća od 1 m/s je karakteristična za usmjereno strujanje, a brzina manja od 1 m/s karakterizira vrtložna strujanja te se ona najčešće javljaju u zatvorenim objektima prilikom prozračivanja (Vučemilo i Tofant, 2009.). Prozračivanje na životinje može imati pozitivan ali i negativan utjecaj te je zbog toga nužno znati brzinu strujanja zraka u objektu. Uz to strujanjem zraka se odvodi toplina, smanjuje vlažnost zraka u objektu, pospješuje termoregulacija životinja, dovodi se svježi zrak te se uklanjanju štetni plinovi nastali u objektu (TVT, 2006.). Navedene činjenice su veoma bitne za krave koje se drže na vezu te se ne mogu slobodno kretati po objektu (Pelzer, 1998.). Shodno tome brzina strujanja zraka može varirati od 0,2 m/s pa do 0,5 ili 0,6 m/s ovisno o godišnjem dobu odnosno o vanjskoj temperaturi zraka, a da se pritom ne stvara propuh i dodatno ne zagrijava objekt (Wathes, 1992.; Asaj, 2003.). Propuh se definira kao udar zraka koji zahvaća ograničene dijelove tijela (Hörning, 1993.).



## 2.7. Prozračivanje

Prozračivanje u prostoru za smještaj mliječnih krava uvelike ovisi o vrsti objekta u kojem su životinje nalaze. Danas se uglavnom mliječne krave drže u stajama s vanjskom klimom tkz. lauff štalama gdje se prozračivanje odvija na prirodan način zbog same konstrukcije objekta gdje zrak ulazi sa strane kroz postrane otvore, a izlazi kroz otvor na krovu. Taj način prozračivanja je puno učinkovitiji tijekom zimskih mjeseci nego u ljetnim mjesecima. Ukoliko su životinje u zatvorenom objektu tada se mora osigurati odgovarajuće prozračivanje. Iz navedenog je vidljivo kako je prozračivanje u objektu u kojem su smještene mliječne krave važan uvjet za zdravlje, proizvodnost i dobrobit životinja (Novak i sur., 2005.; Schuetz i sur., 2006.).

Poznato je da ukoliko se temperatura u staji povisi iznad 26 °C može doći do pada mliječnosti za 25 % i/ili više u Hollstein- Frizijskih krava (Bucklin i sur., 2000.).

Ukoliko prozračivanje nije odgovarajuće, u zatvorenim objektima mogu nastati loši mikroklimatski uvjeti, stvara se visoka vlažnost zraka, te uslijed nedostatne izmjene, njegova loša kvaliteta. Posljedično tome može se razviti veći broj patogenih mikroorganizama, doći do porasta koncentracije štetnih plinova koji u konačnici mogu negativno utjecati na zdravlje životinja. Uz sve navedeno, nedostatno prozračivanje utječe na slabljenje otpornosti organizma te se povećava sklonost nastanka mastitisa, respiratornih infekcija, a to sve u konačnici može rezultirati smanjenom proizvodnošću i plodnošću (Wathes, 1992.; FAWC, 2003.; Ostović i sur., 2008.).



**Slika 2. Farma mliječnih krava**

(Izvor: vlastita fotografija)

U skladu s postulatima dobrobiti idealno bi bilo kada bi se svakom grlu tijekom cijele godine osiguralo prozračivanje od 0,6 do 0,8 m<sup>3</sup>/h/kg u ljetnim mjesecima, a u zimskim se ta vrijednost smanjuje na 0,4 m<sup>3</sup>/h/kg (Asaj, 2003.).

## **2.8. Osvjetljenost**

Staje za smještaj mliječnih krava moraju biti odgovarajuće osvjetljene. To osvjetljenje može biti prirodno i/ili umjetno tamo gdje nema dovoljne prirodne svjetlosti. Prema nekim istraživanjima produljivanje faze dana na 16 sati svjetlosti povećava količinu mlijeka za 6-15 %, a junice postaju ranije spolno zrele, što je rezultat utjecaja umjetne svjetlosti na rad endokrinog sustava. Jakost osvjetljenja mora biti između 32 i 119 luksa da bi se osigurala dobrobit životinjama (Dejanović i sur., 2015.). Osim toga, prema Zakonu o zaštiti životinja (Narodne novine 135/2006.), u slučaju korištenja umjetnog osvjetljenja mora se odrediti vrijeme za odmor životinja kada one trebaju biti u mraku.

## **2.9. Buka**

Buka se definira kao neželjeni zvuk koji može imati štetan utjecaj na zdravlje životinja i ljudi. Dvije osnovne značajke buke su frekvencija i intenzitet. U stočarstvu se kod držanja životinja stvaraju različiti zvukovi koji mogu neželjeno djelovati na zdravlje i proizvodnost životinja, kao npr. rad ventilatora, uklanjanje gnoja, naglo otvaranje vrata, rad hranilica i dr. Osim unutarnjih štetnih zvukova na životinje mogu djelovati i utjecaji izvana kao što je udar groma, probijanje zvučnog zida i prometna sredstva. Buka kod životinja izaziva stres koji se manifestira nemirom, gubitkom apetita, probavnim poremećajima i ubrzanim radom srca (Vučemilo i Tofant, 2009.). Buka se mjeri pomoću bukomjera i izražava u decibelima (dB). Prema Papezu i Kicu (2015.) razina buke iznad 65 dB je stresna za mliječne krave, a razina iznad 85 dB može djelovati štetno na zdravlje i dobrobit mliječnih krava.

## **2.10. Zračna onečišćenja**

U svim objektima za držanje životinja pa tako i u stajama za držanje mliječnih krava razlikujemo dva osnovna tipa zračnih onečišćenja, a to su plinovita i korpuskularna zračna onečišćenja.

### **2.10.1. Plinovita zračna onečišćenja**

Za zdravlje i dobrobit svih životinja pa tako i mliječnih krava od plinovitih zračnih onečišćenja u stajama najznačajniji su amonijak, sumporovodik, ugljikov dioksid, ugljikov monoksid i metan. Uz to metan i dušikov monoksid imaju štetan utjecaj i na okoliš (Jungbluth i sur., 1997.; Pelzer 1998.).

#### **2.10.1.1. Amonijak**

Amonijak je plin koji nastaje biokemijskom razgradnjom organske tvari iz fecesa i urina koja sadrži dušik pod utjecajem bakterija te pri pH većem od 7,0. To je bezbojan plin, lakši od zraka, toksičan i specifična oštra mirisa (Vučemilo i Tofant, 2009.). Osim toga, amonijak je topljiv u vodi, visoko putuje u atmosferu i može se taložiti u oborinama (Hultgren, 2004.). Poznato je da se koncentracija amonijaka povećava u prenapučenim objektima uz neprikladno prozračivanje i visoku temperaturu (Oldenburg, 1989.; Hartung i sur., 1994.; Ni i sur., 1999.). Uz to amonijak može uzrokovati respiratorne infekcije jer nadražuje i uzrokuje paralizu cilija gornjeg dišnog sustava te povećava rizik od respiratornih bolesti (Heinrichs i sur., 1994; Tvt, 2006.). Istraživanja su dokazala da je koncentracija do 10 ppm-a prihvatljiva, a da koncentracije više od te uzrokuju zdravstvene poteškoće (Scientific veterinary committee, 1997.). Ove činjenice su posebno bitne za staje u kojima se životinje drže na vezu, a objekti su izgrađeni na način da nemaju odgovarajuće prozračivanje.

Uz sve navedeno poznato je da mukoza sluznice donjih dišnih putova može apsorbirati amonijak u većoj koncentraciji. Posljedično tome, mogu nastati upale mukoze sluznice uz podložnost nastanku infekcija. Kao posljedica upale doći će do nastanka citokina i proteina akutne faze upale koje secerniraju stanice oštećene sluznice. Uz to, amonijak potiče stvaranje citokina u alveolarnim makrofazima i neutrofilima uzrokujući upalni odgovor koji može dovesti i do respiratorne disfunkcije (Murata i Horino, 1999.). U literaturi postoje različiti podatci o maksimalnoj dopuštenoj koncentraciji amonijaka u zraku staja pa neki autori preporučuju gornju granicu od 25 do 50 ppm-a, dok drugi preporučuju granicu od 10 ppm-a u biozoni životinja (Ostović i sur., 2008.; Vučemilo i Tofant, 2009.).

#### **2.10.1.2. Ugljikov dioksid**

Ugljikov dioksid je plin bez boje i mirisa koji je 1,5 puta teži od zraka. U prirodi se javlja kao proizvod sagorijevanja i oksidacije organskih tvari, disanja ljudi i životinja te razgradnje organske tvari u procesima fermentacije uz prisustvo mikroorganizama. Njegova koncentracija u stajama ovisi o građevinsko-tehničkim karakteristikama staje, vrsti i broju životinja u staji te o sustavima za prozračivanje i uklanjanje gnoja. Njegovo prisustvo u većim

količinama smatra se pokazateljem loših mikroklimatskih uvjeta u staji (Vučemilo i Tofant, 2009.). Osim toga, na koncentraciju ugljikovog dioksida u staji djeluje i vanjska temperatura (Simensen, 1981.). Prevelika koncentracija CO<sub>2</sub> u staji djeluje na kardiovaskularni i respiratorni sustav krava te time uzrokuje smanjenu proizvodnju mlijeka (Sabuncuoglu i sur., 2007.). Maksimalna dopuštena koncentracija ugljikovog dioksida u stajama za mliječne krave je 3000 ppm-a (Ostović i sur., 2008.).

### **2.10.2. Korpuskularna zračna onečišćenja**

Korpuskularna zračna onečišćenja u stajama za mliječne krave čine prašina i mikroorganizmi. Njihova koncentracija uvelike ovise o građevinsko-tehničkim karakteristikama staje, broju i veličini životinja u staji, o sustavima za izgnojavanje u staji te načinu prozračivanja.

#### **2.10.2.1. Prašina u zraku**

Poznato je da u stajama za držanje životinja zrak može biti onečišćen prašinom u tolikoj mjeri da predstavlja opasnost za zdravlje životinja. Osim toga, porijeklo i sastav prašine može uvelike varirati kao i sama veličina čestica. Stoga se prašina koja je u biti aerosol može razvrstati po veličini čestica koje djeluju na respiratorni sustav u tri skupine. Pritom je bitno naglasiti činjenicu da što je veličina čestica manja one dublje prodiru u dišni sustav. Po veličini čestica prašina se dijeli na ukupnu ili inhalatornu prašinu čija je veličina čestica od 0 do 100 µm. U ovom rasponu se nalaze još torakalna i respiratorna prašina čije su veličine do 30 µm za torakalnu i 8,5 µm za respiratornu. Količina prašine u staji se može odrediti pomoću pumpe za uzorkovanje prašine, a rezultat se izražava u mg/m<sup>3</sup> zraka (Vučemilo i Tofant, 2009.).

#### **2.10.2.2. Mikroorganizmi u zraku**

Poznato je da se u stajskom zraku može naći veći ili manji broj mikroorganizama. Osim gljivica i saprofita koji su najčešći nalaz povremeno se mogu naći i različiti patogeni mikroorganizmi. Svi mikroorganizmi u zraku su vezani ili za čestice prašine koje lebde ili za kapljice vode te na taj način posebice patogeni organizmi mogu ući u organizam i izazvati bolest. Osim toga, prisustvo mikroorganizama u zraku uvelike otežava pripremu i skladištenje namirnica animalnog porijekla (Vučemilo i Tofant, 2009.).

Zrak u staji najčešće se uzorkuje izlaganjem Petrijeve zdjelice s određenom hranjivom podlogom 1 minutu u 3 nivoa, a to su strop, biozona i pod. Ta se Petrijeva zdjelica inkubira u termostatu 24 sata pri 37 °C te se još dodatno inkubira 24 sata na sobnoj temperaturi. Nakon

toga se izbroji broj kolonija koji se uvrsti u određeni matematički izraz te se rezultat izrazi u cfu/m<sup>2</sup>/min. Prema nekim istraživanjima broj bakterija i gljivica u zraku staje ovisi o godišnjem dobu, načinu držanja životinja, ali i o dobu dana kada se uzorci uzimaju pa broj bakterija u zraku varira od 2,82x10<sup>4</sup> cfu/m<sup>3</sup> zraka u podne do 7,76 x10<sup>4</sup> cfu/m<sup>3</sup> navečer (Matković i sur., 2006., 2007., 2009.; Žužul i sur., 2015.).

## 2.11. Elektrosmog

Elektrosmog je zajednički naziv za sve umjetne izvore neionizirajućeg zračenja frekvencije od 0 Hz do 300 GHz (SAEFL, 2005.). No, prema Zakonu o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (Narodne novine 91/2010.), neionizirajuća zračenja su elektromagnetska polja i elektromagnetski valovi frekvencije niže od 3.000.000 GHz ili ultrazvuk frekvencije niže od 500 MHz koji u međudjelovanju s tvarima ne stvaraju ione. Osim navedenog Zakona u Republici Hrvatskoj donesen je također i Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (Narodne novine 146/2014.) koji detaljno propisuje granične razine elektromagnetskih polja, postupke njihovog provjeravanja te uvjete za dobivanje ovlasti za obavljanje tih postupaka, kao i posebne zahtjeve za uređaje, postrojenja i građevine koje su izvori elektromagnetskih polja ili sadrže izvore elektromagnetskih polja.

Oba normativna akta u svojim prvim člancima opisuju i tumače značenje nekih pojmova bitnih za područje neionizirajućeg zračenja. Tako primjerice pojmovi u smislu Zakona i Pravilnika, a bitni za navedenu tematiku, imaju sljedeće značenje:

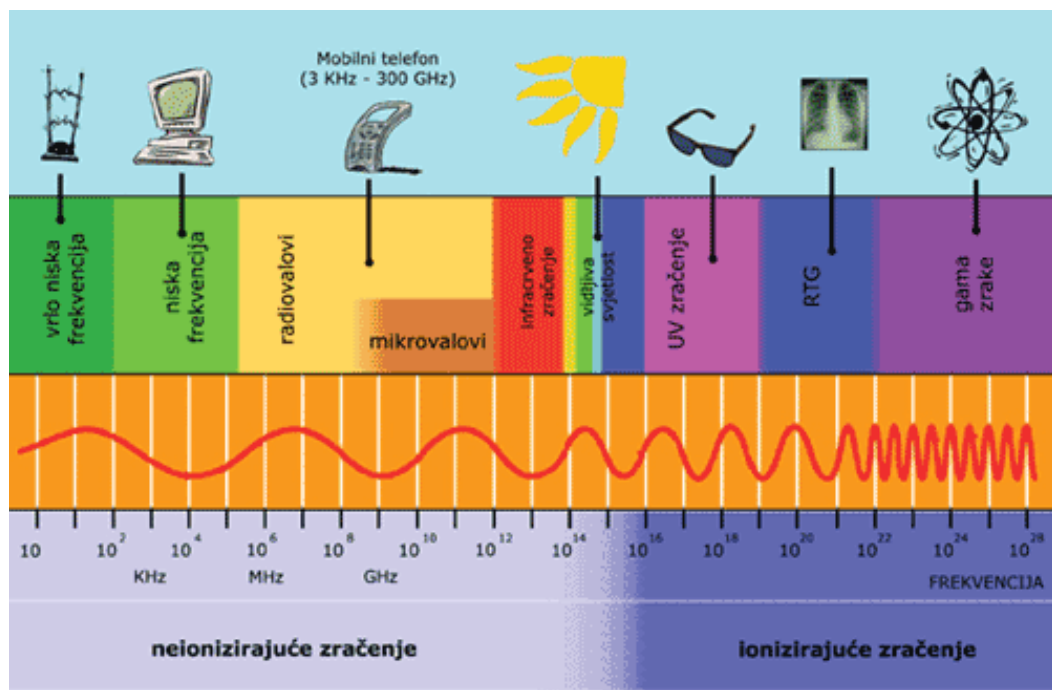
- *neionizirajuće zračenje* jesu elektromagnetska polja i elektromagnetski valovi frekvencije niže od 3.000.000 GHz ili ultrazvuk frekvencije niže od 500 MHz koji u međudjelovanju s tvarima ne stvaraju ione
- *elektromagnetski val* jesu titraji međusobno povezanih električnog i magnetskog polja koji se šire prostorom
- *frekvencija* jest broj titraja u jednoj sekundi, a izražava se jedinicom herc (Hz),
- *izvor neionizirajućeg zračenja* jest svaki uređaj koji proizvodi jednu ili više vrsta neionizirajućeg zračenja,
- *elektromagnetska polja* jesu vremenski promjenjiva električna i magnetska polja frekvencije do 300 GHz
- *temeljne veličine* - veličine koje se izravno povezuju uz do sada potvrđene zdravstvene učinke elektromagnetskih polja i na koje se postavljaju temeljna ograničenja.
- *referentne veličine* jesu mjerljive veličine čijim nadzorom se posredno osigurava zadovoljenje temeljnih ograničenja.

- *izvor niskofrekvencijskog elektromagnetskog polja* jest svaki objekt elektroenergetskog sustava (kao npr. elektrana transformatorska stanica, elektroenergetski vod, rasklopno postrojenje) nazivnog napona većeg od 1 kV, element ili postrojenje električne vuče ili bilo koji drugi uređaj, sustav ili objekt koji svoj rad temelji na stvaranju elektromagnetskog polja frekvencije do uključivo 100 kHz.
- *elektroenergetski vod* jest nadzemni vod ili podzemni kabel za prijenos ili distribuciju električne energije napona većeg od 1 kV odnosno vod nižeg napona ako njime protječe struja od najmanje 1500A. Elektroenergetski vod je veza između dva postrojenja iste naponske razine. Pojedini izvod iz napojne trafostanice cijelom duljinom, sve do kraja svoje naponske razine uključivši sve priključene odcjepe razmatra se kao jedinstveni izvor elektromagnetskog polja.
- *izvor visokofrekvencijskog elektromagnetskog polja* jest uređaj ili objekt koji stvara elektromagnetsko polje frekvencije od 100 kHz do uključivo 300 GHz. Visokofrekvencijskim izvorom ne smatra se uređaj predviđen za usmjerenu nepokretnu mikrovalnu vezu, satelitsku vezu, te sve nepokretne radijske postaje efektivne izračene snage manje od 6 W, koje na istom mjestu odašilju manje od 800 sati godišnje, kao i nepokretne amaterske radijske postaje efektivne izračene snage manje od 100 W.
- *nepokretni izvor* jest izvor elektromagnetskog polja koji ima određeno stalno mjesto djelovanja. U nepokretne izvore ne ubrajaju se ugradbeni kućanski aparati (kao što je npr. mikrovalna pećnica i sl.).
- *javna područja* jesu sva mjesta u urbanim i ruralnim sredinama na koja nije ograničen slobodan pristup općoj populaciji, a nisu u području povećane osjetljivosti odnosno profesionalne izloženosti.
- *područja povećane osjetljivosti* jesu zgrade stambene i poslovne namjene, škole, ustanove predškolskog odgoja, rodilišta, bolnice, domovi za starije i nemoćne, smještajni turistički objekti te dječja igrališta. Pod područjem povećane osjetljivosti podrazumijevaju se i neizgrađene površine namijenjene (prema urbanističkom planu) za gore navedene objekte.
- *područja profesionalne izloženosti* jesu područja u kojima radnik, koji obavlja poslove vezane za izvore elektromagnetskih polja može biti izložen elektromagnetskim poljima 40 sati tjedno pri čemu je radnik upoznat s mogućnošću izlaganja, a njegova izloženost elektromagnetskim poljima je kontrolirana.

Zaštita od potvrđenih štetnih zdravstvenih učinaka zahtijeva da temeljna ograničenja nisu prekoračena. Ovisno o frekvenciji, fizikalne veličine na koje se postavljaju temeljna ograničenja su: a) unutarnje (inducirano) električno polje, b) specifična gustoća apsorbirane snage, c) specifična gustoća apsorbirane energije te d) gustoća snage.

Referentne veličine koje se najčešće koriste u praksi a očitavaju pri mjerenju različitih instrumenata su: a) gustoća snage (S) a to je omjer snage i površine okomite na smjer širenja elektromagnetskog vala, a izražava se u vatima po metru kvadratnom ( $W/m^2$ ), b) jakost električnog polja (E) u određenoj točki prostora definira se silom na jedinični električni naboj u toj točki a izražava se u voltima po metru (V/m). Osim gore dviju mjerljivih fizikalnih veličina kao temeljna izračunata veličina u praksi se najčešće koristi specifična gustoća apsorbirane snage (SAR) mjera brzine apsorbiranja energije po jedinici mase biološkog tkiva, a izražava se u vatima po kilogramu ( $W/kg$ ).

### 2.11.1. Izvori neionizirajućeg zračenja



Slika 3. Spektar elektromagnetskog zračenja

(Izvor: <http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/cavar/EMzracenje.htm>)

Izvori neionizirajućeg zračenja danas su u širokoj upotrebi diljem svijeta, a podijeljeni su na prirodne i umjetne. Prirodnim izvorima neionizirajućeg zračenja, a podrijetlom od sunca, zemlje te pražnjenja gromova i munja, čovjek i životinje su stalno izloženi. S obzirom na frekvenciju razlikujemo neionizirajuće zračenje niske frekvencije i neionizirajuće zračenje visoke frekvencije te infracrveno zračenje, vidljivu zračenje tj. svjetlost i ultraljubičasto zračenje.

Najznačajniji izvori neionizirajućeg zračenja niske frekvencije su električna i magnetska polja ispod električnih vodova pruga, visokonaponskih dalekovoda te mnogobrojni električni

kućanski aparata. Primjerice, frekvencija u električnom polju ispod električnih vodova na pruzi iznosi 16,7 Hz.

Neionizirajuća zračenja visoke frekvencije su ona zračenja koja ima frekvenciju veću od 30 000 Hz. Najznačajnija primjena ovog zračenja je u bežičnoj komunikaciji u prijenosu informacija a koriste se ih TV i radio odašiljači, mikrovalovi, radari te mobilna komunikacija.

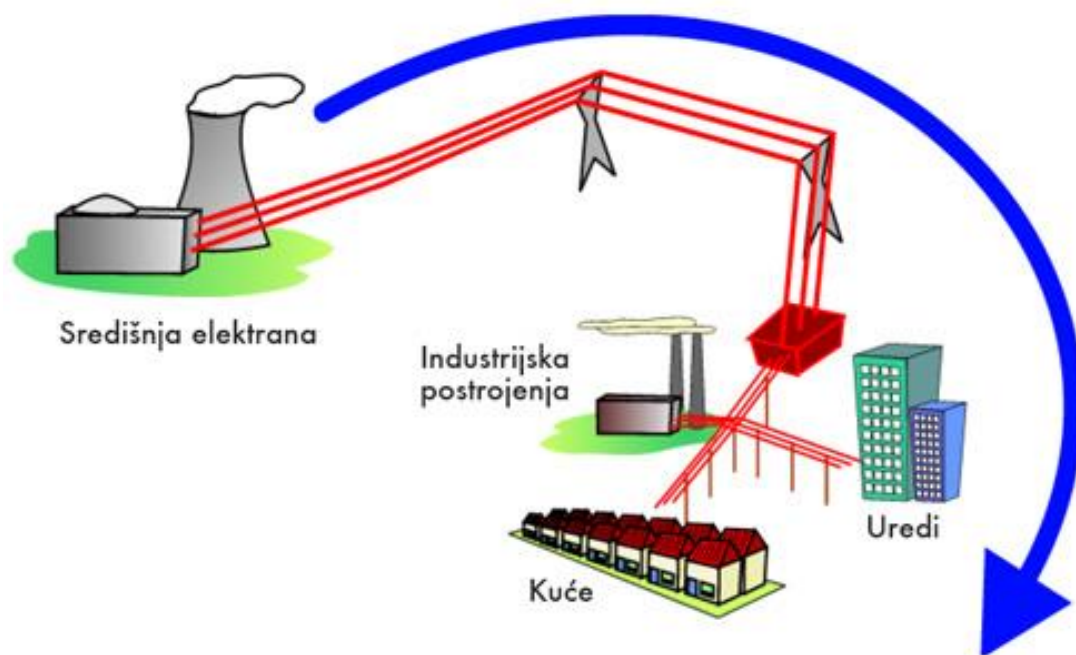
**Tablica 2. Temeljna svojstva elektromagnetskih polja (neionizirajuće zračenje) (prema Mileusinu, 2006.).**

Frekvencija	Valna dužina	Opis polja	Oznaka	Izvori
<b>0 Hz</b>		Statična polja		Zemljino magnetsko polje istosmjerno napajanje
<b>50 Hz</b>	6 000 km 1 000 km	Krajnje niske frekvencije	ELF	Elektroprivredna i industrijska postrojenja
<b>3 kHz</b>	100 km	Tonske (govorne) frekvencije	VF	Indukcijski grijači
<b>30 kHz</b>	10 km	Vrlo niske frekvencije	VLF	Televizori, monitori, računala
<b>300 kHz</b>	1 km	Niske frekvencije	LF	Radiostanice srednji val
<b>3 MHz</b>	100 m	Srednje frekvencije	MF	Indukcijska grijanja
<b>30 MHz</b>	10 m	Visoke frekvencije	HF	VF zavarivanje
<b>300 MHz</b>	1 m	Vrlo visoke frekvencije	VHF	Radiostanice UKV
<b>3 GHz</b>	10 cm	Ultra visoke frekvencije	UHF	Mobiteli, televizijski odašiljači, mikrovalne pećnice
<b>30 GHz</b>	1 cm	Super visoke frekvencije	SHF	Radari, satelitske veze, mikrovalne komunikacije
<b>300 GHz</b>	1 mm	Ekstra visoke frekvencije	EHF	Usmjerene veze



### 2.11.1.1. Električna postrojenja kao izvor elektromagnetskih polja

Postrojenja koja proizvode, distribuiraju te koriste električnu energiju proizvode električna i magnetska polja. Ova polja ovise o naponu i jakosti struje te udaljenosti od izvora. Najveća jakost navedenih polja je u blizini trafostanica i visokonaponskih dalekovoda (SAEFL, 2005.). Ljudi i životinje su izloženi magnetskim poljima, mrežne frekvencije od 50Hz, putem sljedećih izvora, i to: a) dalekovodi visokog napona, b) mjesni sustavi distribucije električne energije i c) niskonaponske mreže i električnih uređaja (Mileusin, 2006.). Zbog sve veće automatizacije i primjene suvremenih električnih uređaja u intenzivnoj stočarkoj proizvodnji nisu niti farmske životinje izolirane od djelovanja elektromagnetskih polja.



**Slika4. Put prijenosa električne energije**

(Izvor:[http://www.fer.unizg.hr/zvne/znanost/research\\_labs/sglab](http://www.fer.unizg.hr/zvne/znanost/research_labs/sglab))

### 2.11.1.2. Prijevozna sredstva kao izvori elektromagnetskih polja

Od prijevoznih sredstava koji stvaraju elektromagnetska polja najraširenije su željeznice. Značajno je spomenuti da elektromotori vlakova i vodovi iznad pruge stvaraju

promjenljiva električna i magnetskih polja. Osim kod vlakova elektromagnetska polja se javljaju u trolejbusima i tramvajima prilikom vožnje. Gustoća magnetskog toka na razini poda tih prijevoznih sredstava može biti vrlo visoka od 2 mT do 3 mT pri čemu gornji dijelovi tijela mogu biti izloženi gustoći magnetskog toka do 30  $\mu$ T (Mileusin, 2006.). Zanimljivo je spomenuti da su elektromagnetska polja dokazana i kod osobnih automobila. Kod njih nastanak ovih polja je posljedica rada različitih električnih komponenti unutar automobila te je najveća izloženost vozača koji je sjedi neposredno ispred komandne ploče. Na suvozačevom mjestu također je visok utjecaj elektromagnetskih polja dok je na stražnjem sjedištu taj utjecaj značajno niži. Stoga zamjena javnog prijevoza sa vožnjom osobnim automobilom neće nikoga zaštititi od utjecaja elektromagnetskih polja (SAEFL, 2005.).

### **2.11.1.3. Električni kućanski aparati**

Većina ljudi, ali i životinja, osim vanjskim izvorima neionizirajućeg zračenja izloženi su dodatno i elektromagnetskim poljima električnih kućanskih aparata. Zbog toga je nužno posvetiti pažnju i tim izvorima neionizirajućeg zračenja tj. elektrosmoga. Tako primjerice najznačajniji izvori elektrosmoga u kućanstvu su niskofrekventna električna i magnetska polja koja nastaju uz električne instalacije, kutije s osiguračima i utičnice, rasvjetna tijela, kućanske aparate te visokofrekventna polja kao posljedica uporabe mobilnih telefona i bežične komunikacije. Jakost pozadinskog magnetskog polja u kućanstvu koje je spojeno na električnu mrežu kreće se od 0,02 do 0,04  $\mu$ T. Jakost tog polja značajno se povećava upotrebom kućanskih aparata koji proizvode toplinu kao što je štednjak, bojler, sušilo za kosu i perilica za rublje. Osim navedenih uređaja koji proizvode toplinu, uređaji koji imaju elektromotore, uređaji koji u sebi imaju transformatore ili stvaraju elektromagnetska polja prilikom svoga rada značajno povećavaju količinu elektrosmoga u kućanstvu. To su najčešće televizori, halogene žarulje, radio, bušilice, usisavači i mikseri (SAEFL, 2005.). Od svih navedenih uređaja najznačajniji izvor elektromagnetskog zračenja su mikrovalne pećnice i sušilo za kosu. Međutim, treba naglasiti da jakost polja opada s udaljenosti od izvora. Pa tako primjerice jakost magnetskog polja na površini sušila za kosu kada je uključeno iznosi 100  $\mu$ T, a dok je na udaljenosti od 30 cm jakost polja od 0,01 do 7  $\mu$ T.

### **2.11.1.4. Televizijski i radio odašiljači**

Poznato je da se radio valovi dijele u dvije osnovne grupe s obzirom na koji način prenose informacije. To su signali s amplitudnom modulacijom (AM) i druga vrsta s frekvencijskom modulacijom (FM). Signali s amplitudnom modulacijom (dugi, srednji i kratki val) koriste se za prijenos informacija na velike i srednje daljine, a signali s frekvencijskom

modulacijom (ultra kratki val) samo za uže mjesno područje, ali s mnogo boljom kvalitetom zvuka. Osim toga, antene frekventno moduliranih radio valova (FM) kao i televizijskih odašiljača te repetitora mnogo su manje nego antene AM valova i smještene su na stupove metalne konstrukcije, visoke nekoliko desetaka do stotinjak metara. Frekvencije radiovalova su u području od 1 MHz do 300 MHz, a za televiziju se koriste frekvencije i do 1 GHz. Za ta područja, kao mjera za jačinu izloženosti ne koristi se gustoća magnetskog toka, već je to gustoća toka snage elektromagnetskog vala, za koju se koristi jedinica  $W/m^2$ . Prosječna gustoća toka snage, kojoj je izložena široka populacija u području od 10 do 400 MHz iznosi oko  $0,1 W/m^2$ , a dopuštena vrijednost za to područje iznosi  $2 W/m^2$  (Mileusin, 2006.). Uz gore sve navedeno poznato je da se radio i televizijski odašiljači postavljaju na vrhove planina ili na izdignuta područja van naseljenih mjesta da bi se zaštitilo pučanstvo primjerice odašiljač Sv. Jure – Biokovo ili toranj Sljeme – Medvednica. Osim gore opisanih odašiljača u pojedinim mjestima su postavljeni odašiljači unutar samog mjesta te su oni manje snage i uglavnom služe za emitiranje radio i televizijskog programa.



**Slika 5. Odašiljač Sv. Jure na Biokovu**

(Izvor: <http://biokovo.blogspot.hr/2007/12/biokovo-vrh-sveti-jure-televizijski.html>)

#### **2.11.1.5. Mobilne komunikacije**

Zadnjih par desetljeća došlo je do ubrzanog razvoja mobilnih komunikacija, a samim tim i do brojnih pitanja o potencijalnoj štetnosti uporabe mobilnih telefona i štetnosti baznih stanica. Pod pojmom mobilni telefoni smatraju se mikrovalni uređaji malih snaga koji primaju i odašilju signale od/do baznih stanica, relativno jakih snaga. Danas je u upotrebi analogni sustav koji se naglo zamjenjuje digitalnim sustavom, a većina mobilnih telefona radi pri

frekvencijama između 800 MHz do 2 GHz. Izlazna snaga suvremenih mobilnih telefona je niža od 1 W, a limitirana je kapacitetom baterije.

#### **2.11.1.6. Bežične komunikacije – wireless**

Osim izvora neionizirajućeg zračenja kao što su električni vodovi, uređaji, Tv i radio odašiljači te mobiteli unutar zatvorenih prostorija, gdje borave ljudi i životinje, uvelike se povećao broj uređaja koji koriste bežičnu tehnologiju za prijenos različitih informacija. Primjerice takvi uređaji se koriste kod povezivanja računala pri prijenosu podataka, upravljanju različitim sustavima (grijanje, osvjetljenje, ventilacija itd.). Jedan od takvih sustava je poznat pod nazivom Bežična lokalna mreža (WLAN, engl. Wireless local area network) i Bluetooth. WLAN-a radi na frekvenciji od 2,4 GHz ili 5,2 GHz do 5,7 GHz, dok Bluetooth koristi 79 različitih frekvencijskih kanala pri frekvenciji oko 2,4 GHz-a (SAEFL, 2005.).

#### **2.11.2. Poznati biološki učinci**

Kad govorimo o biološkim učincima neionizirajućeg zračenja potrebno je istaknuti da oni do danas nisu u potpunosti poznati, a osobito nije poznata njihova uloga u onkogenezi. Pa tako i danas na temelju rezultata mnogih epidemioloških istraživanja te istraživanja na životinjama i staničnim kulturama postoje mnoge kontroverze. No, unatoč tome Svjetska zdravstvena organizacija je zaključila da neionizirajuće radiofrekvencijsko zračenje unutar preporučenih vrijednosti ne utječe na ljudsko zdravlje (ICNIRP, 1998.; Ahlbom i sur. 2001.). Osim gore navedenog bitno je naglasiti da nisu zabilježeni jednaki učinci neionizirajućeg zračenja niskih frekvencija i visokih frekvencija. Što se tiče neionizirajućeg zračenja niskih frekvencija zabilježeno je da izloženost organizma elektromagnetskim poljima jakosti većoj od 10 000  $\mu\text{T}$  može uzrokovati poremećaje u živčanom i mišićnom sustavu, a izloženost elektromagnetskim poljima jačim od 100 000  $\mu\text{T}$  može uzrokovati fibrilaciju atrijske (SAEFL, 2005.). Za elektromagnetska polja visoke frekvencije karakteristično da u organizmu uzrokuje povećanje temperature. Ako se temperatura u organizmu poveća za 1 ili 2 °C nakon izlaganja zračenju dolazi do značajnih metaboličkih poremećaja, a koji onda predstavljaju rizik za zdravlje. S druge pak strane, uz toplinski učinak poznat je i ne-toplinski učinak neionizirajućeg zračenja. Simptomi netoplinskog učinka očituje promjenama moždane aktivnosti, poremećajem u spavanju te s povećanom osjetljivosti koja se manifestira kao kroničnom premorenošću, glavoboljom, boli u srcu, gubitkom koncentracije te zujanjem u ušima (SAEFL, 2005.; Mileusin, 2006.; Roosli, 2008.). Uz gore opisane zdravstvene poremećaje bitno je naglasiti da su trudnice i ljudi koji imaju neku vrstu medicinskog implanata posebno ugrožena populacija (EP, 2004.).

### **2.11.3. Biološki učinci neionizirajućeg zračenja na mliječne krave**

Budući da su mliječne krave zbog svojih visoko-proizvodnih svojstava vrlo osjetljive životinje na mnogobrojne čimbenike okoliša bile su i predmet istraživanja učinaka elektrosмога na proizvodnju mlijeka. Pa tako već osamdesetih godina prošlog stoljeća se istraživao utjecaj visokonaponskih dalekovoda na proizvodna svojstva krava koje se nalaze u njihovoj neposrednoj blizini. Međutim, danas prevladavaju istraživanja, iako oskudna, utjecaja radio-frekvencijskog zračenja iz područja mobilnih komunikacija kao i njihovih baznih stanica. Tako su primjerice, Burda i sur. (2009.) istraživali utjecaj neionizirajućeg zračenja na položaj tijela tijekom ispaše krava. Oni su naime utvrdili statistički značajnu promjenu u orijentaciji i položaju tijela. Naime, poznato je da krave i još neke vrste životinja tijekom paše postavljaju smjer tijela paralelno s zemljinim magnetskim polom koji se pruža u smjeru sjever-jug. Nadalje, Loscher i Kas (1999.) su istraživali utjecaj TV i radio odašiljača na ponašanje mliječnih krava koje se nalaze u njihovoj blizini. Navedeni autori su utvrdili da elektromagnetsko polje od navedenih odašiljača uzrokuje promjenu ponašanja životinja. Osim promatranja ponašanja Hässig i sur. (2014.) su istraživali utjecaj neionizirajućeg zračenja baznih stanica mobilnih komunikacija na oksidacijski stres. Tim istraživanjem pokazali su da je aktivnost glutation peroksidaze (GSH-PX) značajno povećana prije i tijekom izlaganja neionizirajućem zračenju, a aktivnost superoksid dismutaze (SOD) u istom intervalu značajno je snižena. Uz to, aktivnost katalaze je prije i tijekom izlaganja bila blago povećana da bi se poslije izlaganja značajno smanjila.

### **2.11.4. Zaštita od neionizirajućeg zračenja**

Temeljna dva zakonska akta koja određuje regulativu vezanu uz zaštitu od neionizirajućeg zračenja odnosno elektrosмога u Republici Hrvatskoj su Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (Narodne novine 91/2010.) i Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (Narodne novine 146/2014.). Osim nacionalne regulative koja je na snazi u Hrvatskoj postoje i međunarodni akti i preporuke koje određuju mjere zaštite od neionizirajućeg zračenja donesene od međunarodnih organizacija kao što su Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), Međunarodno vijeće za zaštitu od neionizirajućeg zračenja (ICNIRP) te Međunarodno udruženje za istraživanje tumora (IARC). Pa tako zanimljivo je spomenuti načelo razboritog izbjegavanja elektromagnetskih polja te načelo opreznosti. Pod načelom razboritog

izbjegavanja podrazumijeva se poduzimanje jednostavnih prihvatljivih mjera u svrhu smanjenja izloženosti. Primjerice, u razborito izbjegavanje možemo uvrstiti pomicanje električnog sata ili radio-aparata dalje od kreveta (Chadwick i Sienkiewicz, 1998.).

Na temelju spomenutih načela pojedine zemlje su regulirale zaštitu od elektromagnetskih polja. Slovenija i Republika Hrvatska uvažavajući smjernice ICNIRP-a, ali uz istodobnu primjenu načela opreznosti smanjile su dopuštene granične vrijednosti za izloženu populaciju. Tako primjerice, granična vrijednost jakosti el. polja u Republici Hrvatskoj iznosi 16,5 V/m, a dok je a preporuka ICNIRP-a 40 V/m.

### 3. RASPRAVA

U svakoj gospodarski razvijenoj zemlji osnovu stočarske proizvodnje čini proizvodnja mlijeka. Mliječne krave su visoko proizvodne životinje koje imaju genetsku predispoziciju za visoku proizvodnju mlijeka uz istodobno smanjenu otpornost organizma. Stoga im je nužno osigurati optimalne mikroklimatske uvjete koji su propisani za tu vrstu i kategoriju životinja tijekom cijele godine da bi se održala proizvodnost i spriječilo eventualno izbijanje nekih uvjetnih zaraznih bolesti. Ispunjavanjem propisanih mikroklimatskih i drugih uvjeta zadovoljit će se, također, i pet temeljnih sloboda vezanih za dobrobit životinja. Od mikroklimatskih pokazatelja za visoko-proizvodna svojstva vrlo su bitni temperatura i vlaga zraka te koncentracija štetnih plinova u staji. Naime, poznato je da navedeni pokazatelji značajno utječu na nastanak bolesti koje za posljedicu imaju veće ekonomske gubitke. Osim klasičnih mikroklimatskih pokazatelja koje se uobičajeno mjere i analiziraju, na zdravlje i proizvodnost mliječnih krava, mogu djelovati i drugi čimbenici iz okoliša poput elektrosмога. Prema ITU (2016.) (International Telecommunication Union) trenutno je u svijetu u uporabi više od 7 milijardi mobitela što itekako povećava količinu elektrosмога u okolišu. O utjecaju elektrosмога na zdravlje i proizvodna svojstva životinja, a osobito na farmske životinje, vrlo je malo podataka. Od pokazatelja koji su se pratili prilikom istraživanja učinka elektrosмога na proizvodne svojstva mliječnih krava su mliječnost, trajanje međuestrusnog i međutelidbenog razdoblja te promjene u ponašanju. Primjerice, učinak neionizirajućeg zračenja na proizvodna svojstva mliječnih krava proučavao je Burchard i sur. (1999., 2003., 2007.). U ovim istraživanjima autori su utvrdili da neionizirajuće zračenje povećava razinu Mg u krvnoj plazmi krava odnosno povećana razinu Ca i P, a smanjuje razinu Fe i Mn u cerebrospinalnoj tekućini. Isti autori također su utvrdili da se mliječnost te količina mliječne masti u mlijeku negravidnih krava smanjuje nakon izlaganja neionizirajućem zračenju, a suha tvar u mlijeku povećava. U zadnjem svom istraživanju autori su pokazali da izlaganje zračenju kroz četiri tjedna povećava tjelesnu masu i prirast, a smanjuje aktivnost prolaktina i inzulinu sličan faktor rasta 1 (IGF-1).

Osim oskudnih istraživanja učinaka neionizirajućeg zračenja na proizvodna svojstva i neke fiziološke pokazatelje u mliječnih krava danas je značajno veći broj istraživanja usmjeren na dokazivanje učinaka neionizirajućeg zračenja na zdravlje ljudi. No, rezultati tih studija, iako mnogobrojnih, su dosta oprečni. U prosjeku 60% rezultata ne potvrđuju štetni utjecaj elektromagnetskih polja po zdravlje ljudi dok preostalih 40% rezultata dokazuju štetne učinke (Redlarski i sur., 2015.), koji mogu završiti i nastankom malignih tumora (WHO, 2011.). U konačnici, zbog još nerazjašnjenih konačnih učinaka elektrosмога, kako na zdravlje ljudi tako

i na zdravlje i proizvodnost životinja, neizbježno je nastaviti istraživanja u tom području, a mjerenje elektrosmoga treba uvrstiti kao obvezatni pokazatelj pri određivanju mikroklimatskih pokazatelja. To bi zasigurno unijelo više svjetla u razjašnjenje nejasnoća pri pojavi većih proizvodnih gubitaka, a dok su istovremeno neregistrirane promjene drugih mikroklimatskih pokazatelja.



#### **4. ZAKLJUČCI**

1. Na temelju pregleda literature utvrđeno je postojanje jasno definiranih vrijednosti mikroklimatskih pokazatelja, isključujući pri tome iznos vrijednosti za elektrosmog.
2. Nedovoljno su poznati učinci elektrosmoga te vrijednosti mjerljivih veličina na zdravlje i proizvodna svojstva mliječnih krava.
3. Preporuka uključivanja mjerenja elektrosmoga pri određivanju mikroklimatskih pokazatelja kao jednog od uobičajenih čimbenika pri prosuđivanju dobrobiti životinja.

## 5. LITERATURA

1. Ahlbom, A., E. Cardis, A. Green, M. Linet, D. Savitz, A. Swerdlow (2001.): Review of the epidemiological literature on Emf and health. *Environ. Health. Persp.*, 109., 6., 911.-933.
2. Albright, J. L. (2000.): Dairy cattle behaviour, facilities, handling and husbandry. In: *Livestock handling and transport*. Grandin T (eds.). 2nd edition, CAB International, 127.- 150.
3. Anonymus, (2006.): Zakon o zaštiti životinja (Narodne novine 135/2006.)
4. Anonymus, (2010.): Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (Narodne novine 091/2010).
5. Anonymus, (2014.): Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (Narodne novine 146/2014).
6. Armstrong, D. V. (1994.): Heat stress interactions with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77., 2044.-2050.
7. Asaj, A. (2003.): Higijena na farmi i u okolišu, Medicinska naklada, Zagreb, str. 81.-93., 139.-142.
8. Berman, A. J. (2005.): Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.* 83., 1377.-1384.
9. Berman, A., Y. M. Folman, M. Kaim, Z. Mamen, D. Herz, A. Wolfenson, Y. Graber (1985.): Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a tropical climate. *J. Dairy. Sci.* 68., 488.–495.
10. Berry I. L, M. D. Shanklin, H. D. Johnson (1964.): Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. *Trans. Am. Soc. Ag. Eng.* 7., 329.-331.
11. Bouraoui, R., M. Lahmar, A. Majdoub, M. Djemali, R. Belyea (2002.): The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res.* 51., 479.-491.
12. Broom, D. M. (2006.): Behaviour and welfare in relation to pathology. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 97., 71.-83.
13. Bucklin, R., D. Bray, J. Shearer (2000.): Beating the heat. Cattle produce more milk when kept cool. *Resource, Engineering and Technology for a Sustainable World.* 7., 11.-12.

14. Burchard, J. F., D. H. Nguyen, E. Block (1999.): Macro and Trace Element Concentrations in Blood Plasma and Cerebrospinal Fluid of Dairy Cows Exposed to Electric and Magnetic Fields. *Bioelectromagnetics*. 20., 358.–364.
15. Burchard, J. F., H. Monardes, D. H. Nguyen (2003.): Effect of 10 kV, 30 mT, 60 Hz Electric and Magnetic Fields on Milk Production and Feed Intake in Nonpregnant Dairy Cattle. *Bioelectromagnetics*. 24., 557.-563.
16. Burchard, J. F., D. H. Nguyen, H. G. Monardes (2007.): Exposure of Pregnant Dairy Heifer to Magnetic Fields at 60 Hz and 30 mT. *Bioelectromagnetics* 28., 471.-476.
17. Burdaa, H., S. Begalla, J. Červený, J. Neefa, P. Nemeč (2009.): Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *PNAS*. vol. 106., no. 14., 5708.–5713.
18. BVET- Bundesamt für Veterinärwesen der Schweiz (2002.): Stallklimawerte und ihre Messung in der Nutztierhaltungen. *Tierschutz*.
19. Cena, K., K. Monteith (1975.): Transfer processes in animal coats. 1. Radiative transfer. *Proc. R. Soc. Lond. B*. 188., 377.
20. Chadwick, P., Z. Sienkiewicz (1998.): *Electromagnetic fields*, World Health Organization, Regional Office for Europe.
21. CIGR (The International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering) (2002.): *Climatization of Animal Houses, Heat and moisture production at animal and house levels*. Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, P.O Box 536, DK-8700 Horsens, Denmark.
22. Dejanović, J., M. Ostović, Ž. Pavičić, K. Matković (2015.): Utjecaj smještaja na ponašanje, dobrobiti zdravlje mliječnih krava. *Vet. Stn.* 46., 27.-37.
23. EFSA (European Food Safety Authority) (2009.): Scientific report of EFSA prepared by the Animal Health and Animal Welfare Unit on the effects of farming systems on dairy cow welfare and disease. Annex to the EFSA Journal 1143., 1.-7.
24. EP & EC (The European Parliament and the Council) (2004.): Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). *Official Journal of the European Union*. 30.04.04.
25. Esmay, M. L. (1969.): *Principles of Animal Environment*. AVI, Westport, CT.

26. Esmay, M. L., J. E. Dixon (1986.): Environmental control for agricultural buildings. The AVI Publishing Company, Connecticut.
27. Ewing, S. A., D. C. Lay, J. R. E. von Borell (1999.): Farm animal well-being- Stress Physiology, Animal Behavior, and Enviromental Design. Prenticen Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA. Pp. 27.-77.
28. FAWC (Farm Animal Welfare Council) (2003.): Report on the welfare of dairy cattle.
29. Finch, V. A. (1976.): An assessment of the energy budget of Boran cattle. *J. Therm. Biol.* 1., 143.-148.
30. Gašić, K. (2014.): Istraživanje mikroklimatskih značajki na mliječnoj farmi, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Diplomski rad.
31. Hamada, T. (1971.): Estimation of lower critical temperatures for dry and lactating dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 54., 1704.-1705.
32. Hartung, J. (1994.): Environment and animal health. In: *Livestock Housing*. Wathes CM, Charles DR (eds.). CAB International, Wallingford, 25.-48.
33. Hässig M, M. Wullschleger, H. P. Naegeli, J. Kupper, B. Spiess, N. Kuster, M. Capstick, M. Murbach (2014.): Influence of non ionizing radiation of base stations on the activity of redox proteins in bovines. *Bmc. Vet. Res.* 10., 136.
34. Heinrichs, A. J., D. P. Ross, N. T. Place (1994.): The effects of housing and environment on health of dairy calves. In: *Dairy systems for the 21st century*. Bucklin, R. (eds.): Proc. 3rd Int. Dairy Housing Conf. Orlando, Fl. USA, 2-5 febr. 1994. 775.-780.
35. Hörning, B. (1993.): *Artgemäße Schweinhaltung*, Verlag C.F. Muller Karlsruhe, pp. 23. - 142.
36. Hultgren, J. (2004.): Farm-level measures to reduce ammonia emission from tied dairy cattle compatible with improved animal health and productivity. In: *Animal production in Europe: The way forward in a changing world*. In-between congress of the ISAH, Proc. 1., 63.-64.
37. Hunhke, R. L., L. C. McCowan, L. C. Meraz, S. L. Harp, M. E. Payton (2001.): Determining the frequency and duration of elevated temperature-humidity index. ASAE. Annual International Meeting, Sacramento, CA. Am. Soc. Agric. Biol. Eng., St. Joseph, MI.
38. Hyland, G. J., (2000.): Physics and biology of mobile telephony. *Lancet.* 356., 1833.-1836.

39. IARC (The International Agency for Research on Cancer) (2001.): Non-Ionizing Radiation, Part 1., Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Volume 80., Lyon, June, 19.-26.
40. ICNIRP (The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (1998.): Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz).
41. ITU (The International Telecommunication Union) (2016.): Key ICT indicators for developed and developing countries and the world (totals and penetration rates).
42. Jungbluth, T., G. Brose, E. Hartung (1997.): Ammonia and greenhouse gas emissions from dairy barns. American Society of Agricultural Engineers. Paper No. 974127., ASAE Annual International Meeting, Minneapolis, Minnesota.
43. Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove, E. Maltz (2002.): Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest. Prod. Sci.* 77., 59.-91.
44. Katalyse, E. V. (1994.): *Elektrosmog Gesundheitsrisiken Grenzwerte, Verbraucherschutz.* Heidelberg, Verlag. C.F. Muller.
45. Keck, M., M. Zahner (2004.): Minimalställe für Milchkühe bewahren sich: Empfehlungen für die Planung und den Betrieb. FAT Report No. 620., Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tanikon ART.
46. Konjačić, M. (2007.): Utjecaj toplinskog stresa na mliječne krave. *Mljekarski list*, 43., 2.-4.
47. Löscher, W., G. Kas (1998.): Conspicuous behavioural abnormalities in a dairy cow herd near TV and Radio transmitting antenna. *Prakt. Tierarz.* 79., 437.-444.
48. Löscher, W., R. P. Liburdy (1998.): Animal and cellular studies on carcinogenic effects of low frequency (50-60Hz) magnetic fields. *Mutation Res.* In press.
49. Matković, K., M. Vučemilo, B. Vinković, B. Šeol, Ž. Pavičić, A. Tofant, S. Matković (2006.): Effect of microclimate on bacterial count and airborne emission from dairy barns on the environment. *Ann. Agric. Environ. Med.* 13., 349.-354.
50. Matković, K., M. Vučemilo, B. Vinković, Ž. Pavičić, S. Matković (2006): Mikroorganizmi u zraku staje kao mogući postsekretorni zagađivači mlijeka. *Mljekarstvo.* 56., 369.-377.
51. Matković, K., M. Vučemilo, B. Vinković, B. Šeol, Ž. Pavičić, S. Matković (2007.): Qualitative structure of airborne bacteria and fungi in dairy barn and nearby environment. *Czech. J. Anim. Sci.* 52., 249.-253.

52. Matković, K., M. Vučemilo, B. Vinković, Ž. Pavičić, S. Matković, M. Benić (2009.): Airbone fungi in a dairy barn with emphasis on microclimate and emissions. *Vet. arhiv.* 79., 207.-218.
53. McArthur, A.J. (1987.): Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model. *J. Theor. Biol.* 126., 203.–238.
54. McDowell, R.E., Hooven, N.W., J.K. Camoens (1976.): Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation. *J. Dairy Sci.* 59., 965.–973.
55. Mijić, P. (2013.): Microclimate parameters on the cattle farms and some technological solutions for elimination of their harmful influence. 10th International Symposium Modern Trend sin Livestock Production. Beograd, Srbija. 37. – 47.
56. Mileusnić, E. (2006.): Izloženost ljudi elektromagnetskim poljima, *Energija*, god. 55. br. 5., str. 550. – 577.
57. Müller, W., G. Schlenker (2003.):Hygiene der Milchviehhaltung. In: *Kompendium der Tierhygiene.* Müller, W. and Schlenker, G. (eds.), 92.
58. Murata, H. R. Horino (1999.): Effects of in vitro atmospheric ammonia exposure on recovery rate and luminol-dependent chemiluminescence of bovine neutrophils and bronchoalveolar macrophages. *J. Vet. Med. Sci.* 61., 279.-281.
59. Ni, J. Q., C. Vinckier, J. Coenegrachts, J. Hendriks (1999.): Effect of manure on ammonia emission from a fattening pig house with partly slatted floor. *Livest. Prod. Sci.* 59., 25.-31.
60. Novak, P., J. Vokralova, I. Knizkova, P. Kunc (2005.): Welfare conditions of dairy cows from the point of performance efficiency. *Animals and environment, Volume1., Proceedings of the XIIth ISAH Congress on Animal Hygiene, Warsaw, Poland, 4-8 September 2005,* 118.-123.
61. Oldenburg, J. (1989.): Odour - and ammoniakemission from animal production. *Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. KTBL- Schrift 333.* Darmstadt, Germany.
62. Ostović, M., Ž.Pavičić, T. Balenović, V. Sušić, A. Ekert Kabalin (2008.): Dobrobit mliječnih krava. *Stočarstvo.* 62., 479.-494.
63. Papez, J., P. Kic (2015.): Indoor environment in milking parlor and cowshed during the milking process. *Engineering for rural development. Proceedings.* Jelgava, 20.-22.05.
64. Pelzer, A. (1998.). Environmental control in cattle housing. *Milchpraxis.* 36., 70.-74.
65. Phillips, C. (2002.): The Welfare of Dairy Cows. In: *Cattle Behaviour and Welfare.* Phillips, C., Second Edition, Blackwell Science Ltd, 19.-20.

66. Redlarski, G., B. Lewczuk, A. Zak, A. Koncicki, M. Krawczuk, J. Piechocki, K. Jakubinuk, P. Tojza, J. Jaworski, D. Ambroziak, L. Skarbek, D. Gradolewski (2015.): The influence of Electromagnetic Pollution on Living organisms: Historical Trends and Forecasting Changes. *Biomed. Res. Int.*, Volume 2015., Article Id 234098.
67. Roosli, M. (2008.): Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: A system review. *Environ. Res.* 107., 277.-287.
68. Sabuncuoglu, N., O. Akbulut, O. Coban, E. Lacin, A. Yildiz, Y. Sagsoz, Z.G. Ceylan (2007.): Effect of barn ventilation on some physiologic and milk traits of dairy cows. *J. Anim. Vet. Adv.*, 6., 190.-193.
69. SAEFL (Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape) (2005.): *Electrosmog in the environment*. June, 2005.
70. Schmidt-Nielsen, K. (1964.): *Desert Animals: Physiological Problems of Heat and Water*. Clarendon Press, Oxford.
71. Schuetz, K., D. Davison, L.R. Mathews (2006.): Do different levels of moderate feed deprivation in dairy cows affect feeding motivation?. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101., 253.-263.
72. Simensen, E. (1981.): Climatic conditions and their relation to housing factors in Norwegian dairy barns with special reference to dairy cows. *Acta. Agr. Scand.* 31., 261.-266.
73. SVC-Scientific Veterinary Committee (1997.): *The Welfare of Intensively Kept Pigs*. European Commission, Brussels.
74. Thom, E. C. (1959.): The discomfort index. *Weatherwise* 12., 57.-59.
75. Thom, E.C. (1958.): Cooling degree days. *Air conditioning, heating and ventilating* 55., 65.-69.
76. TVT (Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz) (2006.): *Beurteilung von Milchkuhbetrieben unter dem Gesichtspunkt des Tierschutzes*, Merkblatt Nr. 111.
77. Uremović, Z. (2004.): *Govedarstvo*. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
78. Vučemilo, M., A. Tofant (2009): *Okoliš i higijena držanja životinja*. Praktikum. Veterinarski fakultet, Zagreb.
79. Wathes, C. M. (1992.): Ventilation. In: *Farm animals and the environment*. Phillips C. Piggins D. (eds). CAB International. 83.- 89.
80. Webster, A.J.F. (1981.): The energetic efficiency of metabolism. *Proc. Nutr. Soc.* 40., 121.-128.

81. Wertheimer N, E. Leeper (1979.): Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.*, 1979 Mar;109(3), 273.-84.
82. WHO (World Health Organization) (2011.): IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields AS Possibly arcinogenic to Humans, International Agency for Research Cancer, Lyon, France.
83. Yousef, M. K. (1985.): In: *Basic Principles Stress Physiology in Livestock Vol. 1.*, CRC Press, Boca Raton, FL.
84. Žužul, S., M. Ostović, I. Šandrić, S. Menčik, Ž. Pavičić, K. Matković (2015.): Microbiological contamination of diary cow barn air and milk according to seasons. *Proceedings of the XVII International Congress on Animal Hygiene*. Košice, Slovakia, pp. 128.-129.



## **6. SAŽETAK**

Poznato je da mikroklimatski uvjeti značajno utječu na proizvodna svojstva mliječnih krava. Stoga je nužno stalno kontrolirati i korigirati mikroklimatske i smještajne uvjete u staji. Uz mjerenja klasičnih mikroklimatskih pokazatelja danas se sve veći značaj predaje i mjerenju elektrosmoga u svrhu osiguravanja zdravlja i proizvodnosti životinja. Stoga je u ovom radu prikazan pregled rezultata dosadašnjih istraživanja utjecaja mikroklimatskih pokazatelja na proizvodna svojstva i zdravstveno stanje životinja uključujući i pregled dosadašnjih spoznaja o utjecaju elektrosmoga.

Ključne riječi: mliječne krave, mikroklimatski pokazatelji, elektrosmog

## **7. SUMMARY**

### **Microclimate parameters in dairy cow barn with reference to electrosmog pollution**

It is known that microclimate parameters have influence on dairy cow production. For these reasons, we need to control these parameters in the barn and change them at every time if it is necessary. Nowadays, with the measurement of the microclimate parameters, concentrations of electrosmog have increasing importance in the environment where dairy cows live in order to ensure the health and productivity. Therefore, in this paper you can see the overview of the results of the previous research about influence of the microclimate parameters on dairy cow productivity and health, including a review of recent studies on the impact of electrosmog.

Key words: dairy cows, microclimate parameters, electrosmog

## 8. ŽIVOTOPIS

Rođen sam 16. prosinca, 1991. godine u Imotskom. Godine 1998. upisao sam Osnovnu školu „Stjepana Radića“ u Imotskom. Godine 2006. upisao sam Gimnaziju „dr. Mate Ujevića“, smjer opća gimnazija, također u Imotskom. Po završetku Gimnazije 2010. godine upisao sam Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija dobitnik sam Dekanove nagrade te Godišnje nagrade Genere d.d. Govorim engleski i talijanski jezik.