



Институт за јавно здравје
на Република Македонија

НЕЈОНИЗИРАЧКО ЗРАЧЕЊЕ, ИЗВОРИ, ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕ И ПРОЦЕНКА НА РИЗИК

Проф. д-р Елисавета Стикова



Скопје, 2017

Институт за јавно здравје на Република Македонија

Директор: Асс. д-р Шабан Мемети

Автор: Проф. д-р Елисавета Стикова

Компјутерска подготовка:

Сузана Дунгевска

Борче Андоновски

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

614.875

СТИКОВА, Елисавета

Нејонизирачко зрачење, извори, влијание врз здравје и проценка на
ризик / Елисавета Стикова. - Скопје : Институт за јавно здравје на
Република Македонија, 2017. - 74 стр. : илустр. ; 25 см

Библиографија: стр. 71

ISBN 978-608-235-042-4

а) Нејонизирачко зрачење - Превенција
COBISS.MK-ID 102559242



**Институт за јавно здравје
на Република Македонија**

НЕЈОНИЗИРАЧКО ЗРАЧЕЊЕ, ИЗВОРИ, ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕ И ПРОЦЕНКА НА РИЗИК

Проф. д-р Елисавета Стикова

Скопје, 2017

СОДРЖИНА

ВОВЕД	9
<i>Елекџрични џолиња</i>	13
<i>Магнетни џолиња</i>	13
ЕЛЕКТРОМАГНЕТНИ ПОЛИЊА СО ФРЕКВЕНЦИЈА ДО 300 GHz	15
<i>Професионална изложеност на елекџромагнетни џолиња со фреквенција до 300 ghz</i>	16
ЗАКОНСКИ ОСНОВИ НА ПРОФЕСИОНАЛНАТА ИЗЛОЖЕНОСТ НА ЕЛЕКТРОМАГНЕТНИ ПОЛИЊА СО ФРЕКВЕНЦИЈА ДО 300 GHz	20
Дефиниции на најчесто користени поими	20
ВЛИЈАНИЕТО НА ЕЛЕКТРОМАГНЕТНИ ПОЛИЊА СО ФРЕКВЕНЦИЈА ДО 300 GHz ВРЗ ЗДРАВЈЕТО НА ПРОФЕСИОНАЛНО ЕКСПОНИРАНИТЕ РАБОТНИЦИ ... 22	
<i>Здравствени и безбедносни ризици при изложеност на елекџромагнетни џолиња</i>	23
<i>Биолошки ефекти и влијание врз здравје на елекџромагнетните џолиња со екстремно ниска фреквенција</i>	25
Електромагнетна хиперсензитивност	29
Појава на интерференција	30
<i>Влијание врз здравје на елекџромагнетни џолиња предизвикани од радиобрановите и микробрановите</i>	31
Термички ефекти	31
Нейтермички ефекти	34
ВЕШТАЧКОТО ОПТИЧКО ЗРАЧЕЊЕ (ВОЗ)	34
<i>Дејности и занимања каде постои професионална експозиција на ВОЗ</i>	35
<i>Примена на вештачкото оптичко зрачење во медицината</i>	37
<i>Извори на вештачко зрачење што не претставуваат ризик во предвидливи околности</i>	39
<i>Ласери и професионална изложеност</i>	40
<i>Употреба на ласерите</i>	41
<i>Класификација на ласерите</i>	42
ЗАКОНСКИ ОСНОВИ НА ПРОФЕСИОНАЛНАТА ИЗЛОЖЕНОСТ НА ВЕШТАЧКО ОПТИЧКО ЗРАЧЕЊЕ	44
Дефиниции на најчесто користени поими	45
ВЕШТАЧКО ОПТИЧКО ЗРАЧЕЊЕ И ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕ	46
<i>Ултравioletово зрачење и влијание врз здравје</i>	50
<i>Ефекти на очите</i>	50
<i>Ефекти на кожата</i>	51
<i>Промени на имунолошкиот систем</i>	52
<i>Професионална експозиција на природни извори на ултравioletово зрачење</i>	53
<i>Индекс на ултравioletовото зрачење (UV-индекс)</i>	53
ЗРАЧЕЊЕ НА ВИДЛИВИОТ ДЕЛ ОД СПЕКТАРОТ (ЗРАЧЕЊЕ НА ВИДЛИВАТА СВЕТИНА) И ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕТО	55
<i>Влијание врз кожата</i>	55
<i>Влијание врз очите</i>	55
ЗРАЧЕЊЕ НА ИНФРАЦРВЕНИОТ ДЕЛ ОД СПЕКТАРОТ И ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕ	56
<i>Инфрацрвено зрачење ИЦ-А</i>	56
<i>Инфрацрвено зрачење ИЦ-Б</i>	57
<i>Инфрацрвено зрачење ИЦ-Ц</i>	57

ЛАСЕРСКО ЗРАЧЕЊЕ И ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕ	58
<i>Ласерски генерирачки аеросоли.....</i>	<i>59</i>
ПРОЦЕНКА НА РИЗИК НА РАБОТНО МЕСТО ПРИ ИЗЛОЖЕНОСТ НА НЕЈОНИЗИРАЧКО ЗРАЧЕЊЕ	61
<i>Проценка на ризик при изложеност на електромагнетни бранови и вештачко оптичко зрачење.....</i>	<i>61</i>
Чекор 1. Идентификација на штетноста - Мерење на физичките карактеристики на електромагнетните бранови.....	63
Чекор 2. Утврдување на категоријата на изложеност – проценка на експозиција	65
Чекор 3. Проценка на веројатноста за појава на негативни ефекти врз здравјето и нивната тежина	66
Чекор 4. Карактеризација на ризикот	67
Хиерархија на превентни мерки	68
<i>Проценка на ризик на работно место при изложеност на ласери</i>	<i>69</i>
ЛИТЕРАТУРА	71

ТАБЕЛИ

Табела 1.	Најчеста изложеност на електромагнетни полиња (ЕМП) во професионални услови.....	17
Табела 2.	Релевантни механизми на интеракција и негативни биолошки ефекти	22
Табела 3.	Најчеста употреба на вештачките извори на оптичко зрачење и работни операции при кои доаѓа до нивно ослободување.....	34
Табела 4.	Најчеста примена на извори на вештачко оптичко зрачење во медицината	36
Табела 5.	Извори кои предизвикуваат незначајна изложеност на вештачко оптичко зрачење и која се смета за „безбедна“	37
Табела 6.	Извори и безбедни услови за користење на вештачко оптичко зрачење	38
Табела 7.	Примена на ласерите во одделни дејности	40
Табела 8.	Приказ на најчесто зафатените делови на телото и очекувани негативни ефекти врз здравјето при експозиција на ВОЗ	45
Табела 9.	Утврдување на степенот на ризик во зависност од вредноста на УВ-индексот	52
Табела 10.	Приказ на најчесто зафатените делови на телото и очекуваните негативни ефекти врз здравјето при експозиција на ласерско зрачење	56
Табела 11.	Најчести ефекти на ласерите врз очите и кожата	57
Табела 12.	Содржина на пареите во ласер генерирачката прашина	58
Табела 13.	Категорија на изложеност (експозиција) во однос на референтните нивоа на ВОЗ	64
Табела 14.	Време на изложеност (експозиција) во однос на вкупното работно време на професионално експонираните работници.....	64
Табела 15.	Веројатност за оштетување на здравјето предизвикано од електромагнетни полиња	65
Табела 16.	Тежина на оштетувањето на здравјето (последичите) при професионална експозиција на вештачко оптичко и/или нејонизирачко зрачење.....	65
Табела 17.	Проценка на на нивото на ризик според утврденото ниво на веројатност.....	66

Табела 18.	Интерпретација на степените на проценет ризик на работните места (хиерархија на превентивни мерки).....	66
Табела 19.	Веројатност за оштетување на здравјето предизвикано од електромагнетни полиња.....	67
Табела 20.	Тежина на оштетувањето на здравјето (последниците) при професионална експозиција на ласерско зрачење.....	68
Табела 21.	Проценка на на нивото на ризик според утврденото ниво на еројатност	68

СЛИКИ

Слика 1.	Електромагнетен спектар	9
Слика 2.	Електромагнетни бранови во спектарот според нивната фреквенција и бранова должина	11
Слика 3.	Физички карактеристики на електромагнетните бранови	12
Слика 4.	Шематски приказ на јавувањето и влијанието на електричното поле врз човекот	13
Слика 5.	Шематски приказ на јавувањето и влијанието на магнетното поле врз човекот	14
Слика 6.	Равој на здравствените ефекти како последица на изложеноста на електромагнетни полиња (ЕМП)	23
Слика 7.	Локални термички ефекти предизвикани од користење на мобилен телефон (пред и после употребата)	33
Слика 8.	Пенетрирачка моќ на GSM 900MHz зрачење	33
Слика 9.	Илустрација на најчести примери за користење на вештачко оптичко зрачење.....	37
Слика 10.	Илустрација на најчести примери на апликација на извори на вештачко оптичко зрачење во медицината и козметологијата.....	38
Слика 11.	Илустрација на најчести примери за примена на ласерите	42
Слика 12.	Структура на окото	47
Слика 13.	Навлегување на бранови со различна бранова должина во окото	48
Слика 14.	Анатомски составни делови на кожата.....	49
Слика 15.	Навлегување на зраците од оптичкиот дел на спектарот во кожата	49
Слика 16.	Препорачана шема со мерки за заштита според UV-индексот со примена на меѓународно кодирани бои за степенот на ризик.....	54
Слика 17.	Инструменти за мерење на физичките карактеристики на електромагнетните полиња со екстремно ниска фреквенција	63
Слика 18.	Инструменти за мерење на физичките карактеристики на електромагнетните полиња предизвикани од радиобраните и микробрановите	64
Слика 19.	Апарати за мерење на оптичкото зрачење (детектори).....	65

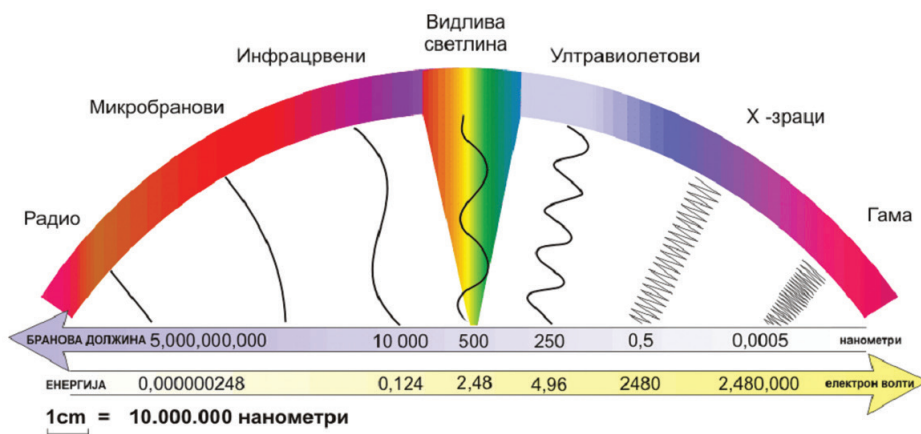
ВОВЕД

Нејонизирачкото зрачење е термин со кој се опишува оној дел од електромагнетниот спектар кој нема доволно енергија да предизвика придвижување на електроните во орбитата на атомот т.е. создавање на јони. Оттука, нејонизирачкото зрачење нема способност да предизвикува јонизација на материјата и на биолошките структури. Но, нејонизирачкото зрачење доведува до појава на други биолошки феномени, како што се затоплување или одредени хемиски реакции во ткивата.

Во нејонизирачкиот дел на електромагнетниот спектар спаѓаат зрачењата што ги создаваат:

- радиобранови (со фревенција од 1Hz до 300MHz),
- микробранови (со фревенција од 300 MHz до 300 GHz),
- инфрацрвени бранови (со фревенција од 300GHz до 405 THz),
- електромагнетни бранови од видливиот дел на спектарот (со фревенција од 405THz до 790 THz),
- ултравиолетови бранови (со фревенција од 790THz до 30PHz).

Слика 1. Електромагнетниот спектар



Постојат повеќе различни поделби на електромагнетните бранови од нејонизирачкиот дел на спектарот, а поделбата прикажана подолу се темели на физичките карактеристики на електромагнетните бранови во светло на постоечките подзаконски акти (правилници) со кои кај нас се дефинираат границите на изложеност и проценката на ризик на професионално експонираните работници.

Според овие правилници, а базирајќи се на фреквенцијата и брановата должина, брановите што предизвикуваат нејонизирачко зрачење може да се поделат во две големи групи и тоа:

- електромагнетни бранови со фреквенција до 300 GHz и
- електромагнетни бранови од оптичкиот дел на спектарот.

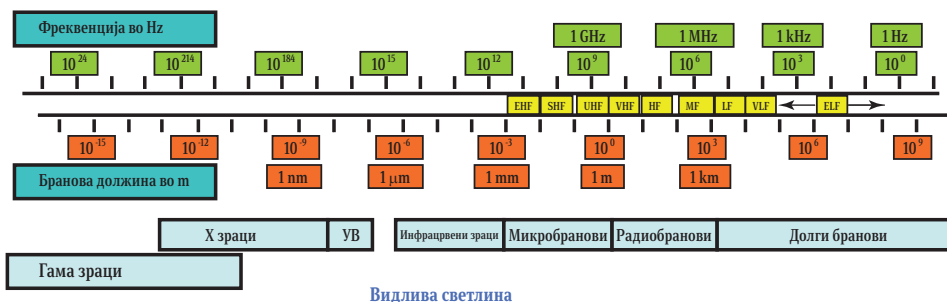
Безбедноста и здравјето на работа на вработените кои се изложени на дејството на електромагнетни бранови со фреквенција од 0Hz до 300GHz се регулирани со Правилникот за минималните барања за безбедност и здравје при работа на вработени од ризици поврзани со изложување на физички агенси – електромагнетни полиња (Сл. Весник на РМ бр. 40/14).

Во групата на електромагнетни бранови со фреквенција до 300 GHz спаѓаат

- електромагнетните бранови со ниска фреквенција
 - електромагнетни бранови со екстремно ниска фреквенција - ЕБ/ЕНФ (1-300 Hz),
 - електромагнетни бранови со многу ниска фреквенција - ЕБ/МНФ (300-30.000 Hz),
- радиобранови
 - електромагнетни бранови со ниска фреквенција - ЕБ/НФ (30.000-300.000 Hz),
 - електромагнетни бранови со средна фреквенција – ЕБ/СФ (300.000 Hz – 3MHz),
 - електромагнетни бранови со висока фреквенција – ЕБ/ВФ (3-30 MHz)
 - електромагнетни бранови со многу висока фреквенција - ЕБМВФ (30-300 MHz),
 - електромагнетни со ултра висока фреквенција – ЕБ/УВФ (300 MHz-3GHz),
- микробранови
 - електромагнетни со супер висока фреквенција – ЕБ/СВФ (3-30 GHz) и
 - електромагнетни екстремно висока фреквенција – ЕБ/ЕВФ (30-300 GHz).

Распоредот на бранови во електромагнетниот спектар според нивните најзначајни физички карактеристики (фреквенција и бранова должина) е прикажан на следната слика.

Слика 2. Електромагнетни бранови во спектарот според нивната фреквенција и бранова должина



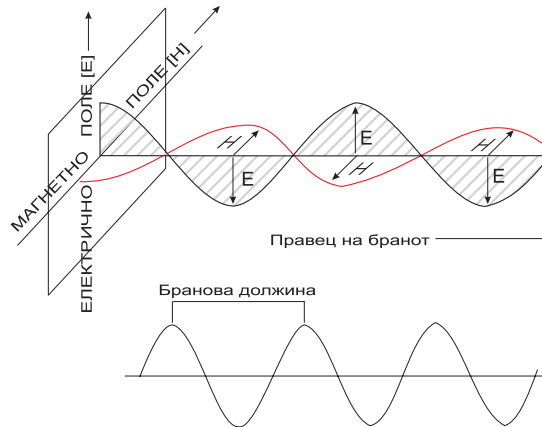
Безбедноста и здравјето на работа на вработените кои се изложени на дејството на електромагнетни бранови со фреквенција поголема од 300 GHz се дефинира со Правилникот за минималните барања за безбедност и здравје при работа на вработени од ризици поврзани со изложување на физички агенси – вештачко оптичко зрачење (Сл. Весник на РМ бр. 132/12). Во овој правилник се дефинирани безбедносните и здравствени аспекти на електромагнетно зрачење дефинирано според брановата должина во подрачјето меѓу 100 nm и 1 mm, и тоа:

- ултравиолетово зрачење - оптичко зрачење во подрачје на бранови должини меѓу 100 nm и 400 nm кое е поделено на:
 - УВА (UVA) - 315- 400 nm,
 - УВБ (UVB) – 280 - 315 nm и
 - УВЦ (UVC) - 100-280 nm.
- видно зрачење - оптичко зрачење во подрачје на бранови должини меѓу 380 nm и 780 nm што може да биде детектирано со човечко око, а е составено од 6 бои (виолетова, сина, зелена, жолта, портокалова и црвена)
- инфрацрвено зрачење - оптичко зрачење во подрачје на бранови должини меѓу 780 nm и 1 mm подрачје на бранови должини меѓу 780 и 1 mm.
 - ИРА (IRA) - 780-1400 nm,
 - ИРБ (IRB) - 1400-3000 nm и
 - ИРЦ (IRC) - 3000 nm - 1 mm.

Ширејќи се низ просторот, електромагнетните бранови создаваат електрични и магнетни полиња кои се разликуваат според природата на своето јавување и според своите физички карактеристики.

На следната слика се прикажани основните физички карактеристики на електромагнетните бранови и електромагнетните полиња што при тоа се создаваат.

Слика 3. Физички карактеристики на електромагнетните бранови



Според природата на своето јавување постојат:

- природни електрични и магнетни полиња и
- електрични и магнетни полиња кои се резултат на човековата активност.

Природните електрични полиња се присутни насекаде околу нас. Тие се резултат на локалните природни електрични празнења во атмосферата.

Природните (гео)магнетни полиња кои нè опкружуваат ја предизвикуваат ориентацијата на иглата на компасот во правец север-југ, а ја овозможуваат и ориентацијата во просторот на некои видови птици и риби.

Постојат голем број на електромагнетни полиња (ЕМП) со различни физички карактеристики кои се јавуваат како резултат на човековата активност. Главните извори на овие ЕМП се куќната инсталација за електрична струја, домашните рачни електрични уреди и безжичната технологија.

Електромагнетните полиња кои се резултат на човековата активност се јавуваат и во професионални услови, како што е тоа при употребата на скенерите за магнетна резонанца во медицината, при високоволтажниот пренос на електрична енергија (HVDC), при користење на индустриски микробранови печки, индукционо загревање, термопластично заварување, телекомуникацијата и слично.

Според тоа дали и како се движат низ просторот, електричните и магнетните полиња можат да се поделат на:

- статични електрични полиња,
- статични магнетни полиња,
- осцилирачки електрични полиња и
- осцилирачки магнетни полиња.

Статичните (електрични и магнетни) полиња не варираат во единица време и имаат само еден правец на движење. Пример за појава на ваков вид полиња се апаратите со батериско напојување.

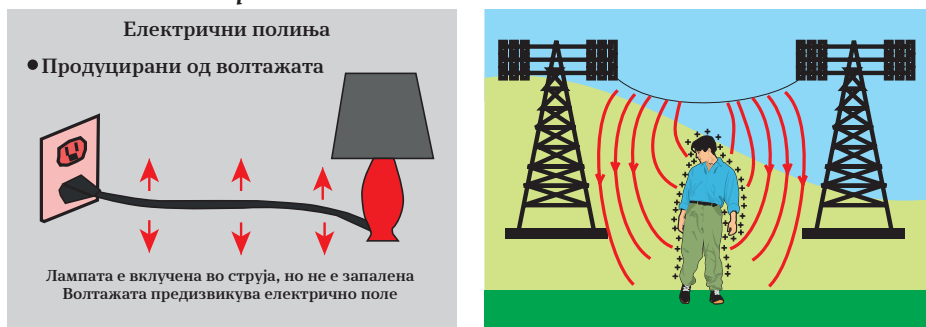
Осцилирачките (електрични и магнетни) полиња осцилираат со одреден број на фреквенции во единица време. Тие најчесто се создаваат при производство, пренос и користење на електрична енергија. За европските земји фреквенцијата на нивното осцилирање изнесува 50 Hz.

Електрични полиња

Електрични полиња постојат секаде каде што има позитивно-негативен полнеж на јони, па дури и кога електричните апарати се исклучени, т.е. нема проток на електрична струја.

Нивниот јачина/интензитет се намалува со зголемување на растојанието од изворот и се изразува во единици V/m. Најголем број градежни материјали се доволно ефикасни за да го спречат ширењето на електричните полиња низ просторот.

Слика 4. Шемајски приказ на јавувањето и влијанието на електричните полиња врз човека



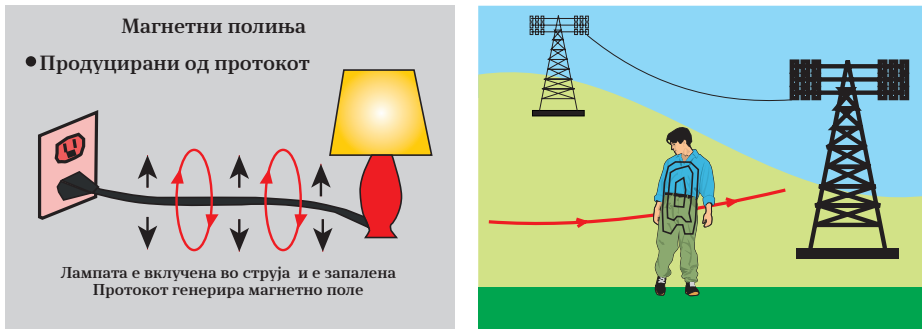
Статичното електрично поле предизвикува појава на позитивен електричен полнеж на површината на телото, но не навлегуваат во човековото тело.

Осцилирачките електрични полиња предизвикуваат варирање на овој полнеж во регуларни временски рамки. Тие исто така не навлегуваат во човековото тело.

Магнетни полиња

Магнетните полиња се јавуваат само кога постои директен проток на електрицитет. Вообичаените градежни материјали не го сопираат нивното ширење. Нивната јачина се мери во единици A/m. Вообичаено, за изразување на нивната магнетна индукција се употребува единица тесла (T).

Слика 5. Шематски приказ на јавувањето и влијанието на магнетното поле врз човекот



Статичкото магнетно поле стапува во електродинамичка и магнетомеханичка интеракција со биолошките ткива.

Електродинамичката интеракција е последица на движење на наелектризираните честички (електрони, јони или диполи) низ крвната струја или мускулите, што предизвикува генерирање на сили кои ги сепарираат позитивните и негативните полнежи. На тој начин се создаваат електрични полиња кои се зависни од движењето на магнетното поле.

Магнетомеханичката интеракција предизвикува сили кои ги поредуваат атомите и честичките согласно на магнетскиот момент. Ова може да предизвика забрзување на феромагнетските делови, а при посилено магнетно поле и проектилизација на предмети.

Природното магнетно поле е преслабо за да предизвика вакви ефекти, но статичкото магнетно поле кое го генерираат апаратите за магнетна резонанца и можната феро-проектилизација може да предизвикаат сериозни, па и смртни повреди на изложените лица.

Магнетното поле на брановите со екстремно ниска фреквенција (ELFMF) навлегуваат во телото и индуцираат создавање на електрични полиња. За да се индуцира проток треба да има надворешна густина на магнетниот флукс од $65\mu\text{T}$. Тоа доведува до појава на електричен полнеж на површината на одделни ткива и органи. Длабочината на пенетрацијата на магнетните полиња во внатрешноста на човековиот организам е обратнопропорционална на фреквенцијата на брановите што ги генерираат овие полиња.

За разлика од електричните, не е лесно да се заштитат работниците од влијанието на магнетните полиња. Затоа е неопходно придржување кон препорачаните експозициони лимити и тоа уште во фазата на дизајн на уредите и машините, или пак утврдување на соодветна дистанца при работата во однос на изворот.

ЕЛЕКТРОМАГНЕТНИ ПОЛИЊА СО ФРЕКВЕНЦИЈА ДО 300 GHz

Токму поради тоа изложеноста на електромагнетни полиња со фреквенција до 300 GHz се наметнува како сериозен јавно-здравствен проблем. Тоа не е само резултат на нивното присуство и употреба во секојдневниот живот и во професионални услови, туку и поради отсуство на целосен консензус околу прашањето на штетно влијание на ЕМП врз здравјето на населението и професионално експонираните работници. Од научен аспект, ова е се уште доста контаверзно прашање, особено кога станува збор за потенцијално штетните здравствени ефекти при долготрајната експозиција на вулнерабилните групи од населението и на работниците изложени на ЕМП кои ги надминуваат препорачаните вредности на изложеност.

Кон се ова треба да се додаде фактот дека Меѓународната агенција за истражување на ракот (МАНР), уште во 2002 година ги класифицираше магнетните полиња со екстремно ниска фреквенција ги класифицираше во групата 2Б како „можни канцерогени за луѓето“. Истата оваа агенција во 2011 година, ги класифицираше и радиофреквентните бранови во групата 2Б како „можни канцерогени за луѓето“. Според Меѓународната агенција за истражување на ракот, оваа класификација се однесува на сите агенсии за кои постојат ограничени докази за канцерогеност врз луѓе и помалку од доволно докази за канцерогеност врз експериментални животни. Оваа класификација може да се користи и кога има несоодветни докази за канцерогеност врз луѓето и доволно докази за канцерогеност врз експериментални животни.

Оттука потекнува и сосем разбирливата загриженост на населението, професионално експонираните работници, научниците и експертите, особено ако се имаат во предвид литературните податоци од многубројните епидемиолошки, клинички и експериментални студии за регистрирани споредни биолошки и негативни ефекти врз здравјето.

Електромагнетните полиња со екстремно ниска фреквенција (ELEMФ) се практично убиквитарни и тие се наоѓаат насекаде околу нас. Најчести извори се инсталациите за електрична струја и домашните и сите други електрични апарати и уреди. Во последно време вниманието е се повеќе насочено кон употребата на трансформаторите кои се наоѓаат или во заедничките згради или во непосредна близина на објектите за живеење/работење, затоа што тие исто така ја зголемуваат секојдневната континуирана изложеност на магнетни полиња со ниска фреквенција, кои најчесто осцилираат со фреквенција од 60/50 Hz.

Од друга страна, во нашиот секојдневен живот со се поголема брзина навлегува употребата на модерни апарати и уреди каде наместо трансформатори користат електрониката. Така, животот е речиси незамислив без употреба на лаптоп компјутерите и мобилните телефони, кои имаат систем за напојување за чие непрекинато функционирање се неопходни соодветни полначи. Со нивна употреба, како и со употреба на многу слични уреди, се актуелизира изложеноста на фреквенција од 150 Hz.

Во последно време во домаќинствата, но и во кујните и рестораните, се повеќе се користат индукциски рингли (плочи) за готвење. Со тоа се зголемува можноста за изложеност на работниците, но и на општата популација, на магнетни полиња со средна фреквенција, со вредности кои честопати се поголеми од референтната изложеност.

Во фреквентното подрачје на радиобрановите најчеста е изложеноста на електромагнетни полиња со фреквенција од 100 kHz до неколку GHz. Тоа е последица на употреба на разни системи за пренос на сигнали, кои вообичаено се наоѓаат во непосредна близина на човекот или на самото човеково тело. Како извори на електромагнетни полиња од овој дел на спектарот се мобилните телефони, системите за безжична комуникација (безжични телефони), разните видови на бебешки монитори, системите за интеркомуникација меѓу поголем број на телефонски корисници и телефонската централа и сл. Смарт телефоните, кои функционираат во рамките на мрежа со поинаква технологија, како и другите мобилни безжични уреди (таблети, лаптоп компјутери и сл.), ја зголемуваат комплексноста на секојдневната индивидуална експозиција на професионално експонираните работници, но исто така и на општата популација. Во овој смисол секако треба да се има во предвид и изложеноста која е последица на употребата на домашните уреди за вмрежување и засилување на сигналот во безжичната комуникација (разни видови на рутери, адаптери и слично), кои исто така се користат и во мали фирми/компани со помал број на вработени, лоцирани на ограничен простор.

Посебен ентитет претставуваат статичките електромагнетни полиња (електрично и магнетно), од кои само магнетното има практична примена и може да предизвика негативни ефекти врз здравјето (високо напонски системи за пренос на енергија, магнетна резонца во медицината и сл.).

Кон се ова секако треба да се додаде, или барем да се има во предвид, изложеноста од животната средина во која доминираат зрачењата од радиодифузните антени, антените на мобилните телефони и други телекомуникациски услуги.

Професионална изложеност на електромагнетни полиња со фреквенција до 300 GHz

Професионална изложеноста на електромагнетни полиња се јавува во неколку групи на дејности и активности и тоа:

- Користење на безжична комуникациска технологија :
 - радиодифузен пренос, антени,
 - мобилни телефони
 - мобилни базни станици
 - безжични телефони (дигитални и аналогни)
 - дигитална комуникација која вообичаено се користи во итните служби во која мобилните уреди се поврзани со базна станица (TERA – Terrestrial

- Trunked Radio),
- блутут (со класа на моќност од 2,5, 1 и 100 mW т.е. кои овозможуваат безжична конекција со уредот на растојание до 1, 10 или 100 метри)
 - беби монитори
 - безжична локална мрежа (WLAN/WiMax)
 - далечински мерачи на потрошувачка на енергија (smart meters),
- Примена во индустријата:
 - индукционо загревање,
 - диелектрично загревање,
 - електролачно и термопластично заварување,
 - електрохемиски инсталации за активација на процеси,
 - десулфуризација на јаглен,
 - производство на леарски јадра за обработка,
 - индустриска магнетизација и демагнетизација,
 - индустриски микробранови печки,
 - плазма полимеризација,
 - инсталации за електролиза,
 - вулканизација и девулканизација на гума,
 - сушење и фиксација на бои,
 - сушење на предива, текстил и кожа,
 - замрзнување, одмрзнување и сушење тестенини, овошје и зеленчук, вакуум сушење, печење, стерилизирање, пастеризирање.
 - Примена во радиодифузијата и телекомуникацијата:
 - радиодифузни системи (радио и телевизија – AV, VHF, UHF),
 - телевизиски станици,
 - радио/ТВ антени,
 - радари.
 - Примена во медицината:
 - медицинска дијатермија
 - хируршка дијатермија
 - дијатермија во физикалната медицина
 - снимање со помош на магнетна резонанца (МРИ),
 - нуклеарна магнетна спектрометрија (НМР)
 - Примена во постапките за следење, спречување на кражби и зголемување на безбедноста (обележување, следење и деактивација):
 - радиофреквентна идентификација (RFID),
 - електронско следење на предмети (EAS) и опрема за безбедност против кражби,
 - метал детектори (скенери за цело тело),
 - уреди за невромускуларно онеспособување (CEW).
 - Производство и пренос на електрична енергија:
 - високоволтажните електрични трансмисиони системи,
 - генераторите, трансформаторите и
 - локална дистрибутивната мрежа.

- Употреба на рачни индустриски/ домашни електрични уреди:
 - микробранови печки,
 - индукциони плочи (рингли),
 - подно електрично греење,
 - мобилни електрични радијатори,
 - радиконтролирани играчки и игри со далечинско управување.

На следната табела се прикажани најчестите дејности и активности каде има можност за професионална изложеност на различни видови на електромагнетни полиња.

Табела 1. Најчестите изложености на електромагнетни полиња (ЕМП) во професионални услови

ЕМП	Статички	ЕМП-ЕНФ	ЕМП-МНФ	ЕМП-РБ/МБ
Диелектрично и индукционо загревање		XX	X	XXX
Медицинска дијатермија (хируршка и/или во физикална медицина)			XX	XX
Диелектрично загревање (РБ - сушење на лепила, пластично заварување; МБ - загревање и вулканизација)				XX
Електролачно заварување	XX	XX	X	
Електрохемиски инсталации за активација на процеси				XX
Инсталации за електролиза	X	XX		
Индустриски микробранови печки				XX
Опрема за снимање со магнетна резонанца во медицината (МРИ)	XX			XX
Нуклеарна магнетна спектрометрија (НМР)	XX			XX
Електрични возила (воз, метро, трамвај)	X	X		
Плазма полимеризација				X
Радари				XX
Радиодифузни системи (радио и телевизија-АV, VHF,UHF)		X	X	X
Базни станици за мобилна телефонија				XX
Радиобранови системи за воени и истражувачки цели			X	XX
Радиофреквентна идентификација и електронско следење на предмети (RFID, EAS) и опрема за безбедност	X	X	X	X
Локални безжични системи (WLAN)				XX
Безжични телефони				X
Блугут				XX
Системи за пренос, дистрибуција и локално снабдување со струја	X	XX		
Индустриска магнетизација и демагнетизација	X	XX		
Рачни електрични уреди		X		
Уреди за невромускуларно онеспособување (CEW)			X	

ЕМП – електромагнетни полиња

ЕНФ – полиња со екстремно ниска фреквенција

МНФ – полиња со многу ниска фреквенција

РБ/МБ – полиња предизвикани од радиобранови и микробранови

Во продолжение се дадени илустрации за најчесто користените системи и уреди кои генерираат електромагнетни полиња со фреквенција до 300 GHz.

Користење на безжична комуникациска технологија					
Примена во индустријата					
Примена во радиодифузијата и телекомуникацијата					
Примена во медицината					
Примена во постапките за следење, спречување на крајби и зголемување на безбедноста (обележување, следење и деактивација):					
Производство и пренос на електрична енергија					
Употреба на рачни индустриски/домашни електрични уреди					

Литературните и историски податоци укажуваат дека воведувањето на новите мобилни телекомуникациски технологии (GSM и UMTS) не го зголемуваат општото ниво на зрачење, но факт е дека кај нас не постои регуларно следење на зрачењето предизвикано од овие уреди, ниту пак регуларно поставен радијационен мониторинг на зрачењето предизвикано од нејонизирачките електромагнетни бранови.

Во зависност од тоа како, колку често и колку долго се користат уредите/машините што генерираат електромагнетни полиња со фреквенција до 300 GHz, а со цел за утврдување на експозиционото ниво, се врши контрола на референтните вредности на професионалната изложеност. Но, во одредени услови, тоа не е доволно, па поради тоа за утврдување на степенот на професионален ризик е неопходна примена на орган-специфична дозиметрија.

ЗАКОНСКИ ОСНОВИ НА ПРОФЕСИОНАЛНАТА ИЗЛОЖЕНОСТ НА ЕЛЕКТРОМАГНЕТНИ ПОЛИЊА СО ФРЕКВЕНЦИЈА ДО 300 GHz

Од законски аспект, дозволената изложеност на професионално експонираните работници во тек на 8-часовна дневна експозиција е регулирано со Правилник за минималните барања за безбедност и здравје при работа на вработени од ризици поврзани со изложување на физички агенси (електромагнетни полиња), кој е објавен во Службен весник на РМ бр. 40/14. За жал со овој Правилник е извршено усогласување со Европската директива 2004/40 која е повлечена од употреба и која е заменета со Директивата 2013/35. На овој начин во Р.Македонија во употреба се гранични вредности на изложеност и вредности на изложеност при кои се преземаат мерки што се надвор од употреба во земјите на ЕУ. На тој начин, одредени работни процеси (пр. МРИ) се практично неприменливи т.е. надвор од законски утврдените препораки за работа, а со тоа тие се и законски недозволен.

Со Правилникот се пропишуваат минималните барања за безбедност и здравје при работа на вработените од ризици поврзани со изложување на електромагнетни полиња со фреквенција од 0 Hz до 300 GHz. За жал правилникот не се однесува на долгорочните ефекти, како и на ризиците предизвикани од контакт со голи спроводници за напојување.

Во Правилникот се дадени гранични вредности за изложеност за површинска густина на струјата за временски променливи полиња со фреквенции до 1Hz, кои имаат за цел да се спречат влијанијата врз кардиоваскуларниот и централниот нервен систем. Исто така се пропишани и граничните вредности на изложеност за површинска густина на струјата на полињата со фреквенција од 1 Hz до 10 MHz, а со цел да се спречат влијанијата врз функцијата на централниот нервен систем.

Утврдените гранични вредности на изложеност за специфичната апсорпциона рата (SAR) за електромагнетните бранови со фреквенција од 100Hz до 10GHz имаат за цел да се минимизира/елиминира ризикот од појава на топлотен стрес и/или локално загревање на ткивата и одделни делови од човековото тело. Овие вредности се пропишани и за полињата со фреквенции од 100 kHz до 10 MHz.

Утврдувањето на граничната вредност на површинската густина на моќност за електромагнетните бранови со фреквенција од 10-300 GHz исто така има за цел да се спречи загревањето на површината на човековото тело.

Дефиниции на најчесто користени поими

Во Правилникот се дадени дефиниции и значење на најчесто користените поими. Така под електромагнетни полиња во смисла на овој правилник се подразбираат постојани магнетни и временски променливи електрични, магнетни и електромагнетни полиња со фреквенции до 300 GHz.

Граничните вредности на изложеност претставуваат граници на изложеност на електромагнетни полиња, кои се базираат на директно утврдени здравствени ефекти и биолошки согледувања. Придржувањето до овие гранични вредности обезбедува гаранција дека вработените кои се изложени на електромагнетни полиња се заштитени од сите познати штетни влијанија врз здравјето. Граничните вредности на изложеност се дадени во прилогот бр.1 од Правилникот.

Вредности на изложеност при кои се преземаат мерки се минимални вредности добиени преку директно мерење на величините: јачина на електрично поле (E), јачина на магнетно поле (H), магнетна индукција (B) и површинска густина на моќност (S). Вредностите на изложеност при кои се преземаат мерки се дадени во прилогот бр. 2 од споменатиот Правилник.

Јачина на струја на дојир (I_c) е јачина на струја која тече меѓу личност и објект и се изразува во ампери (A).

Површинска густина на струја (J) е јачина на струја што тече низ единица напречен пресек нормално на нејзината насока, во волуменски спроводник (како што е човековото тело или негов дел) и се изразува во ампери на квадратен метар (A/m²)

Јачина на електричното поле (E) е векторска величина што соодветствува на силата со која полето дејствува на позитивен електричен полнеж, независно од неговото движење во просторот и се изразува во единица волт на метар (V/m),

Јачина на магнетно поле е векторска величина (H) која заедно со магнетната индукција го определува магнетното поле во било која точка од просторот. Се изразува во единица ампер на метар (A/m).

Магнетна индукција е векторска величина (B) која што е во корелација со силата што дејствува на електричен полнеж што се движи, изразена во тесла (T).

Површинска густина на моќност (S) е моќност на зрачење која упаѓа нормално на површината, а длабочината на навлегување на електромагнетното поле во телото е мала. Се изразува во единици ват на квадратен метар (W/m²).

Специфична апсорбирана енергија (SA) е енергија апсорбирана во единица на маса на биолошко ткиво, изразена во џули на килограм (J/kg).

Стапка на специфична апсорбирана енергија (SAR) за целото тело или за делови од телото е стапката со која енергијата се апсорбира на единица маса од телесното ткиво и се изразува со единицата ват на килограм (W/kg). За оценување и ограничување на прекумерната распределба на енергијата во мали делови од телото, што би можело да се јави како последица на посебни услови на изложување, покрај средната SAR за целото тело, неопходни се и вредностите на локалната SAR.

Изворите на зрачење кои генерираат полиња со интензитети од најмалку една петтина од вредностите на изложеност при кои се преземаат мерки, треба да бидат вклучени во периодични мерења и/или пресметки за изложеност, а задолжително треба да биде извршена и проценка на ризик на работното место.

Доколку се надминат вредностите на изложеност при кои се преземаат мерки, работодавачот проценува и ако е потребно пресметува дали се надминати граничните вредности на изложеност.

Мерењето и/или пресметките на изложеност на електромагнетни полиња се планираат и изведуваат во одредени интервали и тоа од страна на акредитирани лаборатории во Република Македонија од оваа област, а во согласност со стандардот МКС EN ISO/IEC 17025. Врз основа на овие мерења и/или пресметки понатаму се врши проценка на ризик на секое карактеристично работно место.

При изготвување проценка на ризик, се внимава на:

- нивото, фреквентниот спектар, времетраењето и видот на изложување;
- граничните вредности на изложеност и вредностите на изложеност при кои се преземаат мерки,
- влијанија на здравјето и безбедноста на вработените изложени на ризик;
- можноста за појава на индиректните ефекти, како што се:
 - пречки во функционирањето на медицинска електронска опрема и уреди (вклучувајќи срцеви пејсмејкери);
 - потенцијална можност од истрелување, исфрлање или лансирање на феромагнетни тела во околината под дејство на магнетостатски полиња со густина на магнетен флукс поголема од 3 mT;
 - можност за иницирање/активирање на електро-експлозивни направи (детонатори);
 - можност за појава на огнови и експлозии како резултат од палење на запалливи материјали и тоа со искри што се предизвикани од индуцирани полиња, струи на допир или искри од електрични празнења.

За жал во Република Македонија се уште не постои установа од областа на безбедност на работа која располага со акредитирана метода за мерење на нејонизирачкото зрачење во опсег од 0Hz до 300GHz и која е овластена за проценка на ризик на работно место на вработените изложени на овие електромагнетни полиња.

ВЛИЈАНИЕТО НА ЕЛЕКТРОМАГНЕТНИ ПОЛИЊА СО ФРЕКВЕНЦИЈА ДО 300 GHz ВРЗ ЗДРАВЈЕТО НА ПРОФЕСИОНАЛНО ЕКСПОНИРАНИТЕ РАБОТНИЦИ

Биолошкиот одговор на организмот кон електромагнетните бранови зависи од енергијата што тие ја носат со себе и ја пренесуваат на клетките т.е. на човековото тело.

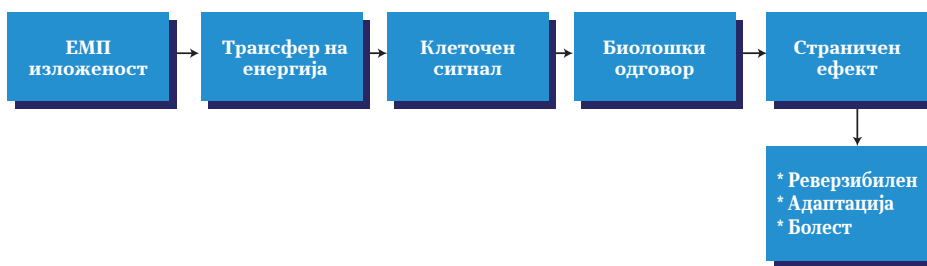
Постојат три научни модели за објаснување на биолошкиот одговор што се јавува како последица на изложеноста на нејонизирачките електромагнетни бранови и нивните електрични и магнетни полиња, и тоа:

- директен трансфер на енергија,
- зголемување на полуживотот на слободните радикали,
- сила на ослободените/придвижените молекули или јони од афектираните биолошки ткива.

При директниот трансфер, пренесената т.е. примена енергија што ја носи електромагнетниот бран генерира клеточен сигнал. Клеточниот сигнал иницира соодветен биолошки одговор, кој во зависност од јачината на енергијата, предизвикува појава на несакан (страничен) ефект.

Страничниот ефект може целосно да се повлече и тогаш станува збор за реверзибилен ефект. Доколку организмот се приспособи кон оваа дразба тогаш станува збор за адаптација. Но, доколку се надминат компензаторните и адаптациони капацитети на биолошките структури на човековото тело, тогаш доаѓа до појава на негативни здравствени ефекти и клинички манифестна болест. Развојот на овие промени е прикажан на следната слика.

Слика 6. Равој на здравствениите ефекти како последица на изложеноста на електромагнетни полиња (ЕМП)



Здравствени и безбедносни ризици при изложеност на електромагнетни полиња

Видот на ефектите предизвикани од експозицијата на електромагнетни полиња зависи од нивните физички карактеристики и времето на изложеност. Така, некои од нив предизвикуваат стимулација на сензорните органи, мускулите и нервите и се нарекуваат **нетермички** ефекти. Други предизвикуваат загревање на телото или негови одделни делови и тие се нарекуваат **термички** ефекти.

Овие две групи на ефекти се нарекуваат уште и **директни** ефекти, а нивното јавување зависи од граничната вредност на изложеност. Доколку таа не е надмината

не се јавуваат штетни ефекти, дотолку повеќе што изложеноста на елктромагнетни бранови не покажуваат кумулативно влијание.

Инди­ректните ефекти се однесуваат на:

- интерференција со медицински електронски апарати
- интерференција со активни и пасивни имплантирани медицински уреди во човековото тело (пејсмејкери, дефибрилатори, вештачки зглобови, метални делови од телото)
- интерференција со носечки медицински уреди како што се инсулинските пумпи
- ефекти на присутни страни тела во организмот, тетоважи, пирсинг и сл.
- појава на феромагнетни проектизација во статичко магнетно поле
- електричен шок и изгореници при контакт со спроводни објекти (жици под напон)

Збирните механизми на дејство на разните видови на електромагнетни полиња и негативните биолошки ефекти се прикажани на следната табела.

Табела 2. Релевантни механизми на интеракција и нејативни биолошки ефекти

Делови од електормагнетниот спектар	Релевантни механизми на интеракција	Биолошки негативни ефекти
Статичко електрично поле	Површински електричен полнеж/проток	Иритација/нелагодност од површинските ефекти/празнења
Статичко магнетно поле	Индукација на електрично поле во движечки флуиди (крв) и во ткивата	Вртоглавици и гадење (особено при движење) Ефекти на кардиоваскуларниот систем и нервно-мускулна стимулација
Осцилирачко електрично поле (до 10 MHz)	Површински електричен полнеж/проток	Иритација/нелагодност од површинските ефекти/празнења
	Индукција на внатрешни електрични полиња и проток	Нервно-мускулна стимулација, ефекти на нервниот систем
Осцилирачко магнетно поле (до 10 MHz)	Индукција на внатрешни електрични полиња и проток	Нервно-мускулна стимулација, ефекти на нервниот систем
Електромагнетни полиња (10 kHz до 300 GHz)	Индукција на внатрешни електрични полиња и проток	Прекумерно загревање
	Површинска апсорбција на енергија	Прекумерно површинско загревање
	Термоакустични бранови	Нелагодност од микробрановото акустично оптеретување

Биолошки ефекти и влијание врз здравјето на електромагнетните полиња со екстремно ниска фреквенција

Постојат различни класификации за фреквентниот ранг кој се однесува на електромагнетните бранови со екстремно ниска фреквенција, но според Светската здравствена организација тоа е фреквентното подрачје од 0-300 Hz.

Брановите со екстремно ниска фреквенција, како и сите други електромагнетни бранови, генерираат статички и осцилирачки електрични и магнетни полиња.

Статичното електрично поле предизвикува појава на позитивен електричен полнеж на површината на телото. Поради електричната кондуктивност на биолошките ткива тие не можат да индуцираат интракорпорални електрични полиња т.е. не навлегуваат во човековото тело. Меѓутоа, статичките електрични полиња може да предизвикаат редистрибуција на електричниот полнеж при контакт со иницијално ненаелектризиран предмет и тоа да доведе до појава на „празнење“ меѓу двата објекта. Оваа појава на т.н. микро-електрошок кој може повторувачки да се јавува, а понекогаш предизвикува чувство на дискомфорт.

Слично како и кај статичките електрични полиња и осцилирачките електрични полиња кои ги генерираат брановите со екстремно ниска фреквенција предизвикуваат редистрибуција на електричниот полнеж, но опвој пат во регуларни временски интервали. Ова условува периодични празнења меѓу различни делови од површината на телото или меѓу телото и некои објекти, што исто така создава чувство на дискомфорт. Но, за разлика од статичките, осцилирачките електрични полиња и периодичните празнења индуцираат и интракорпорални електрични протоци тие во одредени ситуации може да имаат доволна сила за да предизвикаат стимулација на нервните и мускулните клетки.

Оттука, електричните полиња што ги создаваат електромагнетните бранови со екстремно ниска фреквенција, на целуларно ниво, може да предизвикаат директна стимулација на ексциtabilните клетки. Во екстремни услови енергијата на електричното поле може да предизвика и електричен шок. Заштитата од овие полиња се овозможува со соодветно вземјување.

Биолошкиот одговор на човековиот организам при изложеност на статичко и/или осцилирачко магнетно поле зависи од потенцијалот на градиентното поле да предизвика електричен проток (струја) и способноста на биолошките ткива да се однесуваат како спроводници. Човековото тело има неколку одлични спроводници, а тоа се пред сè мускулните и нервните влакна и крвта.

Кога станува збор за крвта, статичкото магнетно поле може да предизвика проток, затоа што во тој случај таа се појавува како спроводник кој се движи во статичко магнетно поле (магнето-хидронимички ефект). Овој феномен е особено значаен кога крвта минува низ срцето. Појавата на струен проток во овој случај може да предизвика промена во елевацијата на S-T сегментот, што соодветно се регистрира

и во електрокардиографската слика. Овие промени се целосно реверзибилни и не се поврзани со сериозни и перзистентни биолошки ефекти. Но, со оглед дека елевацијата на S-T сегментот може да биде индикативен знак за срцев инфаркт, исхемија или електролитен дисбаланс, треба да се биде особено претпазлив кога станува збор за изложеност кај лица со нарушена срцева функција.

Различни студии, врз основа на моделирање и пресметки на можната изложеност на статичко магнетно поле, укажуваат на три групи на можни негативни ефекти на кардиоваскуларниот систем и тоа:

- промени во срцевата фреквенција,
- индукција на ектопични срцеви отчукувања и
- зголемена веројатност за појава или повторување на на аритмијата.

Меѓутоа, овие појави се поврзани со изложеност на многу силно статичко магнетно поле од 8Т, што во практични услови значи дека тоа сеуште не може да се јави во услови на професионална експозиција кај нас.

Магнетните полиња кои ги генерираат брановите со екстремно ниска фреквенција исто така создаваат интракорпорално електрично поле, кое според законите за индукција се зголемува со зголемување на фреквенцијата и со напречниот пресек. Така, силата на индуцираното електрично поле се зголемува од нула во центарот на телото до максимум на неговата површина.

Најдобро проучени феномени кои се јавуваат како резултат на изложеност на осцилирачко магнетно поле се периферната нервна и мускулна стимулација, што резултира со појава на мускулни контракции и чувство на чешење и пецкање, во зависност од тоа дали се стимулирани моторните или сензорни нервни влакна. Доколку дојде до нарушување на стимулацијата на срцевиот мускул, теоретски е можно да се јави пореметување во фреквенцијата, аритмија и вентрикуларна фибрилација, што претставува животно загрозувачка ситуација.

Изложеност на ретината и/или оптичкиот нерв на осцилирачки магнетни полиња може да предизвика феномен кој предизвикува светлосни ефекти во очите и ја пореметува координацијата на очите и рацете. Ова е предизвикано од стимулација на очните фосфини (magnetoposphenes) и може да влијае на перформансите за изведување на прецизни и деликатни интервенции кај професионално изложените работници.

Изложеноста на електромагнетните бранови честопати се поврзува со појавата на малигни заболувања, со зголемување на ризикот за спонтани абортуси и конгенитални малформации, или со појавата на електромагнетна хиперсензитивност во форма на изразена главоболка, летаргија, депресија, намалување на либидото промени во сонот.

Но, сите овие информации треба да се согледаат во светлината на современите научни сознанија и објавените лабораториско-експериментални и епидемиолошки

истражувања, како и низ резултатите од спроведените клинички студии кај експонираната популација.

Експериментално потврдени биолошки промени. Најзначајни биолошки промени предизвикани од дејството на електромагнетни полиња со екстремно ниска фреквенција се:

- промени во структурата на водата (со последични промени во протокот на протони преку внатрешната митохондријална мембрана, со што се намалува активноста на АТФ-синтезата, а со тоа и фосфорилацијата на АДП и создавање на АТФ),
- промени на структурата на ДНК (промените во протокот на протоните може да доведе до инхибиција на каталазата и супероксид-дисмутазата, што доведува до создавање на слободни радикалии, обвинети за кинење на двојните врски на ДНК, што е докажано со користење на комет-техника кај глумци),
- промени во ензимската активност:
 - влијание врз АТФ-синтезата како последица на измени во протокот на протоните (објаснето погоре), што доведува до зголемено ослободување на јони на калциум (Ca⁺⁺), а со цел да се компензира недостатокот на АТФ,
 - промени во активноста на ацетилхолинестеразата и метаболизмот на невротрансмитерот ацетилхолин,
 - промени во активноста на N-ацетил трансферазата кој учествува во каталитичката трансформација на серотонинот во мелатонин,
- стимулирање на создавање на стрес-заштитни протени (heat shock proteins – HSP),
- влијание врз работата на пинелната жлезда (епифизата) и лачење на невротрансмитери одговорни за циркадијалниот, дневно-ноќен ритам (намалена трансформација на серотонин во мелатонин),
- намалена секреција на естроген, како последица на намалената секреција на мелатонин, што се поврзува со можната појава на канцер на градата,
- мелатонинот ја намалува трансформацијата на линолеичната киселина во 13-HODE, со што се стимулира клеточна пролиферација, па оттука растот на некои видови на мултипни тумори може да биде потиснат преку активноста на мелатонин, чија концентрација при експозиција на ЕМП со екстремно ниска фреквенција е намалена,
- влијание врз хипоталамо-хипофизната оска, со промени во концентрацијата на LH ослободувачките хормони и гонадотропните хормони (LH и FSH)
- имунолошки промени (зголемување на бројот на лимфоцити и намалување на Т-хелперните клетки, намалување на нивото на лактат дехидрогеназата, котисолот, хормонот на раст и тестостеронот.

Епидемиолошки студии. Во последните 30 години се публикувани повеќе од 25 000 трудови за утврдување на влијанието на електромагнетните бранови врз здравјето на населението и на професионално експонираните работници.

Врз основа на овие сознанија, СЗО не го потврдува постоењето на негативни здравствени ефекти како резултат на изложеност на ниски нивоа на нејонизирачко зрачење. Но, СЗО не ја отфрла потребата за дополнителни истражувања за дефинирање на некои евентуални последици од хроничната долготрајна експозиција.

Во голем број на студии е потврдена појавата на хромозомски аберации, појава на микронуклеуси и сестрински хроматиди.

Во изминатиот период се спроведени 40 студии за поврзаноста со изложеноста на ЕМП со појавата на малигни болести во резиденцијални и 96 вакви студии за професионални услови. Во секоја од овие студии се укажува на слабости кои произлегуваат од проценката за постоење на други, дополнителни извори на изложеност на ЕМП и на други потенцијално канцерогени агенси. Оттука, заклучоците од овие студии мора да се земат со крајна претпазливост.

Епидемиолошките студии за појавата на канцер укажуваат дека осцилирачките електромагнетни бранови не можат да предизвикаат иницијација на малигното заболување, но може да се јават како ко-промотори или да влијаат врз прогресијата на малигниот процес. Ризикот за развој на леукемија кај децата изложени на дејство на магнетни бранови со јачина од 0.2 μT , односно 0.3 μT е за 2,7 т.е. 3,8 пати поголем во однос на општата популација. Ова е една од причините во 2002 година Меѓународната агенција за истражување на ракот магнетните полиња со екстремно ниска фреквенција да ги класифицира во групата 2Б како „можни канцерогени за луѓето“

Една студија на Шведскиот национален институт за професионално здравје, укажува дека кај адултната, професионално експонирана популација на магнетни полиња со јачина од <0,15 μT до 0,29 μT , ризикот за појава на хронична лимфоцитна леукемија се зголемува од 1 до 3,08, а за леукемија од 1 до 1,63.

Групата на мозочни тумори има инциденца на јавување од 6/100.000, меѓутоа примарните мозочни тумори (глиом и астроцитом) имаат значително поголема фреквенција на јавување кај работниците во индустријата за производство на струја. Интересна е студијата која укажува на статистички значајно почесто јавување на невробластом во детската возраст кај децата чии татковци биле професионално изложени на дејството на електромагнетни полиња, и тоа, во зависност од професијата и должината на професионалната експозиција, со стапка на превага од 2,13 до 11,75.

Влијанието на електромагнетните полиња со екстремно ниска фреквенција и зголемениот ризик за појава на карцином на градата се поврзува со нивното влијание врз намалувањето на нивото на мелатонин и зголемената изложеност на естрадиол.

Одредени автори во своите истражувања укажуваат на епидемиолошка поврзаност меѓу изложеноста и појавата на меланом, карцином на панкреасот,

глиобластом, астроцитом и карцином на црниот дроб и жолчните патишта.

Бројот на корисници на мобилни телефони се зголемува од година во година и се проценува дека има повеќе од 5 милиони корисници во светот. Тоа предизвикува јавно-здравствена загриженост за појава на глиом и акустичен невробластом.

Базирајќи се на епидемиолошките податоци за зголемена фреквенција на јавување пред се на овие два вида на тумори, поврзани со користењето на мобилни телефони, Меѓународната агенција за истражување на ракот во 2011 година ги класифицираше радиофреквентните бранови исто така во групата 2Б како „можни канцерогени за луѓето“

Епидемиолошките студии за репродуктивните ефекти не го потврдуваат штетното влијание врз репродукцијата, иако некои од нив укажуваат на зголемен ризик од спонтани абортуси и вродени малформации кај новороденчињата.

Епидемиолошките студии за невролошките промени евидентираат зголемено јавување на Алцхајмерова болест, појава на главоболка, депресија и појава на суицидални идеи, но само кај специфични групи од експонираната популација.

Клинички хумани студии. Резултатите од хуманите студии ги евидентираат следниве појави и промени на:

- кардиоваскуларниот систем – промени во срцевиот ритам за 3-5 удари/минута,
- централниот нервен систем и однесувањето – промени во електричната активност на мозокот и во времето на перцепција,
- хормоналниот и имунолошкиот статус - намалување на нивото на мелатонинот, што би можело да се поврзе со појавата на малигните заболувања,
- катаракта и изгореници на кожата - последица на професионална изложеност на високи експозициски дози.

Елекџромагнетна хиперсензитивност

Постојат одреден број на поединци кои даваат податок за постоење на различни симптоми, знаци и здравствени проблеми кои ги поврзуваат со нивната изложеност на електромагнетни полиња. Некои од нив укажуваат на лесни промени, со кои се справуваат преку намалување на изложеноста. Но, некои се толку сериозно засегнати, што се принудени понекогаш и да ја напуштат работата. Оваа изразена „хиперчувствителност“ кон електромагнетните полиња се нарекува „електромагнетна хиперсензитивност“. Овој термин го препознава и Светската здравствена организација и покрај многуте недоречености и контраверзи кои се поврзани со неговото објективното постоење. Неоспорен е фактот дека се уште не постојат јасни критериуми за дијагноза на електромагнетната хиперсензитивност и

не постои научна основа за поврзување на манифестните симптоми со изложеноста.

Електромагнетни хиперсензитивнос се карактеризира со голем број на неспецифични симптоми кои се разликуваат од поединец до поединец. Симптомите најчесто вклучуваат дерматолошки симптоми (црвенило, пецкање и печење), како и вегетативни симптоми (замор, проблеми со концентрацијата, вртоглавица, гадење, срцеви палпитации и дигестивни нарушувања).

Електромагнетната хиперсензитивност наликува на еден друг синдром наречен хемиска мултипна хиперсензитивност, што се поврзува со изложеноста на ниски концентрации на хемиски супстанции од животната средина. Двете синдромски нарушувања се карактеризираат со низа на неспецифични симптоми на кои им недостасува јасна токсиколошка или физиолошка основа за нивно објаснување. Можеби би требало за двете синдромски нарушувања да се користи општиот термин за чувствителност кон факторите на животната средина или идиопатска еколошки нетолеранција.

Со оглед дека не станува за научно признаена болест, а изложените лица укажуваат на сериозни здравствени проблеми, лекарите би требало да се фокусираат на медицински прегледи со цел нивното постоење објективно да се докаже и соодветно да се третираат сите специфични услови кои можат да бидат одговорни за нивното појавување и перзистирање. Но, исто така, посебно во професионални услови, е потребно да направи психолошка евалуација за да се идентификуваат алтернативни психијатриски / психолошки состојби кои би можеле да бидат одговорни за симптомите на болеста.

Појава на интерференција

Кога станува збор за ефектите на електромагнетните полиња, треба да се истакне дека појавата на интерференција може индиректно да доведе до негативни здравствени ефекти. Особено е значајна интерференцијата со:

- активни имплантирани уреди: срцевите пејсмејкери или други имплантирани електромагнетни уреди во човековиот организам, слушните амплификатори
- пасивни имплантирани уреди/помагала (вештачки колкови, остеосинтетски материјал, стентови, клипсови, вештачки валвули, метални контрацептивни импланти и др.

Поради тоа, работниците што се професионално изложени на електромагнетни бранови, а имаат некои од овие активни/пасивни импланти се нарекуваат уште **работници под посебен ризик (вulnerабилни работници)** во оваа група на vulnerабилни работници спаѓаат и бремените жени.

Покрај интерференцијата со електромагнетните медицински помагала и уреди, електромагнетните бранови уште:

- предизвикуваат треперење на сликата на видео-терминалската единица на компјутерите,
- создаваат бучава во форма на зуење и искрење кај високонапонските трансмисиони линии, генераторите и трансформаторите,
- индуцираат создавање на озон кај фотокопирните апарати и другите високоволтажни уреди, што индиректно укажува на надминување на здравствените стандарди при работа со фотокопирни машини.

Влијание врз здравје на електромагнетни полиња предизвикани од радиобрановите и микробрановите

Во рангот на радиофреквентните електромагнетни бранови не е можно да се предизвика клеточна стимулација и консеквентна дразба на нервните и мускулни клетки, како што е случај при изложеност на електромагнетните полиња со екстремно ниска фреквенција. Водечки механизам на очекуваните патофизиолошки промени кај радиобрановите и микробрановите е абсорпција на енергијата на електромагнетните бранови и последично загревање на ткивата и органите.

Меѓутоа, треба да се истакне дека, се уште постои неусогласеност меѓу патофизиолошките објаснувања и концепти за термичките и нетермичките ефекти на електромагнетните полиња од радиофреквентниот дел на спектарот. Тоа е предизвикано пред се со фактот дека на молекуларно ниво овие ефекти немаат термичка основа. Всушност, радиофреквентните електромагнетни полиња не предизвикуваат загревање на самите честичките, туку условуваат зголемување на брзината на нерегуларното движење на јоните и слободните електрони (Брауново движење), поради што се интензивира нивното меѓусебно судрување и триење, а тоа предизвикува загревање на ткивата.

Енергијата на електромагнетните бранови што ја апсорбираат ткивата и органите се нарекува специфична апсорпциска рата. Таа претставува широко распространета мерка за проценка на споредните термички ефекти. Електромагнетните бранови кои имаат фреквенција од 1 MHz до 10 GHz пенетрираат во изложените ткива продуцирајќи енергија која се абсорбира и ги загрева ткивата. Радиобрановите со фреквенција над 10 GHz се апсорбираат од површината на кожата и само мал дел пенетрира кон подлабоките слоеви.

Термички ефекти

Постојат автори кои укажуваат на нетермичките биолошки ефекти на радиобрановите и микробрановите, а некои (Колесник, 1961) воведуваат нов професионален ентитет наречен микробранов синдром. Меѓутоа, неопорно е дека при професионална експозиција на електромагнетни полиња од радиофреквентниот

дел на спектарот, доминираат термичките ефекти.

Човековиот организам има многу добро развиени и ефикасни системи за терморегулација и може соодветно да одговори на температурното оптеретување, и тоа пред се преку зголемување на капиларниот проток. Само неколку органи, како што се очите и тестисите, немаат способност за брз одговор, токму поради сиромашната капиларна мрежа. Поради тоа, за овие органи постои поголем ризик за термичко оштетување предизвикано од радиобрановите електромагнетни полиња.

Термичките ефекти зависат од степенот на апсорбирана енергија, а минималната апсорбирана енергија (SAR) која може да предизвика термички одговор изнесува 10 mW/cm^2 . Потребна е SAR од 4 W/kg за енергијата на радиобрановите да може да предизвика штетни ефекти кај човекот.

Оттука, во практичен смисол, сериозни биолошки промени може да се јават само доколку работникот се најде во непосредна близина и во главниот сноп на зрачење на изворите со голема сила (радио и ТВ-предаватели, силни радары и некои комуникациски системи).

Но, треба да се има во предвид дека некои здравствени состојби, како што се срцево-сировните болести, хипертензијата, дијабетесот, здебеленоста, како и земањето на некои лекови – диуретици, β -блокатори, калциум антагонисти, амфетамин, мускулни релаксансии и седативи и др., може да го пореметат нормалниот терморегулаторен одговор и да предизвикаат зголемено термално оптеретување.

Термичките ефекти (хипертермија) може да бидат:

- општи и
- локални

Општите хипертермија се јавува како последица на топлотно оптоварување на организмот кога терморегулациските механизми не се во состојба да ја одржат термичката рамнотежа. Овие ефекти најчесто ги предизвикуваат зрачењата со фреквенција од 30-300 Hz.

Индуцираното загревање поголемо од 1°C може да предизвика физиолошки и терморегулационен одговор, вклучувајќи го и намалувањето на способноста за соодветно извршување на ментални и физички активности.

Индуцираното загревање може да предизвика промени во развојот на фетусот. Вродени аномалии може да се појават ако температурата на фетусот биде зголемена за $2\text{-}3^\circ\text{C}$ во траење од повеќе часови.

Локалните хипертермија претставува површинско загревање на одделни делови од телото, што се јавува како последица на изложеност на зрачење со фреквенција помала од 30 Hz и поголема од 2000 Hz.

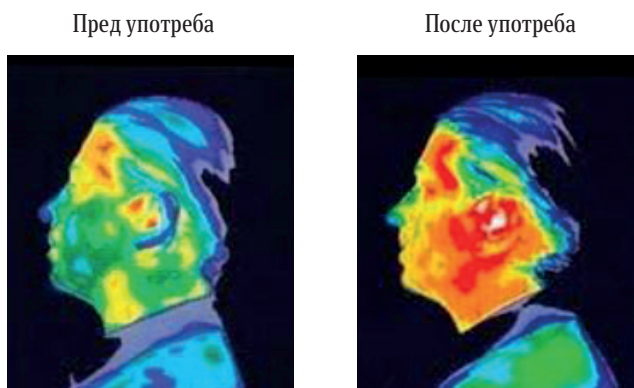
Локалните термички ефекти клинички се манифестираат како:

- промени на кожата (црвенило, изгореници и некроза на ткивото),
- иритација на очите или појава на катаракта,

- парестезии на рацете и прстите и пореметување на тактилниот сензибилитет
- нарушување во сперматогенезата и функцијата на овариумите,
- специфични оштетувања на одделни ткива и органи, како последица на фокусирање на зрачењето во подлабоките слоеви (врели точки).

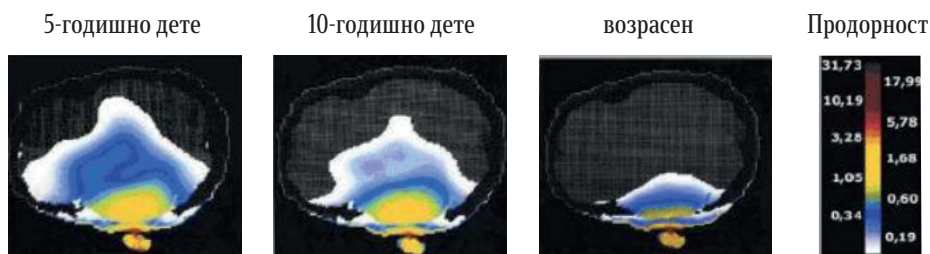
На следната слика се прикажани локалните термички ефекти во пределот на главата, регистрирани термографски и тоа по 15-минутно користење на мобилен телефон. Црвено обоените зони укажуваат на поголем степен на загреаност на структурите на главата.

Слика 7. Локални термички ефекти предизвикани од користење на мобилен телефон (пред и после употреба)



Кога се говори за мобилните телефони и нивната употреба, како и силната загриженост од последиците на нивната употреба, треба да се истакне дека електромагнетните полиња кои се јавуваат при нивното користење имаат значително поголема продорна моќ кај децата, отколку кај адултната популација. На следната слика е прикажана пенетрирачката моќ на овие бранови кај 5-годишно и 10-годишно дете, како и кај една возрасна личност.

Слика 8. Пенетрирачка моќ на GSM 900MHz зрачење



Нејтермички ефекти

Иако нетермичките ефекти предизвикани од микро и радиобранови не се целосно објаснети, честотата на нивното јавување кај професионално експонираните работници, ги вбројува во категоријата на можни нетермички професионално предизвикани биолошки ефекти. Тие ефекти се:

- келиски промени и промени на клеточниот мембрански потенцијал,
- периферна невропатија и промени на сензибилитетот на рацете при локално изложување на рацете,
- невростенични промени со доминантна манифестација на нервниот и кардиоваскуларниот систем (признаени во раните 60-ти години на минатиот век, а денес сè почесто оспорувани),
- нарушувања на имунолошкиот систем и
- лимфобластна трансформација на лимфоцитите,
- спазам на респираторна мускулатура.

Доколку некој метален предмет се најде во полето на зрачење во фреквентното подрачје од 300 Hz-100 kHz, можно е да дојде до појава на електрично празнење и создавање на лаци и искри и контакт со телото на работниците што се наоѓаат во близина. Тие предизвикуваат болка, печење на кожата, а при посилен празнења се јавува спазам на хранопроводот и респираторната мускулатура. Во некои случаи е забележана смрт кај професионално експонираните работници.

Лечењето е симптоматско и се однесува на третман на локалните изгореници и на евентуална контрола на постекспозицијскиот стрес.

ВЕШТАЧКОТО ОПТИЧКО ЗРАЧЕЊЕ (ВОЗ)

Речиси дека нема дејност или занимање каде работниците не се изложени на дејството на оптичко зрачење. Во електромагнетниот спектар брановите кои припаѓаат на оптичкиот спектар се наоѓаат меѓу микробрановите и X-зраците.

Во оптичкиот дел на спектарот спаѓаат инфрацрвените бранови, брановите од видливиот дел на спектарот и ултравиолетовите бранови. Според своето потекло овие бранови може да бидат:

- природни
- вештачки

Експозицијата на вештачко оптичко зрачење (ВОЗ) е поврзано со обезбедување на минимални барања за осветлување на работниот простор, со употреба на разни светлосни индикатори и отчитувачи и со друга опрема која го олеснува работниот процес на работниците.

Вештачкото оптичко осветлување е актуално и за сите вработени кои својата работа ја обавуваат во затворен простор каде се користи вештачко осветлување и/или компјутерски монитори, но и за оние кои работат во металургиската обработка на

металите, индустријата, металопреработувачката дејност, производството на стакло и пластика, здравството, фармацевтската индустрија, истражувачката дејност. Во широкиот спектар на потенцијално експонирани работници може да се вбројат и оние кои работат на отворен простор, а поради инсуфициентно природно осветлување користат дополнително вештачко осветлување, како и работниците во сообраќајот и транспортот, кои можат да бидат изложени на дејството на светлосните сигнални уреди или уредите од другите возила.

Без намера да се минимизира потенцијалниот штетен биолошки ефект на вештачкото оптичко зрачење како извор на осветлување во работните простории, треба да се спомене дека во случај тоа да се прекине, можно е да се јават многу сериозни безбедносни импликации, и тоа не само за работниот процес, туку и за сите вработени.

Дејности и занимања каде постои професионална експозиција на ВОЗ

Најзначајни дејности и занимања каде постои професионална експозиција на вештачко оптичко зрачење се:

- сите т.н. топли индустрии, како што се топење на руди и преработка на метал или стакло, каде печките емитуваат инфрацрвено зрачење,
- металопреработувачка дејност каде се користи заварување,
- производство на пластика каде се користи ласерско поврзување,
- печатарска индустрија, каде масилата и боите се поставуваат со процес на фото-индуцирана полимеризација.
- уметност и забава, каде што изведувачите, моделите или работниците на сцена и во просторот наменет за публиката, може да бидат директно осветлени од рефлектори и други светлосни ефекти,
- не-деструктивно тестирање со употреба на ултравиолетово зрачење за откривање на флуоресцентни бои,
- медицински третмани каде лекарите и пациентите може да бидат изложени на осветлување (пр. рефлектори во оперативни сали или дијагностичко-терапевтска употреба на оптичко зрачење),
- козметички третмани со користењето на ласери, ултравиолетово и инфрацрвено зрачење,
- големи продавници, отворени шопинг центри и/или магацински простори кои се осветлени од моќни светлосни извори,
- производство на лекови, истражувачки и/или дијагностички лаборатории каде се употребува ултравиолетова стерилизација,
- третман на отпадни води со ултравиолетова стерилизација,
- истражувачки лаборатории каде се применува ултравиолетово индицирана флуоресценција или се користат ласери.

Вештачкото оптичко зрачење може да се употребува при некои работни процеси

каде тоа е носител на работниот ефект (пр. воспоставување на флуоресцентен ефект кај пенетрирачките бои при нивна експозиција на ултравиолетово зрачење или ултравиолетова стерилизација на просторот).

Вештачкото оптичко зрачење може да се јави и како неизбежен и/или непосакуван спореден ефект на работниот процес (пр. ултравиолетовото зрачење што се јавува при заварувањето). Некои видови на вештачко оптичко зрачење се јавуваат само при несоодветно функционирање и/или употреба. Така, живините флуоресцентни лампи имаат надворешна обвивка која заштитува од несаканото УВ-Б и УВ-Ц зрачење, но доколку таа се оштети, тогаш изложеноста на овие зраци се зголемува и тоа соодветно на степенот на оштетување.

На следната табела се дадени најчестите дејности каде се употребува вештачко оптичко зрачење (ВОЗ) со различна бранова должина, како и дејностите каде што истото се јавува како нус производ на одредена технолошка операција, а не е носител на работниот и посакуваниот работен ефект.

Табела 3. Најчестата употреба на вештачките извори на оптичко зрачење и работни операции при кои доаѓа до нивно ослободување

Дел од спектрот	Употреба	Спореден ефект/ослободување
УВ-Ц	Гермицидна стерилизација Ирадијација на храна Дентална полимеризација Флуоресценција во лабораториите Фотолиотографија	Осветлување Лампи на проекторите Електро-лачно заварување
УВ-Б	Солариуми Фототерапија Флуоресценција во лабораториите Фотолиотографија	Гермицидни лампи Осветлување Лампи на проекторите Електро-лачно заварување
УВ-А	Флуоресценција (во лаборатории, неструктивно тестирање) Светлосни ефекти при забави Крим-детекција Откривање на фалсификати Маркирање Фототерапија, солариуми Стапици за инсекти Фотолиотографија	Гермицидни лампи Осветлување Лампи на проектори Електро-лачно заварување
Видлива светлина	Осветлување Индикаторски лампи Сообраќајна сигнализација Отстранување на влакна и капилари Стапици за инсекти Фотолиотографија Фотокопирање Проекција со проектор ТВ и компјутерски екрани (PC)	Солариуми Некои апарати за греење/ сушење Заварување
ИЦ-А	Осветлување за надзор Затоплување Сушење Отстранување на влакна и капилари Комуникација	Осветлување Заварување
ИЦ-Б	Затоплување Сушење Комуникација	Осветлување Заварување
ИЦ-Ц	Затоплување Сушење	Некои осветлени површени Заварување

Слика 9. Илустрација на најчестии примери за корисење на вештачко оптичко зрачење

Таванска флуоресцентна светилки зад дифузер	Таванска рефлекторка	Таванска флуоресцентна светила без дифузер	Серија од тавански флуоресцентни светилки без дифузер
			
Надворешен рефлектор со флуоресцентна сијалица и метална кутија	Столна лампа	Улична халогена светилка	Електрична стапица за инсекти
			
Компјутерски видеотерминал со катодна цевка	Дисплеј на лаптоп компјутер	Дигитален проектор	Дигитален систем за презентација
			
LED индикатор		Фотокопир	
			

Примена на вештачкото оптичко зрачење во медицината

Вештачкото оптичко зрачење има своја широка употреба во медицината и тоа при одредени дијагностички и терапевтски процедури, прикажани на следната табела.

Табела 4. Најчестиа примена на извори на вештачко оптичко зрачење во медицината

Дијагностички/работни постапки	Терапевтски цели
Осветлување за постигнување работни барања	Фототерапија со сина светлост
Осветлување во операциони сали	Ултравиолетова фототерапија
Осветлување при акушерски интервенции	Фотодинамска терапија (фотосензитирачка активација на лек со светлина)
Негативоскоп (читање на Ртг слики)	Ласер во физиотерапијата
Транслуминација	Хируршки ласер
Офталмолошки/отоскопски инструменти	Офталмолоски ласер
Ласер дијагностички инструменти (ретинален скенер)	Интензивна пулсна светлина (отстранување на влакна, брчки..)
Вод-ова лампа (флуоресценција)	Соларни стимулации

Слика 10. Илустрација на најчестии примери на апликација на извори на вештачко оптичко зрачење во медицината и козметологијата



Извори на вештачко зрачење што не претставуваат ризик во предвидливи околности

Треба да се истакне дека некои извори на вештачко оптичко зрачење, како што се на пример светлосните индикатори на електричните уреди, не претставуваат ризик за здравјето на експонираната популација „под разумно предвидливи околности“. Во светло на европските регулативи тие се нарекуваат „тривијални“ извори на вештачко оптичко зрачење.

Тривијални извори на вештачко оптичко зрачење се оние извори каде вкупната експозициона доза на професионално експонираниот работник е помала од 20% од експозициониот лимит, или каде изворите може да предизвикаат надминување на експозиционите лимити, но во екстремно ретки ситуации.

На следните две табели се дадени тривијалните извори на вештачко оптичко осветлување кои се сметаат за безбедни, како и оние извори кои при соодветна примена и употреба не претставуваат ризик за професионално експонираните работници.

Табела 5. Извори кои предизвикуваат незначајна изложеност на вештачко оптичко зрачење и која се смета за „безбедна“

Плафонски флуоресцентни лампи со дифузер околу нив
Компјутерски и други слични екрани
Плафонски компактни флуоресцентни осветлувања
Компактни флуоресцентни рефлектори
УВ-А стапици за инсекти
Тунгстенски лампи (плафонски или оние со крушки за спектар за дневно светло
Фотокопири
Опрема за интерактивна презентација
Индикаторски LED-диоды
Индикатори на возилата - за рикверц, кочници, светла за магла
Фотографски блиц светилки
Разни видови гасни греачи
Улични светилки

Табела 6. Извори и безбедни услови за користење на вешијачко оптичко зрачење

Извори	Услови за безбедно користење
Плафонски флуоресцентни светилки без дифузер околу нив	Безбедни, при нормална осветленост од околу 600 Lx
Метал/халогенска флуоресцентна светилка со жива	Безбедни, доколку предното покривно стакло е интактно и ако не е во линијата на погледот
Десктоп проектори	Безбедни, доколку не се гледа во снопот
УВ-А сино светло под низок притисок (со или без филтер) - предизвикуваат виолетов или плава отсјај или флуоресценција што се користи за откривање флуоресцентни бои, фалсификат на пари	Безбедни, ако не е во линија на погледот
Ласер тип - Класа1	Безбедни, ако покривката е интактна
Фаровите на возилата	Безбедни, ако се избегнува директното гледање во светлосниот сноп

Ласери и професионална изложеност

Електромагнетното зрачење од инфрацрвениот, видливиот и ултравиолетовиот дел од спектарот, широко се употребува за создавање на ласерско зрачење.

Ласер е направа (уред) кој емитира усмерено, кохерентно електромагнетно зрачење на една фреквенција (идеално), или во практиката, во еден тесен фреквентен појас од видливиот дел на спектарот. Употребата на ласерите започнува кон средината на 60-тите години од минатиот век и тоа најнапред во воената индустрија и истражувачките центри, а денес неговата употреба е распространета во индустријата, медицината, административните дејности и во домовите.

Самиот акроним LASER во себе го содржи објаснувањето на работниот ефект на ласерите и значи амплификација на светлоста преку стимулирана емисија на зрачење (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Ласерите создаваат насочен сноп од зраци од оптичкиот дел на електромагнетниот спектар.

Секој ласер во себе содржи активна материја (рубин, аргон, хелиум), која е затворена меѓу две огледала, од кои едното е полупроѕирно, а другото има својство на комплетна рефлексивност. Работниот механизам на ласерот се состои во спроведување на одредена надворешна енергија (електрична, светлосна, хемиска) до активната материја. Тоа доведува до нејзино ексцитирање и минување на атомите на активната материја во повисоко енергетско ниво. При враќањето на активната материја во

состојба како пред екситацијата, доаѓа до ослободување на фотони. Нивниот број повеќекратно се зголемува додека тие минуваат меѓу двете огледала, сè додека не излезат низ полупросирното огледало во вид на тенок, праволиниски, и строго насочен зрак, чија бранова должина и енергија зависат од активната материја.

За создавање на светлосни снопови со различна бранова должина, различни видови на ласери користат различни видови на активна материја и тоа гасови (хелиум-неон, хелим-кадмиум, аргон, кроптон, јаглороден диоксид, азот, ксенон флуорид), солидни супстанции (рубин, неодимиум, итербиум), течни бои и/или семикондуктори. Од употребената активна материја зависи и бојата на снопот.

Карактеристиките на ласерското зрачење се:

- кохерентност (ласерскиот сноп е временски и просторно усогласен),
- колиформност (ласерските зраци во снопот се насочени и паралелни) и
- монохромност (ласерскиот знак потекнува само од еден извор, т.е. само една точно одредена бранова должина).

Постојат два вида ласери:

- ласери со континуиран режим на работа и
- ласери со импулсен режим на работа.

Упо̀реба на ласерише

Започнувајќи од раните 70-ти години на минатиот век започнува масовната примена на ласерите како баркод скенери, а денес ги има во CD и DVD плеерите, компјутерските CD-ROM дискови и ласерските печатари. Многу детски играчки исто така имаат ласер и/или LED-диоди.

Ласерите денес имаат многу широка употреба во индустријата за забава и во шоу бизнисот. Тие се употребуваат во градежништвото, тунелоградбата (за одржување на линијата на градење), за мерење на растојанијата, нивелирање на градежниот терен, а во медицината за лекување на ретинопатиите и аблација на ретината, при дијагноза на меланом на кожата, инцизии, биостимулации, при литотрипсија и сл.

Иако безбедноста на ласерите при нивната употреба како за пациентите, публиката и за професионално експонираните работници не е целосно потврдена или отфрлена, проценката на ризикот би требало да се прави за секој поединечен случај за јавна и масовна употреба на ласер.

На следната табела се дадени најчестите активности каде се употребуваат ласерите.

Табела 7. Примена на ласериите во одделни дејносии

Дејност	Примери за употреба
Обработка на материјали	Сечење, заварување, ласерско обележување и гравирање, дупчење
Оптичко мерење	Мерење на растојанија, геодетски мерења, големина на честички, ласерска велосиметрија, ласерски виброметри,
Медицинска употреба	Офталмологија, рефрактивна хирургија, фотодинамичка терапија, дерматологија, ласерски скалпел, васкуларна хирургија, медицинска дијагностика
Оптичко складирање на информации	Компакт дискови, DVD, ласерски принтери
Спектроскопија	Идентификација на супстанции
Холографија и забава	Ласерски шоу програми, ласер-покажувачи

Слика 11. Илустрација на најчестии примери за примена на ласериите



Класификација на ласериите

Ласер е секој уред кој може да биде произведен да создава и шири електромагнетно зрачење во подрачје на бранови должини на оптичко зрачење, првенствено преку процес на контролирана стимулирана емисија, а ласерското зрачење е она зрачење кое го создаваат ласерите при нивната употреба.

Со оглед на вака широката примена на ласерите и тоа од и за луѓе кои не се специјалисти за ласерска технологија, неопходно е воспоставување на класификација на ласерите според нивото на нивната безбедност.

Според Британскиот стандард од 1994 година и неговото надополнување од 2002 година постојат неколку безбедносни класи на ласерите и тоа: класа 1, класа 1M, класа 2, класа 2M, класа 3R, класа 3B и класа 4.

Класа 1

Ласери од класа 1 се производи каде зрачната енергија на емитираниот ласерски сноп е достапен и секогаш е под максималното дозволено ниво на изложеност. Изложеноста на ласерски сноп од класа 1 не може да предизвика оштетување на очите и оттука тие се прифаќаат како безбедни. Во одредени случаи ласерскиот сноп може да има карактеристики на повисоките класи, но со инженерска контрола на пристап кон снопот се обезбедува нивна безбедност од класа 1. Во оваа категорија спаѓаат ласерските принтери и компактните ЦД-плеер.

Класа 1M

Ласерите од класа 1M имаат или поголема дивергенција на ласерскиот сноп или поголем дијаметар на снопот отколку ласерите од класа 1. Поради тоа, снопот може да навлезе во окото, но само доколку ласерскиот производ се користи со зголемувачки оптички инструмент (фибер-оптичка комуникација)

Класа 2

Ласерите од класа 2 се ограничени само на оние со максимална излезна снага од 1 mW и бранова должина на снопот меѓу 400-700 nm. Во случај на акцидентална или изложеност на очите поради несоодветна употреба на ласери од оваа класа, експонираните лица може да се заштитата со неволно и рефлексно затварање на очите и вртење на главата во правец спротивен на насоката на движење на ласерскиот сноп, со што се прекинува експозицијата. Повторуваната експозиција може да биде ризична. Ласерските покажувачи и бар-код читачите спаѓаат во оваа категорија на ласери.

Класа 2M

Во оваа класа спаѓаат ласерите кои имаат поголема дивергенција или поголем дијаметар на снопот. Зраци имаат бранова должина од 400-700 nm, а само мал дел од целиот ласерски сноп може да навлезе во очите и тоа со ограничување од 1 mW на излезната снага, слично како и кај класата 2. Ласерите од оваа класа би можеле да бидат потенцијално опасни и да предизвикаат оштетување на очите особено ако се користат со оптички зголемувачи или ако изложените лица користат оптички помагала, посебно бинокуларни очила. Ласерите за одредување на ниво и т.н. позициони ласери (обележување, маркирање и нишанење) најчесто спаѓаат во оваа група на ласери.

Класа 3P (3R)

Ласерите од класа 3P (3R) се помоќни уреди во однос на ласерите од класа 1 и 2 и имаат максимална снага на моќност од 5 mW или за 5 пати поголема дозволена доза на изложеност во однос на ласерите од класа 1. Ласерскиот сноп кај овој тип на ласери го надминува максимално дозволеното ниво за акцидентална експозиција и може да предизвика оштетување на очите.

Ласерските покажувачи според својата снага може да бидат од класа 1, класа 2 или класа 3. Ласерските покажувачи кои не надминуваат моќност од 5 mW и порано беа класифицирани како 3B класа, сега се групирани како производи од класа 3R. Со новата класификација на Меѓународната електротехничка комисија, се заменуваат некогашните класи 3A и 3B.

Класа 3B

Класата 3B ласери имаат излезна моќ до 500 mW. Тие може да предизвикаат оштетување на очите од директниот сноп или од рефлексијата која може да ја предизвикаат. Тежината на последиците зависи од снагата на ласерскиот сноп при навлегување во очите и од должината на изложеност. Во оваа категорија вообичаено спаѓаат ласерите што се користат во физикалната терапија и ласерите што се користат во истражувачки цели.

Класа 4

Ласерите од класа 4 имаат излезна моќност поголема од 500 mW. Не постои горна граница за дозволена излезна моќност на ласерите. Овие ласери имаат способност да предизвикаат повреди на очите и на кожата, а исто така претставуваат и опасност за предизвикување на пожар. Ласерите што се користат за сечење на метали и хируршките ласери, спаѓаат во оваа категорија. Во оваа група се ласерите за медицинска употреба и тоа во општата хирургија, офталмохирургијата, за отстранување на влакна и тетоважи, за отстранување на бемки, цисти сл. Во медицината најчесто се користат ласери со CO₂, аргон, криптонхелиум-неон, рубин и др.

ЗАКОНСКИ ОСНОВИ НА ПРОФЕСИОНАЛНАТА ИЗЛОЖЕНОСТ НА ВЕШТАЧКО ОПТИЧКО ЗРАЧЕЊЕ

Со цел да се идентификуваат штетностите и опасностите во работниот процес што се поврзани со изложеност на вештачко оптичко зрачење и да се спречи надминување на граничните вредности на изложеност што можат да доведат до оштетување на здравјето и работната способност на професионално експонираните работници, кон

крајот на 2012 година е објавен Правилникот за минималните барања за безбедност и здравје при работа на вработени од ризици поврзани со излижување на физички агенси (вештачко оптичко зрачење - Сл. Весник на РМ бр. 132/2012 година).

Во Правилникот за минимални барања за безбедност и здравје при работа на вработените од ризици поврзани со изложување на физички агенси (вештачко оптичко зрачење) се дадени дефиниции, гранични вредности за изложеност, обврски на работодавачите, вклучувајќи ја и проценката на ризик на работно место, мерки за избегнување и минимизирање на ризикот, за информирање и обука на работниците, како и мерките за медицински надзор и контрола на нивното здравје (медицинско следење).

Под поимот оптичко зрачење се подразбира секое електромагнетно зрачење во подрачје на бранови должини меѓу 100 nm и 1 mm и тоа:

- инфрацрвено зрачење е оптичко зрачење во подрачје на бранови должини меѓу 780 nm и 1 mm кое е поделено на 3 спектрални подкатегории:
 - ИРА (IRA) со бранова должина од 780-1400 nm,
 - ИРБ (IRB) со бранова должина од 1400-3000 nm и
 - ИРЦ (IRC) со бранова должина од 300 nm – 1 mm,
- видливо зрачење е оптичко зрачење во подрачје на бранови должини меѓу 380 nm и 780 nm,
- ултравиолетово зрачење е оптичко зрачење во подрачје на бранови должини меѓу 100 nm и 400 nm, кое е поделено во 3 спектрални подкатегории:
 - УВА (UVA) со бранова должина од 315-400 nm,
 - УВБ (UVB) со бранова должина од 280-315 nm и
 - УВЦ (UVC) со бранова должина од 100-280 nm.

Во Правилникот за минимални барања за безбедност и здравје на работа при експозиција на вештачко оптичко зрачење се дадени и одредбите што се однесуваат на граничните дози на изложеност и потенцијалните штетни ефекти врз здравјето предизвикани од инфрацрвеното и зрачењето од оптичкиот дел на спектарот, но и граничните вредности на изложеност и потенцијалните штетни ефекти предизвикани од ласери.

Дефиниции на најчесто корисени поими

Гранични вредности на изложеност се граници на изложеност на оптичко зрачење кои се базираат директно на утврдените влијанија врз здравјето и биолошките согледувања.

Ирадијација (E) или густина на моќност е влезна моќност на изворот на зрачење по единица површина, изразена во вати на квадратен метар ($W m^{-2}$)

Изложеност на извор на зрачење (H) е интегрално време на зрачење, изразено во цули на квадратен метар ($J m^{-2}$).

Зрачење (L) е светлински флуks или излезна моќност по единица по просторен агол по единица површина, изразен во вати на квадратен метар по стерадијан ($W m^{-2} sr^{-1}$).

Ниво е комбинација на ирадијација и на зрачење на кое е изложен вработениот.

Треба да се истакне дека граничните вредности на изложеност за природни, се разликува од вештачките извори на некохерентно оптичко зрачење, исто како што се разликуваат и граничните вредности за изложеност при работа со ласери.

ВЕШТАЧКО ОПТИЧКО ЗРАЧЕЊЕ И ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕ

Оптичкото зрачење најчесто се апсорбира од површинските слоеви на човековото тело, па оттука најчесто се засегнати откриените делови на кожата и очите, иако не ретко може да се јават и системски ефекти, што зависи од брановата должина, дозата и од времето на изложеност.

Оптичко зрачење од различни делови на електромагнетниот спектар предизвикува различни ефекти. Вообичаено фотохемиските ефекти се карактеристични за изложеност на ултравиолетовиот дел на спектарот, додека термичките ефекти се последица на изложеност на инфрацрвениот дел од спектарот. Ласерите дополнително може да предизвикаат штетни ефекти поради ексцесивната апсорпција на енергија.

Биолошките ефекти може да бидат:

- акутни, што се резултат на каткотрајна изложеност на големи дози и
- хронични, што вообичаено се последица на пролонгирана и повторувана експозиција.

Акутните ефекти најчесто се последица на експозиција која ги надминува препорачаните вредности, иако треба да се одбележи дека постојат големи разлики во индивидуалните реакции. Така, кај луѓе кои се екстремно фотосензибилни можно е да се јават одредени штетни ефекти и кога препорачаните гранични вредности не се надминати. За хроничните ефекти не постои гранична експозиција под која тие не би се јавувале.

На следната табела се прикажани најчестите биолошки ефекти предизвикани од изложеност на вештачко оптичко зрачење со различна бранова должина.

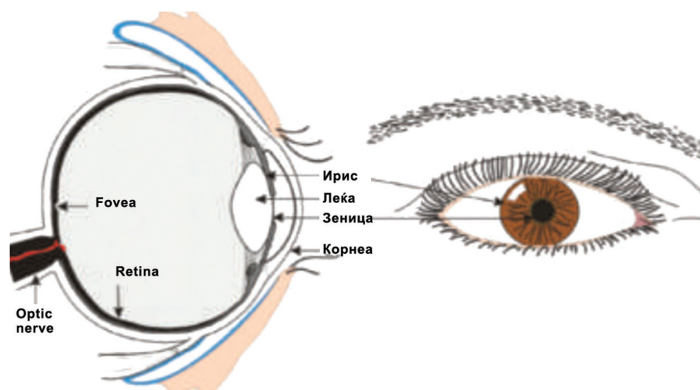
Табела 8. Приказ на најчестите зафатени делови на телото и очекувани негативни ефекти врз здравјето при експозиција на ВОЗ

Бранова должина (nm)	Зафатен дел од телото	Здравствени ефекти
180-400 (УВ-А, УВ-Б и УВ-Ц)	Роговица Конјунктива Леќа Кожа	Фотокератит Конјунктивит Катарактогенеза Еритем Еластоза Карцином на кожа
315-400 (УВ-А)	Очна леќа	Катарактогенеза
300-700 (сина светлина)	Очна мрежница	Фоторетинит
380-1400 (видлива и ИР-А)	Очна мрежница	Изгореници на мрежницата
780-1400 (ИР-А)	Очна мрежница	Изгореници на мрежницата
780-3000 (ИР-А и ИР-Б)	Очна леќа Роговица	Изгореници на рожницата Катарактогенеза
380-3000 (видлива, ИР-А и ИР-Б)	Кожа	Изгореници на кожа

Како што се гледа од погоре прикажаната табела два најкритично зафатени органа се очите и кожата.

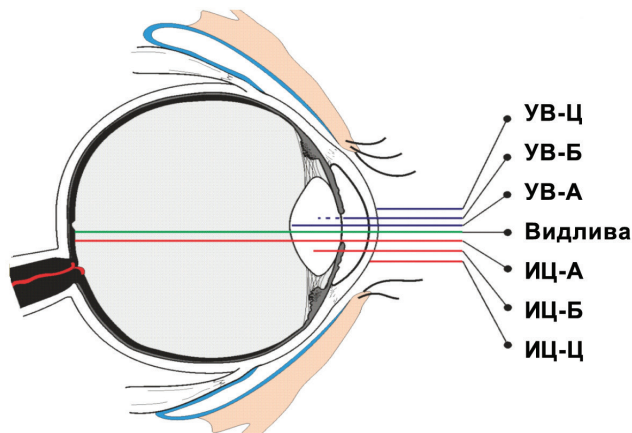
Во продолжение е даден приказ на анатомијата на окото, неговите составни делови и начин на функционирање т.е. создавање на слика, а со цел понатаму да се прикаже навлегувањето на оптичките зраци и механизмот на оштетување.

Слика 12. Структура на око



Светлосниот зрак навлегува во окото минувајќи низ различни анатомски структури. Тој минува низ роговицата (cornea) која претставува преден дел на надворешната, фиброзна обвивка на очите со пречник од околу 8 мм., низ отворот на зеницата (pupil), леќата (lens) и стаклестото тело (corpus vitreous) и се фокусира во мрежницата (retina). Фоторецепторите во мрежницата светлосниот зрак го претвараат во електричен импулс, а очниот нерв (optic nerve) ги прима сигналите од овие импулси и ги пренесува кон мозокот.

Слика 13. Навлегување на бранови со различна бранова должина во окоито

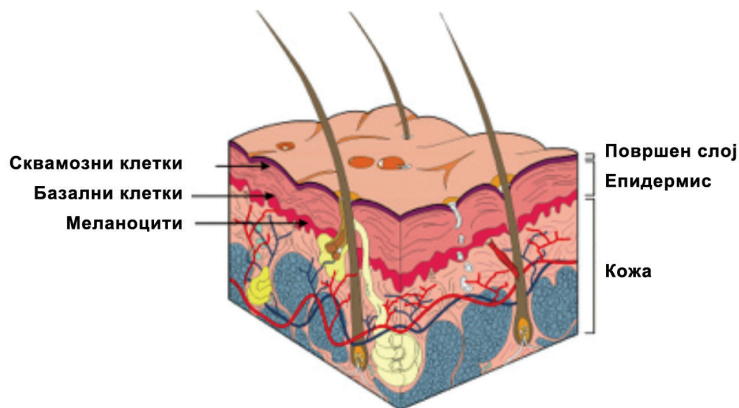


Легенда: УВ - ултравиолетови бранови
ИЦ - инфрацрвени бранови

Како што се гледа од сликата, само брановите од видливиот дел од спектарот и ИЦ-А брановите имаат способност да ги минат сите структури на окото и да допрат до мрежницата. Брановите од ИЦ-Ц и УВ-Ц подрачјето на спектарот ги апсорбира роговицата (корнеа), додека ИЦ-Б и УВ-Б брановите навлегуваат во леќата. Според енергијата која ја носат со себе УВ-А брановите имаат можност да навлезат само до задниот ѕид на очната леќа.

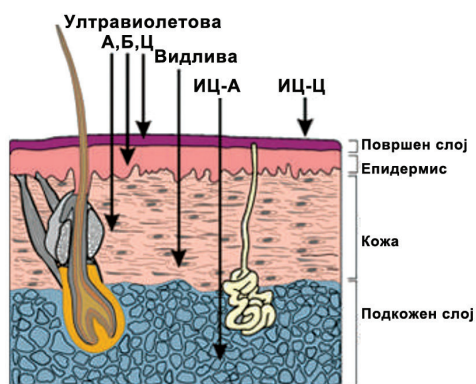
Соодветно на приказот на анатомските структури на окото и пенетрирачката моќ на електромагнетните бранови од видливиот дел на спектарот низ него, во продолжение е даден сликовен приказ на анатомските структури на кожата и моќта на вештачкото оптичко зрачење да продира низ нив.

Слика 14. *Анатомски составни делови на кожата*



Кожата е составена од три слоја и тоа: орожат дел (stratum corneum), површински слој на кожата (epidermis) и кожа или крзно (dermis). Во него се наоѓаат колагени влакна, завршетоците на нервните влакна, потни жлезди, фоликули на влакната и крвни садови. Во базалниот слој на епидермисот се наоѓаат меланоцитите кои како меланин-продуцирачки клетки се одговорни за создавањето на меланин, што е поврзано со бојата на кожата и претставува еден вид на заштитен механизам на кожата.

Слика 15. *Навлегување на зрациите од оптичкиот дел на спектарот во кожата*



Ултравиолетовите зраци во зависност од нивната бранова должина може да бидат задржани во орожениот дел на кожата (УВ-Ц), исто како и ИЦ-Ц зраците или да навлегуваат во подлабоките структури на кожата. Најдлабоко навлегуваат ИЦ-А зраци кои доспеваат до поткожниот слој.

Ултравioletово зрачење и влијание врз здравје

Биолошките ефекти предизвикани од ултравioletовото зрачење може да се поделата на:

- акутни ефекти и
- хронични ефекти.

Акутните ефекти се вообичаено поврзани со надминување на граничната вредност на изложеност, додека хроничните ефекти не се поврзани со примената доза на зрачење и се резултат на долготрајна експозиција и кумулативни ефекти на ултравioletовото зрачење.

Ултравioletовото зрачење предизвикува биолошки ефекти на:

- очите,
- кожата,
- имунолошкиот систем.

Ефекти на очите

Ултравioletовото зрачење кое доаѓа до очите се абсорбира од страна на корнеата и очната леќа. Промените на очите што се последица на прекумерна изложеност на УВ-зрачење можат да бидат:

- акутни и
- хронични.

Акутни промени на очите. Акутниот одговор на очите на прекумерна изложеност на УВ-зрачење се фотокоњунктивитис и фотокератитис. Тие се јавуваат поединечно или здружено и тоа најчесто само по неколку часа од експозицијата. Во клиничката слика доминираат: црвенило на конјунктивите на очите, солзење и изгореници на околните кожни структури. И двете промени се многу болни и се јавуваат само по 30-тина минути од експозицијата. Тие се реверзибилни, спонтано се повлекуваат во наредните неколку денови и не оставаат трајни последици. За нив се употребува општо прифатениот термин „снежно слепило“ или „слепило на заварувачите“.

Хронични промени на очите. Катарактата е најчеста хронична промена на окото која се јавува како последица на експозиција на УВ-зраците и на последичната денатурација на протеините во леќата. Долготрајната, хронична изложеност на предните структури на окото на УВ-зрачење доведува до појава на кератопатија и акумулација на жолтеникаво-кафеави депозити (плаки) на конјунктивата и корнеата, појава на птериgium (новоформирана ткивна структура која може да се локализира над корнеата) и/или пингвекула (новоформирана жолтеникава лезија на конјунктивата).

Иако најголем дел на енергијата на УВ-зрачењето се абсорбира од предните структури на окото и леќата, околу 1% продира до ретината и понекогаш може

да предизвика нејзино оштетување. Ретината нормално се заштитува од акутно оштетување преку неволно, рефлексно затварање на очите и спречување на навлегување на видливата светлост. Но, УВ-зрачењето не го предизвикува овој рефлекс и ризикот за оштетување на ретината објективно е многу поголем. При тоа доаѓа до создавање на фотохемиски продуцирани слободни радикали кои ги оштетуваат структурите на ретиналните клетки.

Ефекти на кожата

Промените на кожата кои се последица на прекумерна изложеност на ултравиолетово зрачење се:

- црвенило и изгореници на кожата,
- карцином на кожата,
- меланом на кожата.

Црвенило и изгореници на кожата. Последица на експозицијата на УВ-зраците е создавањето на меланин во кожата и нејзино потемнување и задебелување. Со тоа се намалува (се ограничува) пенетрирањето на УВ-зраците во подлабоките слоеви на кожата, што претставува значаен одбранбен и заштитен механизам на кожата.

Екссесивна изложеност на кожата на УВ-зрачење предизвикува еритем (црвенило) на кожата, оток и болка. Симптомите може да бидат многу сериозни, достигнувајќи максимум по 8-24 часови од експозицијата, со постепено јавување на сувост и лупење на кожата во наредните 3-4 денови. Ова може да биде следоно со постепено потемнување на кожата (одложено потемнување) или брза, но привремена промена во кожната пигментација.

Промените зависат од интензитетот и времетраењето на изложеноста, како и од типот на кожата. Според типот на кожата се разликува иницијалната-гранична доза на изложеност која предизвикува црвенило, изгореници и/или пликови.

Некои луѓе покажуваат абнормален одговор на кожата при изложеност на ултравиолетово зрачење поради генетски, метаболички или други пореметувања, или поради примање на некои лекови или хемикалии кои имаат фотосензибилизирачки ефекти.

Карцином на кожата. Потенцијална последица на долготрајна изложеност на ултравиолетово зрачење е и појавата на карцином на кожата. Станува збор за немеланомни малигни промени на кожата. Кожниот карцином се јавува во две различни хистопатолошки форми, и тоа базален и сквамозен карцином. Најчеста локализација се отворените делови на телото како што се лицето, вратот и рацете, со оглед дека тие се и најчесто изложени на повторувачкото влијание на УВ-зрачењето. Кумулативната експозиција на УВ-зраци има значајно место во развојот на карцином на кожата. Тежината на клиничката слика и исходот на болеста зависат од фазата во која е откриено заболувањето и применетиот терапевтски третман.

Меланом на кожата. Најсериозна последица врз кожата која се јавува при изложеност на УВ зрачење е појавата на малигниот меланом. Тој се јавува значително поретко во однос на останатите малигни промени на кожата, но затоа претставува најчеста причина за смрт во однос на сите малигни заболувања на кожата.

Ризик за појава на меланом имаат лица:

- со поголем број атипични бемки и светла боја на кожата,
- со сини очи и црвена или светла коса,
- кои живеат на места со поголема надморска височина,
- кои имаат анамнеза за повторувано црвенило и сончеви изгореници на кожата, особено во раната детска возраст.

Јавување корелира со генетските и други индивидуални карактеристики, а улогата на кумулативното влијание не е сосема дефинирана. Во секој случај, фреквенцијата на јавување е поголема кај лицата со претходна епизода на немеланомен карцином на кожата и кај оние со евидентна сончева кератоза. Имајќи предвид дека овие две состојби се поврзани со кумулативното дејство на УВ-зраците, може индиректно да се констатира дека таква поврзаност постои и за малигниот меланом.

Промени на имунолошкиот систем

Имунолошкиот систем на човекот има многу силна и ефикасна моќ за распознавање на голем број микроорганизми и непознати супстанции и создавањето на соодветен имунолошки одговор.

Постојат евидентирани податоци за имуносупресивни ефекти кои се последица и на краткотрајна (акутна) и на долготрајна (хронична) изложеност на ниски нивоа на УВ-зрачењето.

Голем број студии го потврдуваат влијанието на УВ-зраците врз активноста и дистрибуцијата на Т и Б-лимфоцитите, а со тоа и зголемувањето на ризикот од вирусни, бактериски, паразитарни или габични инфекции. Утврдено е дека УВ-зраците може да влијаат и врз намалување на ефективността на некои видови вакцинација, што може да има посебно јавно-здравствено значење.

Експериментите на животни покажуваат дека експозицијата на УВ-зраци ги зголемува фреквенцијата и тежината на јавување на одделни видови тумори. Хуманите студии, пак, покажуваат дека луѓето кои се третирани со имуносупресивни препарати имаат значително поголема фреквенција на јавување на сквамозен карцином во однос на општата популација.

Професионална експозиција на природни извори на ултравиолетово зрачење

Природното УВ-зрачење претставува сериозен здравствен и професионален ризик за работниците кои работат на отворено, а тоа се пред се земјоделците и градежните работници. Механизмот на биолошките ефекти и оштетувањето на целните органи (кожата и очите) не се разликуваат според тоа дали станува збор за природни или вештачки извори на УВ-зрачење. Но, затоа се разликуваат превентивните програми и специфичните превентивни мерки. Професионалните активности на градежните и на други работници кои работат на отворен простор треба да се редуцираат во најмала можна мера, особено во периодот од 2 часа пред и по највисокиот зенит на сонцето. Доколку работата сепак мора да се извршува и во овој период од денот, задолжително е носење на заштитна облека, капа и очила.

Индекс на ултравиолетово зрачење (УВ-индекс)

Кога станува збор за штетните ефекти на ултравиолетовото зрачење и потребата за заштита, индексот на УВ-зрачењето (УВ-индекс) се наметнува како добар инструмент за информирање на населението и за подигање на нивната јавна свест.

УВ-индексот е воспоставен за превенција на хроничните дегенеративни и на малигните промени на кожата. Досегашниот концепт, кој се базирало врз дефинирање на времето на изложеност што е потребно за појава на изгореници, се покажа како несоодветен, иако корисен за нивна превенција. Но, тој пристап не овозможуваше превенција од кумулативниот ефект на УВ-зрачењето, како најзначаен елемент во развојот на малигните промени на кожата, појавата на катаракта и имunosупресивните ефекти. УВ-индексот ги инкорпорира во себе можностите за превенција на изгорениците на кожата, но и на останатите хронични промени.

УВ-индексот е мерка за интензитетот на УВ-зрачењето на површината на земјата. Тој претставува релевантен индикатор за процена, а оттука и за превенција на потенцијалните и очекуваните негативни здравствени ефекти кои се последица на изложеност на УВ-зрачење.

Секојдневно, редовно и навремено информирање за УВ-индексот и брзите, достапни и лесно применливи пораки базирани врз неговата вредност, имаат посебно значење за заштита на вулнерабилните популациони групи - децата, туристите, земјоделските и градежните работници.

За вредноста на УВ-индексот постои стандардизирана скала од 11 степени. Тие се користат за утврдување на 5 степени на ризик: низок, умерен, висок, многу висок и екстремно висок.

Табела 9. Утврдување на степенот на ризик во зависност од вредноста на УВ-индексот

Степен на ризик	УВ-индекс (вредност)
низок	< 2
умерен	3, 4 и 5
висок	6 и 7
многу висок	8, 9 и 10
екстремно висок	11+

Базични пораки за заштита, кои произлегуваат од примената на УВ-индексот се:

- да се ограничи времето на изложеност во пладневните и попладневните часови,
- да се користи засолнувањето во сенка,
- да се носи заштитна облека,
- да се носи капа или шапка со широк штит кој ќе ги затскрива очите, лицето и вратот,
- да се носат очила,
- да се употребува заштита на кожата со заштитни средства со фактор поголем од 15,
- да се обезбеди заштита на бебињата и малите деца,
- да се обезбеди заштита на домашните миленичиња.

Примената на овие заштитни мерки во зависност од нивото на УВ-индексот е дадена на следниов приказ.

Слика 16. Препорачана шема со мерки за заштита според УВ-индексот со примена на меѓународно кодирани бои за степенот на ризик



Треба да се истакне дека ова се специфични мерки за заштита од штетното влијание од ултравиолетовото, но не и од топлотното зрачење. Прашањето на заштита на здравјето и работната способност на работниците кои работат на отворено во услови на високи температури се регулира со примена хумидекс-индексот и индексот на црниот глобус термометар.

ЗРАЧЕЊЕ НА ВИДЛИВИОТ ДЕЛ ОД СПЕКТАРОТ (ЗРАЧЕЊЕ НА ВИДЛИВАТА СВЕТЛИНА) И ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕТО

Биолошките ефекти предизвикани од влијанието на зрачењето од видливата светлина се делат во две групи:

- биолошки ефекти врз кожата и
- биолошки ефекти врз очите.

Влијание врз кожата

Видливата светлина (зрачење) навлегува во кожата и може да предизвика покачување на локалната температура, доволна за да предизвика појава на изгореници. Тоа доведува до појава на компензаторен одговор во вид на зголемување на крвниот проток што доведува до ослободување на ексцесивната температура и зголемување на перспирирацијата. Доколку озрачувањето е недоволно за да доведе до акутни изгореници (во период пократок од 10 секунди), ќе биде ангажиран соодветен физиолошки одговор кон зголемената температура.

При пролонгирана експозиција на зголемена температура и температурен стрес најнапред доаѓа до зголемување на температурата на јадрото на телото и се покренуваат соодветни термодинамски механизми. Но, овие промени се предмет на следење на ефектите предизвикани поради пореметување на температурниот конфор и не се однесуваат на вештачкото оптичко зрачење.

Влијание врз очите

Со оглед дека главна функција на очите е да ја собираат и да ја фокусираат светлината во специфичните структури на очната мрежница, јасно е дека таа е значително повеќе под ризик за оштетување при професионална експозиција на вештачка видлива светлост. Гледањето во светлосниот извор може да предизвика оштетување на мрежницата, а доколку светлосните зраци се фокусираат во макулата (пр. при гледање во ласерскиот сноп), тогаш тоа може да предизвика сериозни оштетувања на видот. Во вакви случаи најчесто се активира брзиот рефлексен одговор (за помалку од $\frac{1}{4}$ од секундата) со затворање на зеницата и намалување на ретиналното озрачување со фактор 30.

Ретиналната температура може да се зголеми за 10-20°C и тоа води кон иреверзибилни оштетувања како последица на денатурација на протеините од клетките на мрежницата. Видливата светлина може да предизвика слични фотохемиски оштетувања на ретината како УВ-зрачењето, особено од бранови со должина од 435-440 nm. Тоа е ризик поврзан со изложување на т.н. „сина светлина“.

Хроничната експозиција на вештачка видлива светлина може да предизвика фотохемиски оштетувања на ретината со консекутивно намалување на колорниот вид и способноста за гледање ноќе.

При професионална експозиција на видлива светлина (или ласер со бранови од овој дел на спектарот) може да се јави еден специфичен вид на професионална експозиција кога зрачењето навлегува во паралелни снопови и тогаш доаѓа до драматично концентрирање на енергијата на двата снопа на релативно мал простор со можни сериозни и иреверзибилни оштетувања на мрежницата. Се претпоставува дека ова може да ја зголеми енергијата на зрачење за 500.000 пати.

ЗРАЧЕЊЕ НА ИНФРАЦРВЕНИОТ ДЕЛ ОД СПЕКТАРОТ И ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕ

Зрачењето на инфрацрвениот дел од електромагнетниот спектар се дели во три дела и тоа:

- инфрацрвено зрачење А (ИЦ-А)
- инфрацрвено зрачење Б (ИЦ-Б)
- инфрацрвено зрачење Ц (ИЦ-Ц)

Инфрацрвено зрачење ИЦ-А

Влијание врз кожата

Инфрацрвените зраци пенетрираат до неколку сантиметри во длабочина во кожните структури и достигнуваат до самиот дермис. Тоа ги предизвикува истите термални ефекти како и видливата светлина.

Влијание врз очите

Слично како и видливото оптичко зрачење, инфрацрвеното зрачење се фокусира преку корнеата и леќата и се пренесува до мрежницата. Тоа може да предизвика слични термални оштетувања како и видливата светлина. Но, мрежницата не го детектира ИЦ-А зрачењето и поради тоа окоето не може да се заштити со рефлексно затварање на зеницата. Подрачјето на спектарот од 380-400 nm (видливо и ИЦ-А зрачење) вообичаено се нарекува „ретинално ризично подрачје“.

Хроничната изложеност на ИР-А може исто така да предизвика катаракта, но поради малата енергија која фотоните ја носат со себе, не може да предизвика фотохемиски индуцирано оштетување на леќата и/или ретината.

Инфрацрвено зрачење ИЦ-Б

Влијание врз кожата

Инфрацрвенто зрачење ИЦ-Б продира помалку од 1 мм во кожните структури и ги предизвикува сличните термални ефекти врз кожата како и видливото и ИЦ-А зрачењето.

Влијание врз очите

Кога станува збор за ефектите врз очите треба да се истакне дека очната водичка претставува многу добар апсорбер на електромагнетните бранови од ИР-Б спектарот со бранова должина поголема од 1.400 nm., додека стаклестото тело со успех ги атенуира брановите со поголема бранова должина. Оттука ретината е релативно добро заштитена од штетното влијание на ИР-Б зраците од оптичкиот спектар. Но, треба да се истакне дека загревањето на очната водичка може да ја зголеми температурата на очната леќа која не е васкуларизирана и поради тоа нема терморегулациски способности. Оттука, изложеноста на ИР-Б вештачко оптичко зрачење може да води кон појава на катаракта, што претставува едно од релативно честите професионални заболувања, особено кај стаклодувачите, прободарите и др.

Инфрацрвено зрачење ИЦ-Ц

Влијание врз кожата

Инфрацрвените зраци од ИЦ-Ц спектарот имаат најмала продорна моќ во однос на сите други бранови од оптичкиот дел на спектарот. Поради тоа тие продираат само до орожениот површински дел на кожата и оттука имаат занемарливи штетни ефекти врз кожата.

Влијание врз очите

Што се однесува до очите, речиси целата енергија на зрачењето се апсорбира од корнеата и најсериозен здравствен ефект е можната изгореница на корнеата. Врз основа на термална спроводливост можно е оштетување и на другите околни структури на очите, но по пат на евалорација, трепкање и преку централните механизми на терморегулација на телото, се превенираат други посериозни оштетување на очните структури.

Збирните ефекти на влијанието на вештачкото оптичко зрачење врз очите и кожата во зависност од брановата должина на брановите кои го создаваат зрачењето се прикажани на табела бр. 10.

Табела 10. Приказ на најчестите зафатени делови на телото и очекуваните негатајивни ефекти врз здравјето при експозиција на ласерско зрачење

Бранова должина (nm)	Зафатен дел од телото	Здравствени ефекти
180-400 (УВ)	Очи	Фотохемиско и термичко оштетување
180-400 (УВ-А)	Кожа	Еритема
400-700 (видлива)	Очи	Оштетување на мрежницата
400-600 (видлива)	Очи	Фотохемиско оштетување
400-700 (видлива)	Кожа	Термичко оштетување
700-1400 (ИЦ-А)	Очи	Термичко оштетување
700-1400 (ИЦ-А)	Кожа	Термичко оштетување
1400-2600 (ИЦ-Б)	Очи	Термичко оштетување
2600-106 (ИЦ-Ц)	Очи	Термичко оштетување
1400-106 (ИЦ-Б, ИЦ-Ц)	Очи	Термичко оштетување
1400-106(ИЦ-Б, ИЦ-Ц)	Кожа	Термичко оштетување

ЛАСЕРСКО ЗРАЧЕЊЕ И ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕ

При контакт со биолошките ткива, енергијата на ласерското зрачење може да се апсорбира од ткивата, да се расее, да се одбие или само да мине низ нив, без значаен губиток на енергија. Биолошкиот ефект зависи од степенот на апсорбирана енергија и може да се манифестира како:

- загревање на ткивата (изгореници, сушење на ткивото – вапоризација или јагленисување),
- фотохемиски ефекти (посредувана реакција со помош на светлината од ласерот при која доаѓа до хемиска интеракција и до создавање на слободни радикали,
- раскинување на молекуларните врски,
- флуоресценција,
- јонизација.

Клинички манифестните оштетувања кои се последица на експозиција на ласерско зрачење се:

- оштетување на очите:
 - акутна катаракта (термичко и фотохемиско оштетување на леќата),
 - механичко оштетување и руптура на ретината,
 - термичко оштетување на ретината,

- фотохемиско оштетување на ретината,
- оштетување на корнеата.
- оштетување на кожата:
 - еритем, изгореници и хиперпигментација,
 - коагулациска некроза,
 - вапоризација на ткивото.

Во продолжение е прикажан видот на оштетувањето на примарно зафатениот органи – очите и кожата што се јавуваат како последица на експозиција на ласерско зрачење со различна бранова должина.

Табела 11. *Најчестии ефекти на ласериите врз очите и кожата*

Бранова должина		Очи	Кожа
100–280	УВ-Ц	Фотокератитис фотоконјунктивитис	Црвенило Кожен канцер
280–315	УВ-Б	Фотокератитис Фотоконјунктис катаракта	Црвенило Еластога (фотостарење) Кожен канцер
315–400	УВ-А	Фотокератитис Фотоконјунктивитис Катаракта Фоторетинално оштетување	Црвенило Еластога (фотостарење) Брзо пигментно потемнување Кожен канцер
380–780	Видлива светлина	Фоторетинално оштетување (опасност од плава светлина) Ретинални изгореници	Изгореници
780–1400	ИЦ-А	Катаракта Изгореници на ретината	Изгореници
1400–3000	ИЦ-Б	Катаракта	Изгореници
3 000–106	ИЦ-Ц	Изгореници на корнеата	изгореници

Ласерски генерирачки аеросоли

При работа со ласерите, треба да се има предвид и можноста за појава на електричен шок и масовни изгореници, како и појавата на секундарно јонизирачко зрачење, појава на пожар и ослободување на озон.

Медицинскиот персонал и пациентите се изложени и на други токсични испарувања и биолошки контаминенти, што се создаваат при користењето на ласерот во одредени медицински интервенции. Здравствените ефекти кои притоа се јавуваат варираат од иритација на носот, очите и грлото, до мачнина, повраќање, назална конгестија, стегање во градите, абдоминални грчеви, замор и појава на симптоми слични на грип. Овие акутни симптоми вообичаено траат 24-48 часа по експозицијата и се повлекуваат без трајни секвели. Иако хроничните ефекти не се

целосно потврдени, можноста за појава на канцерогени и мутагени ефекти не смее да биде целосно отфрлена.

При работа, со ласер во медицината доаѓа до создавање на т.н. ласерски генерирачки аеросоли кои содржат хемиски и биолошки контаминенти. Посебно треба да се одбележи дека во нив може да се најде и хуманиот папилома вирус, со што се става под опсервација можноста за ширење не само на ХП, туку и на ХИВ инфекцијата.

Контаминирачките материи (хемиски и биолошки) што се јавуваат при користење на ласер во медицината може да бидат контролирани со соодветна:

- вентилација,
- безбедни работни практики,
- лични заштитни средства.

Во продолжение се прикажани основните податоци за содржината на пареите што се создаваат при користењето на ласерот во медицинските интервенции, нивниот извор, потенцијалните влијанија врз здравјето и мерките за контрола.

Табела 12. Содржина на пареите во ласер генерирачката прашина

Содржина	Извор	Опасности/здравствени ефекти	Контрола
Прашина	Процедуре со користење на ласери со CO ₂	Оштетување на белите дробови	Соодветни маски Локална вентилација
Токсични хемикалии	Контакт на ласерскиот зрак со хуманите ткива, пластика, перфлуорополиетилен полимери пр. тефлон	Пожар Иритација Потенцијално канцерогени, мутагени и тератогени промени	Соодветна респираторна заштита Локална вентилација
Биолошки агенси	Контакт на ласерскиот зрак со туморски ткива, ХИВ, бактерии, брадавки, вируси, кожа	Инфекција	Соодветна респираторна заштита Заштитна облека и ракавици Локална вентилација
Дим/пареи	Вапоризација, инцизија, CO ₂ ласеризација на кожа	Оштетување на белите дробови Оштетување на очите Иритација Намалување на видното поле	Отстранување на димот/пареите на местото на создавање-локална вентилација Соодветна респираторна заштита Соодветна заштита на очите

ПРОЦЕНКА НА РИЗИК НА РАБОТНО МЕСТО ПРИ ИЗЛОЖЕНОСТ НА НЕЈОНИЗИРАЧКО ЗРАЧЕЊЕ

При проценката на ризикот на работно место при изложеност на нејонизирачко зрачење треба да се имаат во предвид превентивните и корективни мерки, како и границите на изложеност кои се предвидени во два различни акти (правилници) со кои се регулира оваа материја. Така, за електромагнетните полиња т.е. за електромагнетните бранови со екстремно ниска фреквенција, радиобрановите и микробрановите треба да се има предвид Правилникот за минималните барања за безбедност и здравје при работа на вработени од од ризици поврзани со изложување на физички агенси (електромагнетни полиња) објавен во Службен Весник на РМ бр. 40/2014.

При проценката на ризикот на работно место при изложеност на вештачко оптичко зрачење (инфрацрвено зрачење, зрачење од видливиот дел на спектарот, ултравиолетово зрачење и зрачење од ласери), треба да се имаат во предвид превентивните и корективни мерки, како и границите на изложеност содржани во Правилникот за минимални барања за безбедност и здравје при работа на вработени од ризици поврзани со изложување на физички агенси (вештачки оптички зрачења), кој е објавен во Службен Весник на РМ бр. 132/2012.

Проценка на ризик при изложеност на електромагнетни бранови и вештачко оптичко зрачење

При изготвување проценка на ризик за вработените кои работат на работни места каде има изложеност на електромагнетни бранови со екстремно ниска фреквенција, радио бранови и микробранови треба да се внимава на:

- нивото, фреквентниот спектар, времетраењето и видот на изложување,
- граничните вредности на изложеност и вредностите на изложеност при кои се преземаат мерки,
- влијанието на здравјето и безбедноста на вработените изложени на ризик,
- можност за појава на индиректните ефекти, како што се:
 - пречки во функционирањето на медицинска електронска опрема и уреди (вклучувајќи срцеви пејсмејкери);
 - предвиден ризик од истрелување, исфрлање или лансирање на феромагнетни тела во околината (проектилизација), а под дејство на магнетостатски полиња со густина на магнетен флукс поголема од 3 mT;
 - можност за иницирање/активирање на електро-експлозивни направи (детонатори);

- појава на огнови и експлозии како резултат од палење на запалливи материјали со искри предизвикани од индуцирани полиња, струи на допир или искри при електрични празнења;
- присуството на дополнителна опрема, проектирана за намалување на нивоата на изложеност на електромагнетни полиња;
- можноста за истовремена изложеност на повеќе извори и полиња со различни фреквенции.

При изготвување на проценка на ризик за вработените кои работат на работни места каде има изложеност на вештачко оптичко зрачење, особено треба да се внимава на:

- нивото, областа на брановите должини, како и времетраењето на изложеност на вештачки извори на оптичко зрачење,
- граничните вредности на изложеност,
- влијанијата кои се однесуваат на безбедноста и здравјето на вработените кои припаѓаат на особено чувствителни ризични групи,
- влијанијата врз безбедноста и здравјето на вработените кои се резултат на заемно дејствување на оптичко зрачење и фотосензитивни хемиски супстанции на работното место,
- директните влијанија, како што се времено ослепување при евентуална можна експлозија или пожар,
- постоење на опрема дизајнирана за намалување на нивото на изложеност на вештачко оптичко зрачење,
- соодветни испитувања при постоење на повеќе извори на изложеност на вештачко оптичко зрачење,
- информации добиени од производителите на извори на оптичко зрачење и придружна работна опрема во согласност со важечките прописи од областа на безбедност и здравје при работа.

Работните места каде што вработените можат да бидат изложени на нивоа електромагнетно и оптичко зрачење од вештачки извори што ги надминуваат граничните вредности на изложеност и каде што постои зголемен професионален ризик, се означуваат со соодветни знаци. Означувањето се врши во согласност со прописите за знаци од областа на безбедност и здравје при работа.

За да може да се пристапи кон одредување на степенот на ризик на кој се изложени професионално експонираните работници, најнапред треба да се одреди категоријата за изложеност т.е. на експозиција и тоа врз основа на расположливите податоци од извршените мерења. Категоријата на изложеност се однесува на степенот т.е. интензитетот на професионалната експозиција. Таа се бележи со симболот E и се одредува врз основа на референтните вредности на изложеност утврдени во соодветните национални прописи. Целта е да се направи споредување на добиените резултати од извршените мерења со референтните вредности.

Чекор 1. Идентификација на штејноста - Мерење на физичките карактеристики на електромагнетните бранови

Постојат повеќе различни видови на триакијални мерачи/дозиметри со слични карактеристики со чија помош се мери изложеноста на електромагнетни полиња со екстремно ниска фреквенција кај професионално експонираните работници (најчесто во индустријата за производство и пренос на електрична енергија) или кај општата популација. Тие користат батериско напојување и имаат систем на три ортогонални навивки, кои имаат способност да ги детектираат времески зависните X-, Y- и Z-компонентите на магнетните полиња во временски контролирани интервали.

Слика 17. Инструментни за мерење на физичките карактеристики на електромагнетните полиња со екстремно ниска фреквенција



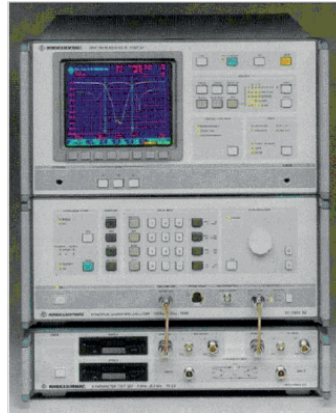
Соодветни инструменти постојат и за мерење на физичките карактеристики на радиофреквентните и микробрановите електромагнетни полиња. Некои од нив оперираат во поширок опсег на електромагнетно зрачење (широкопојасни), а некои се силно специфични, софистицирани и теснопојасни. Поради тоа, овие вториве се значително поскапи и ретко се користат во професионални услови. На следната слика се прикажани овие инструменти.

Слика 18. *Инструменти за мерење на физичките карактеристики на електромагнетните поља предизвикани од радиобраниите и микробрановите*

Широкопојасени мерачи



Теснопојасни мерачи



Постојат повеќе различни видови на детектори со кои може да се изврши мерење и квантификација на оптичкото зрачење. Принципот на нивната работа се темели на претварање на оптичката енергија во други видови на енергија кои можат понатаму електронски да се обработуваат. Детекторите може да се поделата според делот на електромагнетниот спектар каде се ефективни, според механизмот на детекција (термички, фотоелектрични и фотохемиски) и според работната температура на која функционираат. На следната слика се прикажани неколку различни технички решенија на апарати за детекција и мерење на оптичкото зрачење.

Слика 19. Ајраџи за мерење на оптичкото зрачење (дејекџори)



Чекор 2. Ушврдување на категоријата на изложеност – проценка на експозиција

За проценка на ризик и утврдување на категоријата на изложеност на електромагнетни бранови (Е), како основа за одредување на експозицијата треба да се користат вредностите од Табела бр. 1 од Правилникот за електромагнетни бранови, каде се дадени граничните вредности за површинска густина на струјата во фреквентните подрачја од 1 Hz до 10 MHz, а со цел за заштита од акутните ефекти на изложеност на главата (централниот нервен систем) и трупот. Во истата табела се дадени и средната SAR (W/kg) за целото тело, главата и екстремитетите.

За проценка на ризик и утврдување на категоријата на изложеност на вештачко оптичко зрачење (Е), како основа за одредување на експозицијата треба да се користат вредностите од Прилог бр. 1. од Правилникот за вештачко оптичко зрачење, каде се дадени вредностите за гранична изложеност на оптичко зрачење од сите фреквентни подрачја на оптичкиот дел на електромагнетниот спектар.

За работни места каде постои професионална експозиција на ласери треба да се користат граничните вредности на изложеност дадени во Прилог бр. 2 од Правилникот за изложеност на вештачко оптичко зрачење. Треба да се потенцира дека е неопходно да се изврши посебно проценка на ризикот за оштетување на очите (при краткотрајна и долготрајна експозиција), а посебно за оштетување на кожата.

Постојат повеќе различни методи за проценка на ризикот при изложеност на нејонизирачко зрачење. Во продолжение е даден приказ на една семиквантитативна метода, која има за цел на брз и едноставен начин да изврши карактеризација на ризикот и да ги дефинира работниците кои се изложени на зголемен ризик и за кои треба да се преземат дополнителни мерки за заштита во вид на периодични медицински прегледи.

Првиот чекор во проценката на ризикот е утврдување на категоријата на изложеност. Врз основа на податоците од извршените мерења на физичките карактеристики на електромагнетните бранови и на зрачењето од оптичкиот дел на електромагнетниот спектар, како и врз основа на утврдените гранични вредности, може да се пристапи кон одредување на категоријата на изложеност (E). За утврдување на категоријата на изложеност (E) се користат критериумите за експозиција дадени во Табела бр. 13.

Табела 13. Категорија на изложеност (експозиција) во однос на референтни нивоа на ВОЗ

КАТЕГОРИЈА	ЕКСПОЗИЦИЈА
E - 1	занемарлива експозиција или експозиција еднаква на природната и/или незначително зголемена
E - 2	експозиција поголема од категорија E-1, но 10 или повеќе пати помала од референтните нивоа.
E - 3	експозиција поголема од категорија E-2 но се уште помала од референтното ниво
E - 4	експозиција над референтното ниво

Времето на изложеност на професионално експонираните работници се утврдува според критериумите дадени во следната табела.

Табела 14. Време на изложеност (експозиција) во однос на вкупното работно време на професионално експонираните работници

НИВО	ИЗЛОЖЕНОСТ	ТРАЕЊЕ
T - 1	ретко	0-25%
T - 2	повремено или често	26-50%
T - 3	поголем дел од работното време	51-75%
T - 4	цело работно време	76-100%

Чекор 3. Проценка на веројатноста за појава на незаштети ефекти врз здравјето и нивната тежина

Врз основа на табелата за категорија на изложеност (E - табела 13) и за траење на експозицијата т.е. време на изложеност (T-табела 14), во матрицата прикажана на табела бр.15 се одредува веројатноста за појава на оштетувања на здравјето што би можеле да бидат последица на дејството на нејонизирачки електромагнетните полиња или вештачко оптичко зрачење. Веројатноста пресметана според матрицата прикажана на табела бр. 15 се бележи со симболот (B).

Табела 15. Веројатносите за оштетување на здравјето предизвикано од електричните поле

	Е - 1	Е - 2	Е - 3	Е - 4
Т - 1	В - 1	В - 1	В - 1	В - 5
Т - 2	В - 1	В - 2	В - 2	В - 5
Т - 3	В - 1	В - 2	В - 3	В - 5
Т - 4	В - 2	В - 3	В - 4	В - 5

Легенда: В-1 - мала веројатност
 В-2 - умерена веројатност
 В-3 - зголемена веројатност
 В-4 - голема веројатност
 В-5 - многу голема веројатност

Врз основа на пресметаната веројатност за појава на оштетување на здравјето како последица на работа со извори на нејонизирачки зрачења (В), може да се пристапи кон пресметување на ризикот на работно место, за што се неопходни уште податоците за тежината на можните оштетувања на здравјето. Тежината на оштетувањата т.е. последиците врз здравјето се бележат со знакот (П) и стандардно се дефинираат според критериумите дадени во следната табела.

Табела 16. Тежина на оштетувањето на здравјето (последичиите) при професионална експозиција на вештачко електромагнетно и/или нејонизирачко зрачење

НИВО	ТЕЖИНА НА БОЛЕСТА/ПОСЛЕДИЦИТЕ
П - 1	без видливи последици
П - 2	последичиите не влијаат значајно на работната способност
П - 3	последичиите можат да ја ограничат работната способност
П - 4	трајни последици кои предизвикуваат губиток на работната способност и ја ограничуваат животната активност
П - 5	значајно ограничена животна активност или смртен исход

Чекор 4. Карактеризација на ризиците

Сумирајќи ги податоците за степенот на експозицијата (Е), времетраењето на изложеноста (Т), веројатноста за појава на негативни ефекти врз здравјето на професионално експонираните работници (В) и тежината на оштетувањата т.е.

последниците (П), може да се пристапи кон крајна проценка на ризикот на работното место (Р). Матричната табела е прикажана на табела 17.

Табела 17. *Проценка на на нивојто на ризик според утврденојто ниво на веројатносј*

	П - 1	П - 2	П - 3	П - 4	П - 5
В - 1	Р - 1	Р - 1	Р - 2	Р - 3	Р - 4
В - 2	Р - 1	Р - 2	Р - 3	Р - 3	Р - 4
В - 3	Р - 2	Р - 2	Р - 3	Р - 4	Р - 5
В - 4	Р - 2	Р - 3	Р - 4	Р - 5	Р - 5
В - 5	Р - 5	Р - 5	Р - 5	Р - 5	Р - 5

Легенда: Р-1 - занемарлив ризик
Р-2 - умерен ризик
Р-3 - зголемен ризик
Р-4 - висок ризик
Р-5 - многу висок ризик

Хиерархија на превентивни мерки

Интерпретацијата и значењето на утврдените степени т.е. нивоа на проценетиот ризик на работно место од Р-1 до Р-5 е даден во табелата бр. 18. Врз основа на нивното значење се дефинира и хиерархијата на неопходните превентивни и корективни мерки.

Табела 18. *Интегрирација на степените на проценет ризик на работниот месџа (хиерархија на превентивни мерки)*

РИЗИК	ПРЕВЕНТИВНИ МЕРКИ
Р - 1	занемарлив ризик, нема потреба за корективни и превентивни мерки
Р - 2	умерен ризик, ризикот е прифатлив, можни се подобрувања на нивото на заштита
Р - 3	зголемен ризик, ризикот е присутен, потребни се мерки за подобрување на заштитата и контрола на здравствената состојба
Р - 4	висок ризик, ризикот е голем, неопходни се мерки за подобрување на заштитата и здравствени прегледи
Р - 5	многу висок ризик, акцидентални ситуации, ризикот е многу голем и неприфатлив, веднаш се прекинува со работа и веднаш се прави насочен медицински преглед на експонираните работници

Проценка на ризик на работно место при изложеност на ласери

При проценката на ризикот на работно место каде постои изложеност на зрачење од ласери треба да се има предвид дека станува збор за краткотрајна изложеност и дека категоријата за време на изложеност (Т) парактично може да се занемари. Токму поради тоа, утврдување на веројатноста за појава на настан кој би имал негативни ефекти врз здравјето на професионално експонираните работници се сведува на проценка на ефективната доза т.е. категорија на изложеност (Е) и на проценка на квалитетот на преземените мерки за заштита при работа (З). За проценка на категоријата на изложеност се користат вредностите од Табела бр. 13. Проценката на квалитетот на преземените мерки за заштита се прави врз основа на субјективна проценка на проценувачот, при што со З-1 се бележи најдобриот степен на заштита, а со З-4 најлошиот. Кога станува збор за изложеност на ласери, матрицата за проценка на веројатност што е дадена во табела бр. 14, сега има малку модифицирана форма, која е прикажана на табела бр. 19.

Табела 19. Веројатносии за оштетување на здравјето предизвикано од електричните йолиња

	Е - 1	Е - 2	Е - 3	Е - 4
З - 1	В - 1	В - 1	В - 1	В - 5
З - 2	В - 1	В - 2	В - 2	В - 5
З - 3	В - 1	В - 2	В - 3	В - 5
З - 4	В - 2	В - 3	В - 4	В - 5

Легенда: В-1 - мала веројатност
 В-2 - умерена веројатност
 В-3 - зголемена веројатност
 В-4 - голема веројатност
 В-5 - многу голема веројатност

На овој начин, повторно се добива квантитативна скала од 5 степена на веројатноста дека може да дојде до оштетување на здравјето на професионално експонираните работници на ласерско зрачење.

Во понатамошната постапка за проценка на ризикот, а со цел за утврдување на тежина на оштетувањето на здравјето т.е. последиците при професионална експозиција на ласерско зрачење, се користат критериуми со квантитативна скала од 5 степени за утврдување на тежината на последиците кои се прикажани во продолжение (Табела 20).

Табела 20. Тежина на оштетувањето на здравјето (последичите) при професионална експозиција на ласерско зрачење

НИВО	ТЕЖИНА НА БОЛЕСТА/ПОСЛЕДИЦИТЕ
П - 1	минливи пречки во видот без трајни последици, многу мали изгореници на кожата
П - 2	пречки во видот со мали трајни последици (пр. мали оштетувања на корнеата или трајни изгореници на кожата кои не ја намалуваат работната способност
П - 3	последичи што може да ја ограничат работната способност - трајно оштетување на видот со делумно губење на работната способност или други повреди на телото со трајни последици
П - 4	трајни последици кои предизвикуваат губиток на работната способност или делумно ограничување на животните активности (потполн и траен губиток на видот на едно око, тешки телесни повреди кои предизвикуваат траен инвалидитет)
П - 5	многу тешки повреди или повреди со смртен исход

По вака проценетата тежина на последицата, а врз основа на податоците за веројатноста на појава на настан кој би можел да ги предизвика оштетувањата на здравјето што е прикажано на табела 19, може да се пристапи кон проценка на ризикот на работно место според матрицата прикажана во Табела бр. 21.

Табела 21. Проценка на на нивој на ризик според утврденој ниво на веројатноста

	П - 1	П - 2	П - 3	П - 4	П - 5
В - 1	Р - 1	Р - 1	Р - 2	Р - 3	Р - 4
В - 2	Р - 1	Р - 2	Р - 3	Р - 3	Р - 4
В - 3	Р - 2	Р - 2	Р - 3	Р - 4	Р - 5
В - 4	Р - 2	Р - 3	Р - 4	Р - 5	Р - 5
В - 5	Р - 5	Р - 5	Р - 5	Р - 5	Р - 5

Легенда: Р-1 - занемарлив ризик
Р-2 - умерен ризик
Р-3 - зголемен ризик
Р-4 - висок ризик
Р-5 - многу висок ризик

За интерпретација на нивото на ризик (Р) за работните места на кои работниците во текот на работата се изложени на дејството на ласерско зрачење и за утврдување на хиерархија на превентивни мерки се користат препораките коишто се прикажани на табела бр. 18.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правилник за минималните барања за безбедности здравје на работа на вработените од ризици поврзани со изложување на физички агенси (електромагнетни полиња). Сл. Весник на РМ бр. 40/2014
2. Правилник за минималните барања за безбедност и здравје на работа на вработените од ризици поврзани со изложување на физички агенси (вештачко оптичко зрачење). Сл. Весник на РМ бр. 132/12.
3. Стикова Е. Медицина на труд. Скопје: УКИМ – Медицински факултет; 2012.
4. Heroux P. Health effects of electromagnetism [Internet]. Montreal: McGill University; 2015. Available from course material at ftp:132.206.112.22 (restricted access).
5. EC. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risk. Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). Luxembourg: SCENIHR; 2015.
6. WHO/IARC. Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. IARC Monographs, No 80: Lyon; 2002.
7. Stikova E. Public Health Aspects of Non-Ionizing Radiation. In: Burazeri G, Zaletel-Kragelj L, editors. Health: Systems – Lifestyles – Policies. A Handbook for Teachers, Researchers and Health Professionals. Volume I (second edition). Lage, Germany: Jacobs Verlag; 2013.p.261-278.
8. NIOSH. Manual for measuring occupational electric and magnetic exposure. Cinsinnaty: CDC; 1997. Available from <http://www.cdc.gov/niosh/docs/98-154/pdfs/98-154.pdf>
9. European Commission–Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion Unit B.3. Non-Binding Guide to Good Practice for Implementing Directive 2006/25/EC–Artificial Optical Radiation; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2011.
10. Sliney, D.H. Risks of occupational exposure to optical radiation. Med. Lavoro. 2006, 97, 215–220.
11. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Statement on protection of workers against ultraviolet radiation. Health Phys. 2010, 99, 66–87.
12. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Statement on far infrared radiation exposure. Health Phys. 2006, 91, 630–645.
13. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 100 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Health Phys. 2004, 87, 171–186.
14. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Statement general approach to protection against non-ionizing radiation protection. Health Phys. 2002, 82, 540–548.

