

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Mia Zeljko i Anđela Vidović

**UTJECAJ ENDOKRINIH DISRUPTORA
NA ŽIVI SVIJET**

Seminarski rad

Zagreb, 2024.

Tablica sadržaja

UVOD	3
Endokrini sustav i hormoni	3
Endokrini sustav i njegove funkcije.....	3
Hormoni, njihova kemijska struktura i utjecaj	4
Endokrini disruptori: Definicija ED; Najpoznatiji ED i njihov utjecaj; Mehanizam djelovanja ED.....	5
Definicija endokrinih disruptora.....	5
Najpoznatiji endokrini disruptori	6
Mehanizam djelovanja endokrinih disruptora	8
Cilj rada	9
Materijali i metode	9
Rezultati	14
Diskusija	26
Zaključak	29
LITERATURA	30

UVOD

Endokrini sustav i hormoni

Endokrini sustav i njegove funkcije

Endokrini sustav tijela je zamršen je sustav koji regulira brojne fiziološke funkcije. Njegove glavne zadaće uključuju reagiranje na stres, reguliranje metabolizma, koordinaciju rasta i razvoja te očuvanje homeostaze. Hormoni su kemijski glasnici koje proizvodi i otpušta endokrini sustav, u krv, kako bi došli do ciljanih tkiva i organa i ispunili zadaće endokrinog sustava.

FUNKCIJA ENDOKRINOG SUSTAVA	MEHANIZAM OSTVARIVANJA FUNKCIJE
Homeostaza	Kontrolom elemenata poput krvnog tlaka, glukoze u krvi i ravnoteže elektrolita, endokrini sustav doprinosi očuvanju unutarnje ravnoteže ili homeostaze.
Regulacija metabolizma	Hormoni reguliraju metabolizam optimizirajući način na koji se koriste hranjive tvari. Inzulin, na primjer, kontrolira metabolizam glukoze potičući njezinu apsorpciju i skladištenje ili otpuštanje u krv.
Rast i razvoj	Hormon rasta utječe na ukupni tjelesni rast potičući stvaranje kostiju i drugih tkiva. Osim toga, hormoni štitnjače utječu na rast.
Reproduktivne funkcije	Sekundarnim spolnim svojstvima i reproduktivnim procesima upravljaju spolni hormoni progesteron, testosteron i estrogen.
Odgovor na stres	Poticanjem stanja maksimalne budnosti i energije, hormoni poput kortizola i adrenalina omogućuju tijelu da brzo reagira na stres.

Tablica 1. Prikaz funkcija endokrinog sustava i mehanizama kojim se ostvaruju

Hormoni, njihova kemijska struktura i utjecaj

Hormoni su kemijski raznolike molekule koje na temelju svoje strukture i prekursorke molekule iz koje se sintetiziraju dijelimo na različite klase. Glavne klase uključuju peptidne/proteinske hormone, hormone derivat aminokiselina, steroidne hormone. Njihova molekularna struktura utječe na topljivost hormona, transmembransku pokretljivost i mehanizam kontakta s receptorima. Zbog svoje raznolikosti struktura, hormoni mogu precizno regulirati širok raspon fizioloških procesa, dajući svakoj klasi jedinstvenu funkciju i način djelovanja u tijelu. Oni ostvaruju svoje učinke vezanjem za specifične receptore na ciljnim stanicama, koji se mogu nalaziti na staničnoj membrani, unutar stanične citoplazme ili unutar stanične jezgre. Interakcija između hormona i receptora inicira stanične odgovore, utječući na procese kao što su ekspresija gena, aktivnost enzima i stanični metabolizam.

KLASA HORMONA	ZNAČAJKE
Peptidni/proteinski hormoni	<p>Sinteza: Sintetiziraju se od lanaca aminokiselina u ER i GA</p> <p>Primjeri: Inzulin, HGH, ADH, FSH</p> <p>Interakcija: Vezivanje za receptore na staničnoj membrani ciljanih stanica</p> <p>Transdukcija signala: Vezivanje za receptor stanične membrane uzrokuje aktivaciju sekundarnih glasnika unutar stanice vodeći do staničnog odgovora.</p> <p>Uloga kemijske strukture: Topljivi su u vodi i lako putuju krvotokom</p>
Amini	<p>Sinteza: Derivati prekursorskih molekula aminokiselina, triptofana i tirozina.</p> <p>Primjeri: Hormon štitnjače (T3 i T4) koji nastaju od tirozina, melatonin koji nastaje od triptofana</p> <p>Interakcija: Vezivanje za receptore na staničnoj membrani i na unutarstanične receptore. Utječu na ekspimiranje gena i metaboličke</p>

	<p>procesu.</p> <p>Transdukcija signala: Vezivanje za receptor stanične membrane uzrokuje aktivaciju sekundarnih glasnika unutar stanice vodeći do staničnog odgovora. Vezivanje za receptor stanične membrane uzrokuje kaskadne kemijske reakcije.</p> <p>Uloga kemijske strukture: Topljiviji od steroidnih hormona, manje topljivi od peptidnih/proteinskih hormona.</p>
Steroidi	<p>Sinteza: Proizvede se iz kolesterola u gonadama i nadbubrežnoj žlijezdi. Sastoje se od četiri međusobno povezana ugljikova prstena</p> <p>Primjeri: Estrogen i progesteron proizvedeni u jajnicima, testosteron proizveden u testisima</p> <p>Interakcija: Steroidni hormoni nepolarne su molekule koje mogu difundirati kroz staničnu membranu i vezati se za unutarstanične receptore. Vezivanjem na unutarstanične receptore mijenjaju proces transkripcije gena utječući na sintezu proteina.</p> <p>Uloga kemijske strukture: Topljivi u lipidima, što im omogućuje prolazak kroz staničnu membranu i dolazak do ciljanih unutarstaničnih receptora.</p>

Tablica 2. Prikaz triju osnovnih klasa hormona i njihovih značajki

Endokrini disruptori: Definicija ED; Najpoznatiji ED i njihov utjecaj; Mehanizam djelovanja ED

Definicija endokrinih disruptora

Europska komisija definira endokrine disruptore kao „kemikalije (su) koje u određenim uvjetima mogu utjecati na hormonski sustav ljudi i životinja. Endokrina disrupcija noviji je način poimanja toksičnosti kemikalija. Posljednjih godina znanstvena zajednica i nadležna tijela diljem svijeta raspravljaju o toj temi i njezinu reguliranju. Ostvaren je znatan napredak u organizacijama EU-a i međunarodnim organizacijama.”.

Tvari poznate kao endokrini disruptori imaju sposobnost ometati pravilan rad endokrinog sustava. One mogu imitirati, inhibirati ili uzrokovati probleme u normalnoj sintezi hormona, oslobađanju, transportu, metabolizmu, vezanju ili izlučivanju. Izloženost endokrinom disruptoru može uzrokovati niz štetnih utjecaja na zdravlje, kao što su imunološki sustav, neurološki, reproduktivni i razvojni problemi. Ljudski je organizam pod sve većim utjecajem abiotičkih čimbenika, te su, shodno tomu, oni postali sve većom metom istraživanja i zakonske legislative i regulative.

Najpoznatiji endokrini disruptori

Bisfenoli

Bisfenoli su skupina kemijskih spojeva koji se obično koriste u proizvodnji plastike i smola, a bisfenol A (BPA) jedan je od najpoznatijih članova. Pronađeni u raznim potrošačkim proizvodima kao što su spremnici za hranu i piće, termalni papiri za račune i sredstva za brtvljenje zuba, bisfenoli su izazvali zabrinutost zbog svog potencijala da djeluju kao endokrini disruptori. Posebno treba istaknuti njihovu sposobnost oponašanja estrogena odnosno ponašanja BPA kao ksenoestrogena.

Ftalati

Ftalati su klasa kemijskih spojeva koji se obično koriste za povećanje fleksibilnosti i trajnosti plastike tijekom proizvodnog procesa. Te su tvari često prisutne u uobičajenoj robi, uključujući PVC plastiku, kozmetiku i neku medicinsku opremu. Dokazano je da ftalati remete rad endokrinog sustava, i to s androgenih hormona, što izaziva zabrinutost o njihovim učincima na razvoj i zdravlje reproduktivnog sustava.

Organoklorni insekticidi

Dugi su niz godina organoklorni insekticidi bili uobičajeni sintetski pesticidi koji su se koristili u poljoprivredi. Najpoznatiji - DDT (diklorodifeniltrikloretan), uglavnom je postupno izbačen iz upotrebe zbog zabrinutosti za okoliš i zdravlje ljudi. Pesticidi poput postojećih su u okolišu, nakupljaju se u vodi i tlu i imaju sposobnost bioakumulacije u masnom tkivu životinja. U tijeku su istraživanja o dugoročnim utjecajima ovih pesticida na ekosustave i ljudsku populaciju.

Izloženost ovim pesticidima povezana je s reproduktivnim i razvojnim problemima kod životinja, dok se obuhvatnija istraživanja o utjecaju na ljude još čekaju.

Dioksini i furani

Klasa kloriranih organskih spojeva uključuje i vrlo opasne i postojeće zagađivače dioksine i furane. Te su tvari nusprodukti industrijskih procesa izgaranja, uključujući spaljivanje smeća, specifične proizvodne procese i prirodne pojave poput šumskih požara. Budući da se dioksini i furani mogu bioakumulirati u hranidbenom lancu, posebice u životinjskim masnim tkivima, predstavljaju veliki zdravstveni rizik. Brojni negativni ishodi, kao što su problemi u razvoju i reprodukciji, supresija imunološkog sustava i veće šanse za razvoj određenih vrsta raka, povezani su s izloženošću ovim tvarima.

Poliklorirani bisfenili

Klasa sintetičkih organskih spojeva poznatih kao poliklorirani bisfenili, ili PCB-ovi, ranije su bili naširoko korišteni u plastifikatorima, rashladnim tekućinama i električnoj izolaciji. Međutim, zbog njihovog štetnog utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi, njihova proizvodnja i uporaba uglavnom je zabranjena ili ograničena diljem svijeta. Poznato je da se postojeći zagađivači ili PCB nakupljaju u okolišu, posebice u sedimentu i vodi. Zbog njihove toksične prirode, postoji zabrinutost o štetnom utjecaju na imunološki sustav, probleme u razvoju i mogućoj povezanosti s određenim vrstama raka.

Mehanizam djelovanja endokrinih disruptora

Disruptori često oponašaju strukturu prirodnih hormona, omogućujući im da se vežu na hormonske receptore na ciljnim stanicama. Alternativno, mogu blokirati vezanje prirodnih hormona na njihove receptore ili ometati proizvodnju, transport ili metabolizam hormona. Ometanjem ovih ključnih procesa, endokrini disruptori mogu dovesti do neravnoteže u razinama hormona, pokrećući kaskadu štetnih učinaka.

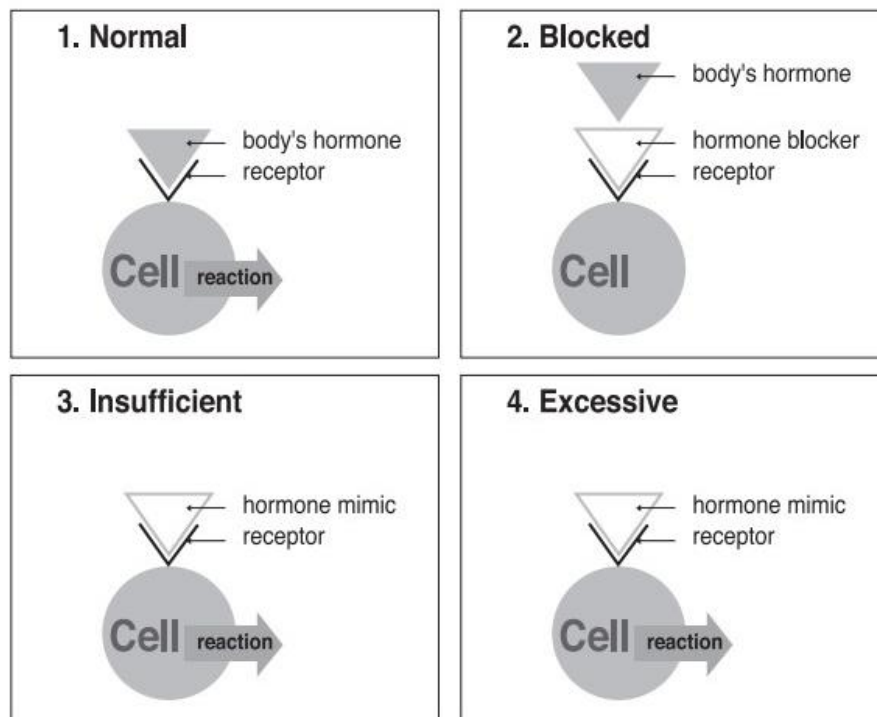


Figure 1. General mechanism of receptor-mediated actions of endocrine disruptors.

1. Normal: body's hormone binds to its receptor and elicits normal hormonal action
2. Blocked: endocrine disruptor binds to hormone receptor, blocking hormone-receptor binding and its action
3. Insufficient: endocrine disruptor binds to hormone receptor, mimicking normal hormonal action insufficiently
4. Excessive: endocrine disruptor binds to hormone receptor, mimicking normal hormonal action excessively

Slika 1. Prikaz mehanizma vezanja endokrinih disruptora

Cilj rada

Pojam endokrinih disruptora sve je prisutniji u području javnog diskursa, ako ne samom sintagmom „endokrini disruptor“ onda svakako kao pojam kojeg podrazumijevaju „toksične i štetne tvari“. Iako je sve prisutniji, samo definiranje sintagme „endokrini disruptor“ relativno je recentno, kao i njihovo reguliranje, a i istraživanja koja za zadatak imaju utvrditi sponu između endokrinih disruptora i njihove štetnosti tek su u svojim počecima. Kemijski štetne tvari u našoj su neposrednoj blizini i svjedoci smo čestih medijskih priloga u kojima se navode novootkrivene toksične tvari. Shodno tomu cilj istraživačkog dijela rada jest utvrđivanje razine znanja studentske i nestudentske populaciji o endokrinim disruptorima, njihovoj prisutnosti i djelovanju.

Materijali i metode

Kao metodu ovog istraživanja koristile smo anketu, koju smo napravile na internetskom administracijskom softveru *Google Forms*. Koristile smo *Google Forms* kao alat istraživanja radi činjenice da se gotovo cijela populacija danas služi *Google* alatima, od pretražilice, do sustava slanja elektroničke poste, digitalnog pohranjivanja podataka u *Google Driveu*, kalendara pa i naposljetku izrade seminarskih, završnih i diplomskih radova. Navedeni alat *Google Forms* većinski je poznat i studentskoj i nestudentskoj populaciji, stoga je poslužio kao korisnički pristupačan za ispitivanje uzorka populacije. Primarni cilj istraživanja bio je istražiti znanje triju sličnih demografskih kohorti koje su sve dijelom studentske populacije, no razlikuju se po matičnom sveučilištu kojeg pohađaju - Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Tilburgu (Nizozemska), Georgetown sveučilište (SAD). Zbog smanjenog odaziva ispitanika studentske populacije početnu istraživačku misao upotpunili smo i nestudentskom populacijom, kako bi osigurali čim veći broj ispitanika koji sudjeluje u istraživanju. Studentsku populaciju podijelili smo u tri glavne skupine studenata - studenti STEM područja, studenti društvenih znanosti i studenti humanističkog područja. Kao dodatnu mjeru za analiziranje rezultata uveli smo i razlikovanje studenata prema polju unutar STEM područja kojeg studiraju, kako bismo diferencirali studente smjera Biologije i kemije na PMF-u i biomedicine i zdravstva na čijim se sveučilišnim predmetima smjera obrađuju dijelovi teme koju smo anketirali. Zaključno, glavna podjela populacije bila je na studentsku i nestudentsku populaciju, s dodatnim naglaskom na

razlikovanje studentske populacije temeljem sveučilišta kojeg pohađaju kao i područja unutar kojeg studiraju. Iz razloga što je anketirana i strana populacija anketa je napravljena na engleskom jeziku. S obzirom na razinu znanja engleskog jezika koja je potrebna studentima sveučilišta u Hrvatskoj zaključile smo da anketa na engleskom jeziku neće predstavljati problem.

Anketa je sastavljena od četiri dijela i sadrži dvadeset pet pitanja. U prvom tj. uvodnom dijelu ustanovljuju se opći podaci o ispitaniku unutar šest pitanja. Prvo pitanje ankete bilo je ime ispitanika koje nam je poslužilo isključivo za dokumentaciju tko je sve sudjelovao u anketi. Drugo pitanje ankete bilo je adresa elektroničke pošte kako bi imali kontakt ispitanika za moguću povratnu informaciju oko konstrukcije ankete. Treće pitanje, „I am: part of student population, not part of the student population.“, bilo je pitanje višestrukog izbora kojim smo podijelili ispitanike ankete na studentsku i nestudentsku populaciju kako bi vidjeli koliki postotak ispitanika je studentska populacija koja je već na studiju čula o temi utjecaja endokrinih disruptora na živi svijet. Nestudentska populacija prema našoj pretpostavci nije čula za temu istraživanja i kako bi ju provjerili želimo vidjeti kako će nestudentska populacija utjecati na rezultate istraživanja. Četvrto pitanje, „If part of the student population please choose your current university: Georgetown University, Tilburg University, University of Zagreb, other (University of Rijeka, etc.)“, odnosilo se na studentsku populaciju. Također je bilo pitanje višestrukog izbora. Ovim pitanjem smo htjele vidjeti koliki postotak ispitanika je na kojem sveučilištu kako bi pri analizi rezultata mogle uvidjeti koliko su ispitanici pojedinih sveučilišta upoznati s temom istraživanja. Peto pitanje ankete također je višestrukog izbora i glasi „If part of the student population, please state whether you study in: STEM, social sciences, humanities.“. Ono nam je poslužilo kako bi razdvojile studentsku populaciju i u analizi rezultata vidjele koliki postotak odgovora se odnosi na koju studentsku populaciju. U šestom pitanju, „If you are a student in STEM, please state which part of STEM do you study in.“, kratkog odgovora, zamolili smo ispitanike da napišu svoje STEM područje koje studiraju iz razloga da vidimo strukturu naše studentske populacije ispitanika.

Drugi dio ankete odnosi se na opću procjenu znanja ispitanika o endokrinom sustavu. Pitanja su formirana na način da budu čim manje sugestivna, kako bi se očuvala valjanost istraživanja. Sedmo pitanje ankete, „The function of the endocrine system is: processing ingested food and liquid and absorbing nutrients (minerals, vitamins and water), creating molecules that affect and control many physiological processes thus maintaining homeostasis, to

maintain a constant barrier between the environment and the organism and to protect from mechano-chemical impacts, prevention of infection and disease occurrence and maintaining an optimal level of body fluids.”, pitanje je višestrukog izbora. Znanje koje je potrebno za točno rješavanje ovog pitanja dio je kurikuluma osnovnih škola (obavezno formalno obrazovanje) kao i pojedinih srednjoškolskih programa, te samim time dio općeg znanja o živim bićima. Osmo pitanje, „Endocrine glands secrete their products: into body cavities, out of the body, into blood, onto the surface of the skin.“, također je pitanje višestrukog izbora i kao i sedmo pitanje dio je gradiva osnovne škole i pojedinih srednjoškolskih programa. Deveto pitanje kratkog odgovora ankete, koje glasi „The products of endocrine glands are called...“ je kao i prethodna pitanja pitanje općeg znanja iz osnovne i srednje škole o endokrinom sustavu. U desetom pitanju ankete, „Such products (of endocrine glands and similar specialised cells) are present: only in humans, only in humans and other animals, only in humans and plants, in humans and plants and animals.“, uz znanje za odgovor je potrebno i razumijevanje. Pitanje je višestrukog izbora, a postavljeno s ciljem proučavanja razina kognicije koje spadaju odvedenijim razinama u Bloomeovoj taksonomiji nego u prethodnim pitanjima. Prethodna pitanja su podrazumijevala činjenično znanje, a deseto osim činjeničnog znanja i razumijevanje što je stepenicu iznad po Bloomeovoj taksonomiji. Jedanaestim pitanjem, „Have you encountered the term 'endocrine disruptor' prior to filling out this form?“, postavljeno je s ciljem uvođenja ispitanika u prvobitnu temu istraživanja, a to jest poznavanje tematike endokrinih disruptora. Pitanje je postavljeno po principu da ili ne odgovora. Dvanaesto pitanje ankete, „If you have encountered the term, please state where you've been acquainted with it.“, pitanje je otvorenog tipa i postavljeno je u svrhu pružanja uvida kojim putem je navedena tema usustavljena u znanje ispitanika.

Treći dio uokviruje provjeru znanja ispitanika o toksikantima, njihovom sastavu, utjecaju i posljedicama, te načinu djelovanja. Sadrži sedam pitanja. Trinaesto pitanje ankete, „Harmful compounds from the environment are: inorganic compounds, organic compounds, both organic and inorganic compounds.“, pitanje je višestrukog izbora i propituje razumijevanje sastava toksikanata s ciljem posvjješćivanja miskoncepta o njihovom sastavu i porijeklu. Drugo pitanje ovog dijela, ujedno i četrnaesto pitanje ankete glasi „Harmful compounds from the environment can cause chronic diseases and disorders.“, formirano je po principu točno ili netočno, te propituje uzroke toksikanata na organizmu i postavljeno je s ciljem utvrđivanja razine miskonceptije da toksikanti uzrokuju isključivo akutna oboljenja, trovanja i slično. Petnaesto

pitanje, „Most of diseases and disorders are genetically predisposed.“, također je formirano po točno ili netočno principu i ispituje poznavanje etiologije bolesti u živih organizama kao i ispitivanja fenomena utjecaja genetike i okoliša na organizam, odnosno predominatnosti jednog ili drugog kao glavnog uzroka bolesti. Šesnaesto pitanje, „Harmful compounds react almost instantly with living organisms: true, false, other.“, višestrukog je izbora i nastoji utvrditi mišljenje ljudi o naravi djelotvornosti toksikanata u određenom vremenskom okviru. Osim dvaju opcija da se izjava četvrtog pitanja ocijeni istinosnom ili ne, ostavljena je i treća opcija otvorenog odgovora u svrhu dobivanja uvida u razinu poznavanja pojmova poput bioakumulacije i slično. Sedamnaesto pitanje, „I have heard of terms such as 'DDT', 'BPA' and 'microplastics'.“, pitanje je na principu da ili ne odgovora i ispituje razinu upoznatosti s pojmovima DDT, BPA i mikroplastika. Navedeni pojmovi odabrani su kao predstavnici toksikanata jer osim što su češće dijelom javne rasprave i najpoznatiji općoj populaciji. Sve češće se proučava njihov utjecaj kao endokrinih disruptora. Sedamnaesto pitanje, „If you have heard about these terms please explain them as concisely as possible.“, otvorenog je tipa odgovora, a postavljeno je s ciljem utvrđivanja dijelova društva unutar kojih su navedeni toksikanti spomenuti kao dijelom rasprave i je li uopće riječ o populaciji naših ispitanika. Odgovori otvorenog tipa omogućuju razvijanje alata pomoću kojih se navedeni toksikanti (ujedno i potencijalni endokrini disruptori) mogu približiti općoj populaciji bilo to uvođenjem u kurikulum, javnim akcijama edukacija ministarstava koji su nadležni za biomedicinu i zdravstvo, posterima, radionicama, pojačanim zakonskim regulativama i građanskim inicijativama. Posljednje pitanje ovog dijela ankete, ukupno osamnaesto pitanje glasi, „I deem the following statement: *“Both marine and freshwater rotifers could rapidly grind polystyrene, polyethylene and photo-aged microplastics.*Rotifers are microscopic aquatic animals.* : not concerning, concerning.“ Uvršteno je u skupinu pitanja o toksikantima kao određeni litmus test nadahnut nedavnim istraživanjem *The potential of Lecane rotifers in microplastics removal* kao i istraživanjem *Microplastic fragmentation by rotifers in aquatic ecosystems contributes to global nanoplastic pollution*. Dva istraživanja slične tematike, no s naglaskom da posljednje navedeno istraživanje naglasak stavlja na prijetnju razgradnje mikroplastike do nanoplastike, još manjih čestica koje bi spremnije ulazile u morske organizme i procesima bioakumulacije dopirala i u ostatak trofičkog lanca. Dugotrajajuća razgradnja plastike poznatija je problematika koja je bolje približena općoj populaciji što kroz javne kampanje država, europske unije, ali i nevladinih organizacija/udruga, potpomognuta europskim

regulativama koje su za cilj imale eliminirati upotrebu jednokratnih plasričnih vrećica, plastičnih slamki i slično. Svrha te inicijative jest smanjivanje količine plastičnog otpada. No, ono što je kao noviji pojam prisutan u javnoj raspravi je mikroplastika – plastične čestice mikroskopske veličine, s kojima javnost nije jednako upoznata kao s prethodno spomenutom problematikom razgradnje plastike. Većina opće populacije upoznata je s pojmom mikroplastike ali ne i razloga njene štetnosti (naročito ugroze za endokrini sustav) kao ni mehanizmima kojima ista ulazi u žive organizme. Shodno tomu, očekivano razmišljanje ispitanika na izjavu u kojoj se ustanovljuje da postoje morski organizmi koji plastiku razgrađuju jest da izjava nije zabrinjavajuća, odnosno da je postojanje mehanizma razgradnje mikroplastike dobra pojava, ne uzimajući u obzir da time nastaju još manje čestice nanoplastike koje je gotovo nemoguće filtrirati.

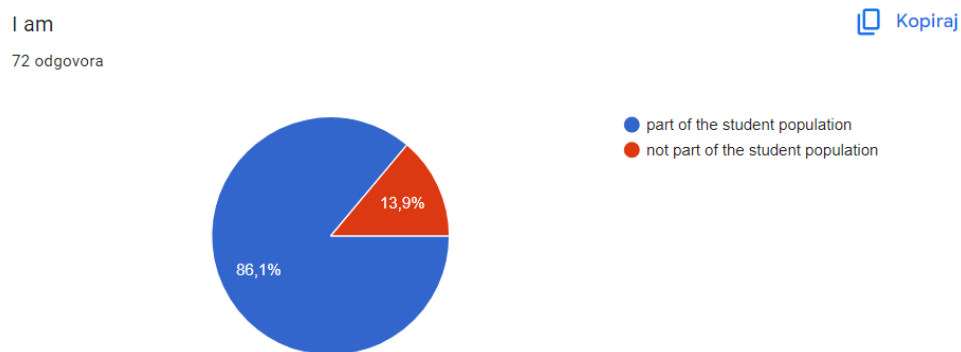
Četvrti dio ankete odnosi se na znanje ispitanika o samim endokrinim disruptorima i njihovom utjecaju na organizam. Dvadeseto, tj. prvo pitanje ovog dijela ankete, „Molecules that are not synthesised by an organism itself can bind to organism's structures and mimic molecules that the organism naturally synthesizes. : that is not biologically possible, that is possible, other.“, pitanje je višestrukog izbora. Postavljeno je s ciljem uviđanja poznaju li naši ispitanici samu definiciju endokrinih disruptora. Dvadesetprvo pitanje, „The products of the endocrine system are necessary for a healthy reproductive system. : true, false“, postavljeno je po principu istinite ili neistinite tvrdnje. Ovim pitanjem željele smo utvrditi znaju li naši ispitanici za nužnost hormona za zdravi reproduktivni sustav. Dvadesetdrugo pitanje, „Contamination with toxicants affects solely somatic cells and not germ cells.*a somatic cell comprises every organ, and a germ cell is exclusively responsible for sexual reproduction and from which a new organism is created in. : true, false“, pitanje je također istinite ili neistinite tvrdnje. Cilj ovog pitanja bio je saznati koliko naši ispitanici poznaju uzroke i raspon djelovanja toksikanata i endokrinih disruptora u organizmu. Dvadesetteće pitanje, „In the past few years, I have noticed a drop in reproductive capability among the human population.“, pitanje je po principu da ili ne odgovora, a postavljeno je kako bi uvidjele vide li naši ispitanici uzrok endokrinih disruptora na reprodukciju i znaju li da su oni jedan od uzroka smanjenja reprodukcije organizama. Dvadesetčetvrto pitanje, „I have heard of/or know people who have gone to IVF treatments.*IVF stands for 'in vitro fertilization', a process of medically assisted fertilization.“, pitanje je također s odgovorom da ili ne. Svrha ovog pitanja jest bila da vidimo koliko je učestao loš utjecaj endokrinih disruptora na reproduktivni sustav kod ljudi, koliko su naši ispitanici informirani i upoznati s time. U zadnjem,

dvadesetpetom pitanje, „If you have noticed a drop in reproductive capability, please choose what you deem to be main the reason among the following: nowadays people do not want to have children so soon and their reproductive capability falters with age, people lead stressful lifestyles that disable them from being sexually active, enhanced radiation from electronic devices (Wi-Fi and other types of radiation), unhealthy lifestyles in air-polluted areas, processed foods, exposure to chemicals present in hygienic products, cosmetics, etc.“, pitanje je višestrukog izbora kojim smo htjeli vidjeti kako naši ispitanici razmišljaju koji je glavni po njima razlog smanjene reproduktivnosti. Zapravo, daje nam uvid u to koliko su upoznati s problematikom pitanja i na koji način.

Rezultati

Nakon provedene ankete ostvareni su sljedeći rezultati istraživanja. Anketu je popunilo 72 ispitanika, što predstavlja veličinu našeg uzorka. Prvo i drugo pitanje ankete bili su ime i adresa elektroničke pošte ispitanika, te njihovi rezultati stoga nisu navedeni u ovom poglavlju, jer nisu relevantni za samo istraživanje.


Treće pitanje ankete, „I am: part of student population, not part of the student population.“, od 72 ispitanika njih 62 (86,1%) odgovorilo je da je dio studentske populacije, a 10 njih nije dio studentske populacije (13,9%) (Slika 1.).



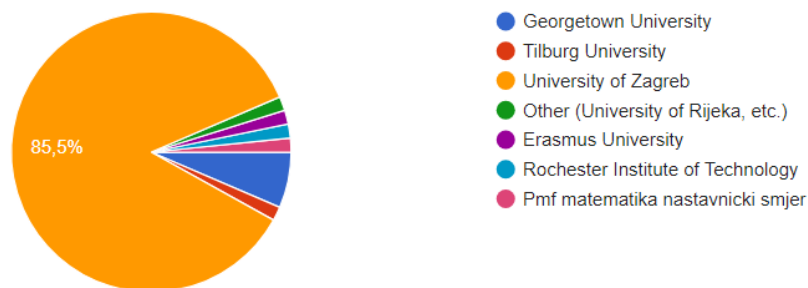
Slika 1. Odgovori na treće pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „I am: part of student population, not part of the student population.“ Od 72 ispitanika njih 62 (86,1%) odgovorilo je da je dio studentske populacije, a 10 njih nije dio studentske populacije (13,9%).

Četvrto pitanje ankete, „If part of the student population please choose your current university: Georgetown University, Tilburg University, University of Zagreb, other (University of Rijeka, etc.)” odgovorilo je 62 ispitanika, tj. studentska populacija uzorka. Njih 53 odgovorilo je da studira na Sveučilištu u Zagrebu (85,5 %), 4 na Sveučilištu Georgetown sveučilištu (6,5%), 1 na Sveučilištu Tilburg (1,6%), 1 Sveučilištu Erasmus (1,6 %), 1 na Institutu tehnologije Rochester (1,6%), 1 na PMF-u Sveučilišta u Zagrebu (1,6%) i 1 ispitanik je odgovorio drugo (Sveučilište u Rijeci, sl.) (Slika 2.).

If part of the student population please choose your current university

 Kopiraj

62 odgovora



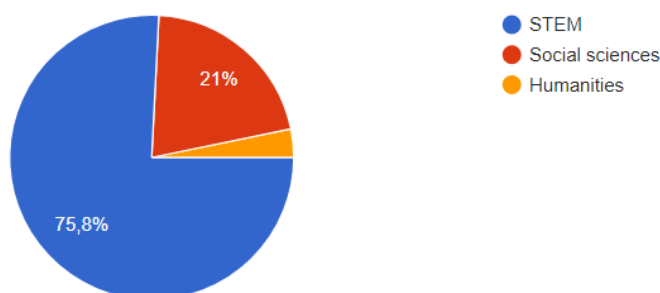
Slika 2. Odgovori na četvrto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „If part of the student population please choose your current university: Georgetown University, Tilburg University, University of Zagreb, other (University of Rijeka, etc.)” Odgovorilo je 62 ispitanika, tj. studentska populacija uzorka. Njih 53 odgovorilo je da studira na Sveučilištu u Zagrebu (85,5 %), 4 na Sveučilištu Georgetown sveučilištu (6,5%), 1 na Sveučilištu Tilburg (1,6%), 1 na Sveučilištu Erasmus (1,6 %), 1 na Institutu tehnologije Rochester (1,6%), 1 na PMF-u Sveučilišta u Zagrebu (1,6%) i 1 ispitanik je odgovorio drugo (Sveučilište u Rijeci, sl.)

Na peto pitanje, „If part of the student population, please state whether you study in: STEM, social sciences, humanities.”, odgovorilo je 62 ispitanika, njih 47 studira u STEM području (75,8 %), njih 13 društvene znanosti (21 %) i preostalih 2 humanističke znanosti (3,2 %) (Slika 3.).

If part of the student population, please state whether you study in

Kopiraj

62 odgovora



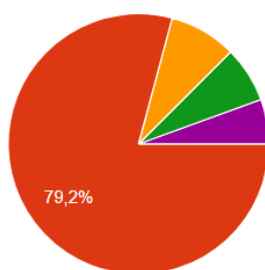
Slika 3. Odgovori na peto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „If part of the student population, please state whether you study in: STEM, social sciences, humanities.“ Odgovorilo je 62 ispitanika, njih 47 studira u STEM području (75,8 %), njih 13 društvene znanosti (21 %) i preostalih 2 humanističke znanosti (3,2 %)

Na šesto pitanje, „If you are a student in STEM, please state which part of STEM do you study in.“, odgovorilo je 47 ispitanika. Njih 15 odgovorilo je biologija i kemija (31,9 %). njih 10 je odgovorilo strojarstvo tj. inženjerstvo (21,3 %), 5 je odgovorilo informatika (10,6 %), 3 je odgovorilo medicina (6,4 %), 2 je odgovorilo matematika (4,2 %), jedan ispitanik je odgovorio stomatologija i također jedan je odgovorio kemijsko inženjerstvo (2,1%). Sedmo pitanje, „The function of the endocrine system is: processing ingested food and liquid and absorbing nutrients (minerals, vitamins and water), creating molecules that affect and control many physiological processes thus maintaining homeostasis, to maintain a constant barrier between the environment and the organism and to protect from mechano-chemical impacts, prevention of infection and disease occurrence and maintaining an optimal level of body fluids.“, odgovorilo je 72 ispitanika. Njih 57 (79,2 %) odgovorilo je točno, a to je da endokrini sustav stvara molekule koje utječu na i kontroliraju fiziološke procese i održava homeostazu. 6 ispitanika (8,3 %) odgovorilo je da održava barijeru između okoliša i organizma kako bi ga zaštitio od mehničko-kemijskih povreda. 5 ispitanika (6,9 %) odgovorilo je da endokrini sustav preventira infekcije i bolesti, te održava količinu tekućina u tijelu. Najmanje ispitanika, njih 4 (5,6%) odgovorilo je da procesuiraju unesu hranu i tekućinu i apsorbira hranjive tvari (Slika 4.).

The function of the endocrine system is

72 odgovora

 Kopiraj




- processing ingested food and liquid and absorbing nutrients (minerals, vitamins and water), creating molecules that affect and control many physiological processes thus maintaining homeostasis, to maintain a constant barrier between the environment and the organism and to protect from mechano-chemical impacts, prevention of infection and disease occurrence and maintaining an optimal level of body fluids.
- creating molecules that affect and control many physiological processes thus maintaining homeostasis, to maintain a constant barrier between the environment and the organism and to protect from mechano-chemical impacts
- to maintain a constant barrier between the environment and the organism and to protect from mechano-chemical impacts
- prevention of infection and disease occurrence and maintaining an optimal level of body fluids
- processing ingested food and liquid and absorbing nutrients, minerals, vitamins and water

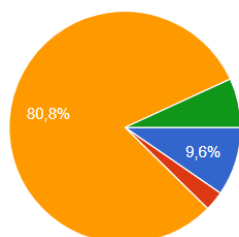
Slika 4. Odgovori na sedmo pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „The function of the endocrine system is: processing ingested food and liquid and absorbing nutrients (minerals, vitamins and water), creating molecules that affect and control many physiological processes thus maintaining homeostasis, to maintain a constant barrier between the environment and the organism and to protect from mechano-chemical impacts, prevention of infection and disease occurrence and maintaining an optimal level of body fluids.“ Odgovorilo je 72 ispitanika, njih 57 (79,2 %) odgovorilo je točno, 6 ispitanika (8,3 %) odgovorilo je da održava barijeru između okoliša i organizma kako bi ga zaštitio od mehaničko-kemijskih povreda, 5 ispitanika (6,9 %) odgovorilo je da endokrini sustav preventira infekcije i bolesti, te održava količinu tekućina u tijelu. 4 ispitanika (5,6%) odgovorilo je da procesuiru unesenu hranu i tekućinu i apsorbira hranjive tvari.

Na osmo pitanje ankete, „Endocrine glands secrete their products: into blood, into body cavities, onto the surface of the skin, out of the body.“, 58 (80,8 %) ispitanika jest odgovorilo u krv, 7 (9,6%) u tjelesne šupljine, 5 (6,8%) na površinu kože i 2 (2,7%) izvan tijela (Slika 5.).

Endocrine glands secrete their products

73 odgovora

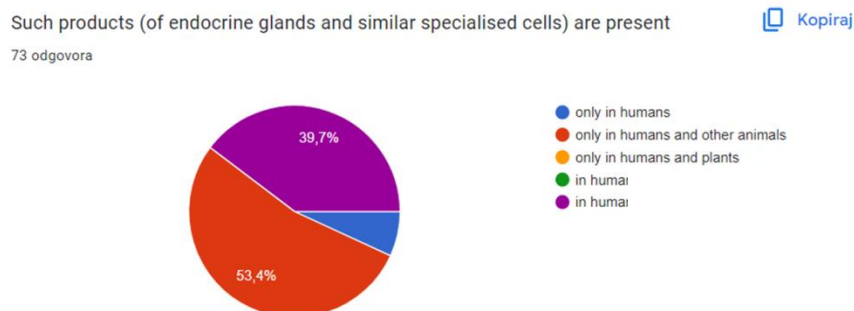
 Kopiraj



- into body cavities
- out of the body
- into blood
- onto the surface of the skin

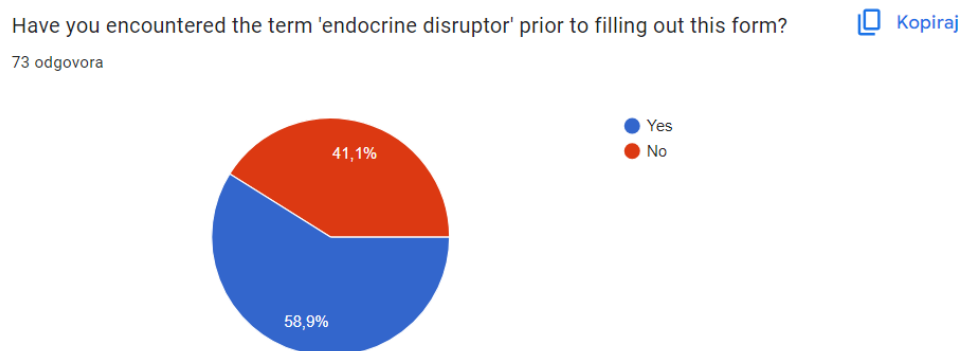
Slika 5. Odgovori na osmo pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Endocrine glands secrete their products: into blood, into body cavities, onto the surface of the skin, out of the body.“ 58 (80,8 %) ispitanika jest odgovorilo u krv, 7 (9,6%) u tjelesne šupljine, 5 (6,8%) na površinu kože i 2 (2,7%) izvan tijela.

Deveto pitanje, „The products of endocrine glands are called...“, točno je odgovorilo hormoni i znalo 53 (72,6 %) ispitanika, a njih 20 (27,4 %) nije znalo odgovor. Na deseto pitanje, „Such products (of endocrine glands and similar specialised cells) are present: only in humans and other animals, in humans, plants and animals, only in humans.“, od 73 odgovora 39 (53,4 %) je odgovorilo samo u ljudi i drugih životinja, 29 (39,7%) u ljudi, životinja i biljaka i 5 (6,8%) samo u ljudi (Slika 6.).



Slika 6. Odgovori na deseto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Such products (of endocrine glands and similar specialised cells) are present: only in humans and other animals, in humans, plants and animals, only in humans.“ Od 73 odgovora 39 (53,4 %) je odgovorilo samo u ljudi i drugih životinja, 29 (39,7%) u ljudi, životinja i biljaka i 5 (6,8%) samo u ljudi.

Jedanaesto pitanje, „Have you encountered the term 'endocrine disruptor' prior to filling out this form?“, 43 od 73 ispitanika (58,9 %) je odgovorilo da, a 30 (41,1 %) ne (Slika 7.).



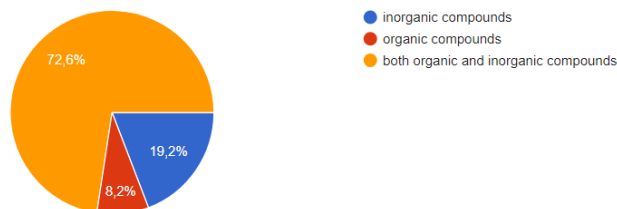
Slika 7. Odgovori na jedanaesto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Have you encountered the term 'endocrine disruptor' prior to filling out this form?“ 43 od 73 ispitanika (58,9 %) je odgovorilo da, a 30 (41,1 %) ne.

Na dvanaesto pitanje ankete, „If you have encountered the term, please state where you've been acquainted with it.“, od 43 odgovora 13 (30,2 %) je na satu biologije u školi, 8 (18,6 %)

internet, 7 (16,2 %) članci i istraživanja i 7 (16,2 %) fakultet. Trinaesto pitanje, „Harmful compounds from the environment are: both organic and inorganic compounds, inorganic compounds, organic compounds.“, odgovorilo je 73 ispitanika, njih 53 (72,6 %) odgovorilo je organske i anorganske, 14 (19,2 %) anorganske i njih 6 (8,2 %) organske molekule (Slika 8.).

Harmful compounds from the environment are
73 odgovora

Kopiraj



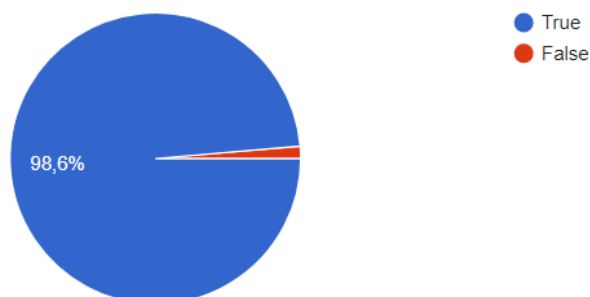
Slika 8. Odgovori na trinaesto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Harmful compounds from the environment are: both organic and inorganic compounds, inorganic compounds, organic compounds.“ Odgovorilo je 73 ispitanika, njih 53 (72,6 %) odgovorilo je organske i anorganske, 14 (19,2 %) anorganske i njih 6 (8,2 %) organske molekule.

Četrnaesto pitanje ankete, „Harmful compounds from the environment can cause chronic diseases and disorders.“, 72 (98,6 %) od 73 ispitanika je odgovorilo s točno, a 1 (1,4 %) je odgovorio s netočno (Slika 9.).

Harmful compounds from the environment can cause chronic diseases and disorders.

73 odgovora

Kopiraj

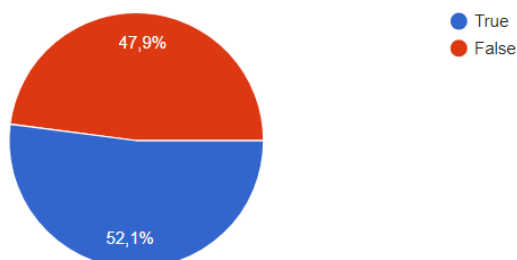


Slika 9. Odgovori na četrnaesto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Harmful compounds from the environment can cause chronic diseases and disorders.“ 72 (98,6 %) od 73 ispitanika je odgovorilo točno, a 1 (1,4 %) je odgovorio netočno.

Na petnaesto pitanje, „Most of diseases and disorders are genetically predisposed.“, 38 (52,1 %) od 73 ispitanika je odgovorilo s točno, a 35 (47,9 %) s netočno (Slika 10.).

Most of diseases and disorders are genetically predisposed.


73 odgovora



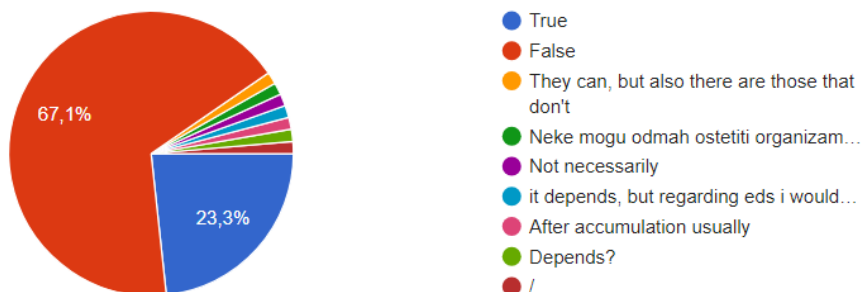
Slika 10. Odgovori na petnaesto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Most of diseases and disorders are genetically predisposed.“ 38 (52,1 %) od 73 ispitanika je odgovorilo s točno, a 35 (47,9 %) s netočno.

Šesnaesto pitanje ankete, „Harmful compounds react almost instantly with living organisms.“, odgovorilo je 73 ispitanika, od čega je 49 (67,1 %) odgovorilo s netočno, 17 (23,3 %) s netočno, a 7 (9,5 %) da ovisi tj. da nije nužno (Slika 11.).

Harmful compounds react almost instantly with living organisms.

 Kopiraj

73 odgovora

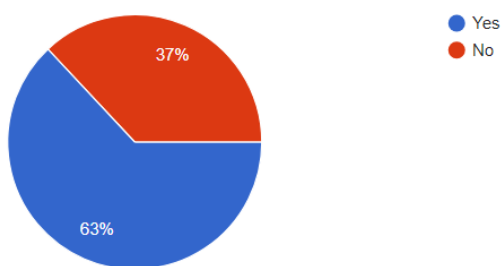


Slika 11. Odgovori na šesnaesto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Harmful compounds react almost instantly with living organisms.“ Odgovorilo je 73 ispitanika, od čega je 49 (67,1 %) odgovorilo s netočno, 17 (23,3 %) s netočno, a 7 (9,5 %) da ovisi tj. da nije nužno.

Na sedamnaesto anketno pitanje, „I have heard of terms such as 'DDT', 'BPA' and 'microplastics'.“, 46 (63 %) ispitanika je odgovorilo da, a 27 (37 %) ne (Slika 12.).

I have heard of terms such as 'DDT', 'BPA' and 'microplastics'.

73 odgovora



Slika 12. Odgovori na sedamnaesto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „I have heard of terms such as 'DDT', 'BPA' and 'microplastics'.“ 46 (63 %) ispitanika je odgovorilo da, a 27 (37 %) ne.

Na osamnaesto pitanje, „If you have heard about these terms please explain them as concisely as possible.“, 16 (34,8 %) od 46 ispitanika znala je samo objasniti mikroplastiku, 13 (28,3%) ispitanika je znala koncizno i točno objasniti DDT, BPA i mikroplastiku (Slika 13.), a 29 (63 %) ispitanih je nedovoljno precizno ili netočno objasnila navedene pojmove.

BPA is used mostly in production of plastics and. it can cause impotence and has negative impact on fetuses and newborns. microplastics are small plastic pieces that can be harmful primarily to marine organisms.

First two categories of compounds are phenolic, same type of compound found in plants which produce them naturally. DDT and BPA are also potentially dangerous to living organisms. Microplastics are traced in living organisms almost daily, those are polymer plastic substances.

BPA - bisphenol something - type of polymer used in plastics
DDT - one of most used pesticides
Microplastics - small(size in microns or smaller) plastic pieces

I only know about microplastics and it's plastics that has a size on a micro level and it makes it hard to filtrate, microplastics comes from any plastic that is being 'dissolved' mostly in water (ocean).

DDT=insecticide
BPA=one of the components for manufactured plastic bottles and other tools
Microplastics= "micro" things which are made when plastic products are dissolved

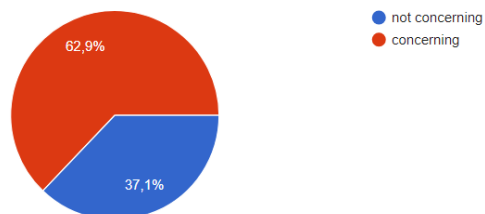
Slika 13. Dio konciznih i točnih odgovora na osamnaesto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „If you have heard about these terms please explain them as concisely as possible.“

Na devetnaesto pitanje, „I deem the following statement: *Both marine and freshwater rotifers could rapidly grind polystyrene, polyethylene and photo-aged microplastics*“. „, 44 (62,9 %) ispitanika odgovorilo je zabrinjavajuće, a 26 (37,1 %) nezabrinjavajuće (Slika 14.).

I deem the following statement: *Both marine and freshwater rotifers could rapidly grind polystyrene, polyethylene and photo-aged microplastics*.

***Rotifers are microscopic aquatic animals**

70 odgovora



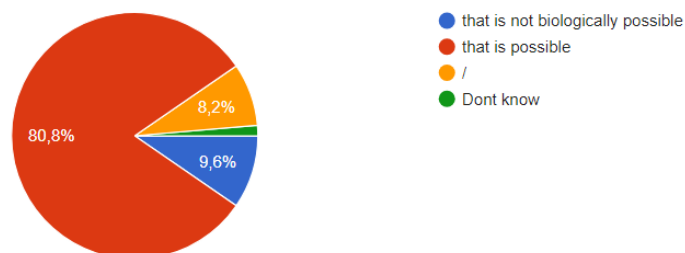
Slika 14. Odgovori na devetnaesto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „I deem the following statement: *Both marine and freshwater rotifers could rapidly grind polystyrene, polyethylene and photo-aged microplastics*“. „ 44 (62,9 %) ispitanika odgovorilo je zabrinjavajuće, a 26 (37,1 %) nezabrinjavajuće.

Na dvadeseto pitanje ankete, „Molecules that are not synthesised by an organism itself can bind to organism's structures and mimic molecules that the organism naturally synthesizes.“, od 73 ispitanika 59 (80,8 %) je odgovorilo da je moguće, njih 7 (9,6 %) odgovorilo je da nije moguće, a 7 (9,6 %) nije znalo što odgovoriti (Slika 15.).

Molecules that are not synthesised by an organism itself can bind to organism's structures and mimic molecules that the organism naturally synthesizes.

 Kopiraj

73 odgovora

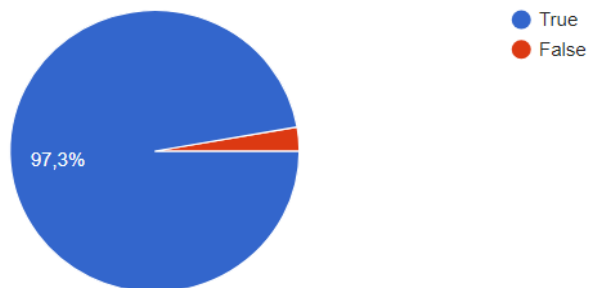


Slika 15. Odgovori na dvadeseto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Molecules that are not synthesised by an organism itself can bind to organism's structures and mimic molecules that the organism naturally synthesizes.“ Od 73 ispitanika 59 (80,8 %) je odgovorilo da je moguće, 7 (9,6 %) odgovorilo je da nije moguće, a 7 (9,6 %) nije znalo što odgovoriti.

Dvadesetprvo anketno pitanje, „The products of the endocrine system are necessary for a healthy reproductive system.“, odgovorilo je 73 ispitanika od čega je njih 71 (98,6 %) odgovorilo s da, a 2 (1,4 %) ne (Slika 16.).

The products of the endocrine system are necessary for a healthy reproductive system.

73 odgovora



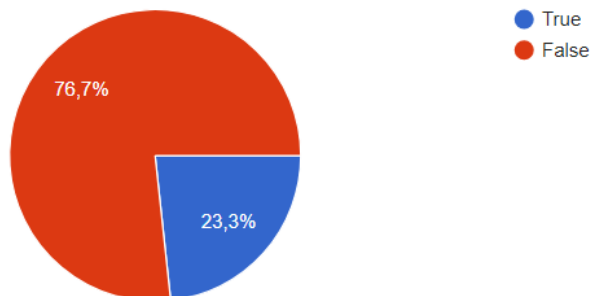
Slika 16. Odgovori na dvadesetprvo pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „The products of the endocrine system are necessary for a healthy reproductive system.“ Odgovorilo je 73 ispitanika, 71 je (98,6 %) odgovorilo s da, a 2 (1,4 %) ne.

Na dvadesetdrugo pitanje, „ Contamination with toxicants affects solely somatic cells and not germ cells.“, 56 (76,7 %) ispitanika odgovorilo s netočno, a 17 (23,3 %) s točno (Slika 17.).

Contamination with toxicants affects solely somatic cells and not germ cells.

***a somatic cell comprises every organ, and a germ cell is exclusively responsible for sexual reproduction and from which a new organism is created**

73 odgovora

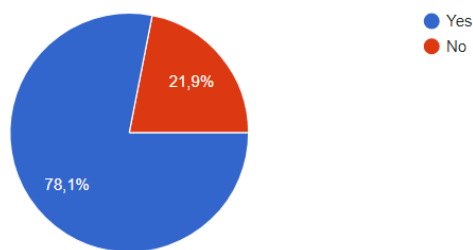


Slika 17. Odgovori na dvadesetdrugo pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „Contamination with toxicants affects solely somatic cells and not germ cells.“ 56 (76,7 %) ispitanika odgovorilo s netočno, a 17 (23,3 %) s točno.

Na dvadesettreće anketno pitanje, „In the past few years, I have noticed a drop in reproductive capability among the human population.“, od 73 ispitanika 57 (78,1%) ispitanika je odgovorilo s da, a 16 (21,9 %) s ne (Slika 18.).

In the past few years, I have noticed a drop in reproductive capability among the human population.

73 odgovora



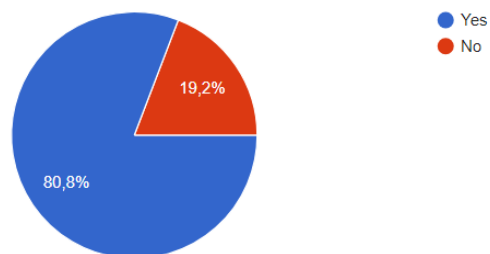
Slika 18. Odgovori na dvadesettreće pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „In the past few years, I have noticed a drop in reproductive capability among the human population.“ Od 73 ispitanika 57 (78,1%) ispitanika je odgovorilo s da, a 16 (21,9 %) s ne.

Dvadesetčetvrto pitanje ankete, „I have heard of/or know people who have gone to IVF treatments.“, odgovorilo je 73 ispitanika, od čega je 59 (80,8 %) odgovorilo s da, a 14 (19,2 %) s ne (Slika 19.).

I have heard of/or know people who have gone to IVF treatments.

***IVF stands for 'in vitro fertilization', a process of medically assisted fertilization**

73 odgovora



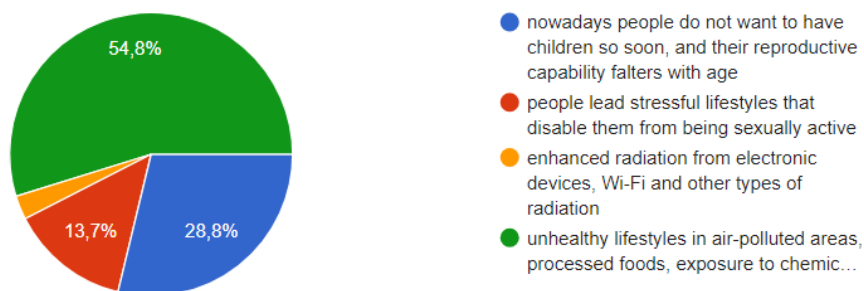
Slika 19. Odgovori na dvadesetčetvrto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „I have heard of/or know people who have gone to IVF treatments.“ Odgovorilo je 73 ispitanika. 59 (80,8 %) ispitanika odgovorilo s da, a 14 (19,2 %) s ne.

Dvadesetpeto pitanje ankete, „If you have noticed a drop in reproductive capability, please choose what you deem to be main the reason among the following: unhealthy lifestyles in air-polluted areas, processed foods, exposure to chemicals present in hygienic products, cosmetics, etc., nowadays people do not want to have children so soon, and their reproductive capability falters with age, people lead stressful lifestyles that disable them from being sexually active, enhanced radiation from electronic devices, Wi-Fi and other types of radiation.“, od 73 ispitanika 40 (54,8 %) je odgovorilo nezdrav život, procesirana hrana..., 21 (28,8 %) da ljudi ne žele toliko rano djecu, pa im opada reproduktivna moć, 10 (13,7 %) da ljudi vode stresan život koji ih sprječava da budu seksualno aktivni i 2 (2,7 %) odgovorilo je pojačana radijacija (Slika 20.).

If you have noticed a drop in reproductive capability, please choose what you deem to be **main** the reason among the following



73 odgovora



Slika 20. Odgovori na dvadesetpeto pitanje ankete „Research on the level of knowledge of the phenomenon of endocrine disruptors“, „If you have noticed a drop in reproductive capability, please choose what you deem to be main the reason among the following: unhealthy lifestyles in air-polluted areas, processed foods, exposure to chemicals present in hygienic products, cosmetics, etc., nowadays people do not want to have children so soon, and their reproductive capability falters with age, people lead stressful lifestyles that disable them from being sexually active, enhanced radiation from electronic devices, Wi-Fi and other types of radiation.“ Od 73 ispitanika 40 (54,8 %) je odgovorilo nezdrav život, procesirana hrana..., 21 (28,8 %) da ljudi ne žele toliko rano djecu, pa im opada reproduktivna moć, 10 (13,7 %) da ljudi vode stresan život koji ih sprječava da budu seksualno aktivni i 2 (2,7 %) odgovorilo je pojačana radijacija.

Diskusija

Od 72 ispitanika njih čak 47 studira u STEM području što daje za pretpostaviti kako su već čuli o endokrinim disruptorima i njihovom utjecaju na organizme za vrijeme svoga školovanja. Međutim prema rezultatima ankete i odgovorima na neka od pitanja dalo bi se raspravljati o tome zašto i kako je moguće da je spoznaja većinski studentske populacije naše ankete o endokrinim disruptorima i endokrinom sustavu generalno nezadovoljavajuća. Na sedmo pitanje ankete o utjecaju ulazi endokrinog sustava većina (57) ispitanika od 72 je točno odgovorila, ali 3 ispitanika s STEM područja studiranja znanosti u Hrvatskoj u potpunosti su krivo odgovorili što dovodi u pitanje kvalitetu osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja, a čak i kvalitetu kadra koji će raditi u STEM području u Hrvatskoj. Većina krivih odgovora odgovorila je populacija koja ne studira u STEM području ili pak studira, ali nije vezano za biologiju i kemiju. To je očekivano s obzirom da se više ne susreću s temom endokrinog sustava u svakodnevici, ali ipak ovo je pitanje osnovnoškolskog obrazovanja. Osmo pitanje o tome gdje endokrine žlijezde izlučuju svoje produkte točno je odgovorilo 58 ispitanika od njih 72, a od 14 ispitanika koji su krivo odgovorili 3 čak studira u području STEM-a, što opet ukazuje na nedostatak informiranosti ispitanika o općem znanju biologije. Kao i očekivano, većina krivih odgovora je od ispitanika koji ne studiraju STEM područje. U devetom pitanju ispitanici koji nisu studenti i ne studiraju u STEM području nisu znali naziv produkata endokrinih žlijezda, jedan od odgovora je čak bio znoj. Studenti STEM područja su znali odgovor osim jednog studenta biologije i kemije. Ono što se dosad prema odgovorima može primjetiti jest da iako su u osnovnoj školi i srednjoj obradili temu endokrinog sustava ispitanici iako je većina dobro odgovorila za tu razinu znanja nezadovoljavajuće poznaje endokrini sustav. Odgovor na deseto pitanje krivo je odgovorilo čak 18 ispitanika od 73, među kojima su student STEM područja i studira biologiju i kemiju. Ipak ovo pitanje jest velika većina ispitanika znala, svakako je za pitanje osnovnoškolskog obrazovanja 18 ispitanika prevelik udio ispitanika koji su netočno odgovorili. Pitanje je bilo kod kojih organizama nalazimo hormone i čak 38 je odgovorilo samo ljudi i životinje, zaboravljajući na biljne hormone. A njih 5 i na to da hormone imaju i životinje. Dio ankete o endokrinom sustavu općenito na razini osnovnoškolskog i srednjoškolskog znanja pokazao se donekle poražavajući. Iako uključena nestudentska populacija i populacija iz područja studija koji nisu STEM nije dugo slušala u svom obrazovanju o endokrinom sustavu mišljenje je kako su ovo pitanja koja bi trebali znati odgovoriti. Čak 30 od 73 ispitanika nikad se nije susreo s pojmom

endokrinih disruptora, a među njima i student biologije i kemije. Većinom su to nestudentska populacija i populacija koja ne studira u STEM području. Sa pojmom endokrinih disruptora susrelo se 43 ispitanika, od kojih je većina studentska populacija koja studira u STEM području. S obzirom na loš utjecaj i učestalost endokrinih disruptora iznenađenje jest što toliki broj ispitanika nije nikad susreo pojam endokrinih disruptora. Ovaj podatak zabrinjavajuć je i pokazuje nedovoljnu angažiranost uvođenja pojma endokrinih disruptora u ne samo u srednje škole, već i fakultetsko obrazovanje pogotovo s obzirom da je veliki dio ispitanika studentske populacije iz STEM područja. Na pitanje gdje su čuli o endokrinim disruptorima 13 ispitanika od 43 odgovora je odgovorilo u srednjoj školi na satu biologije, što pokazuje koliko se tema endokrinih disruptora zapravo izostavila iz nastavnog sadržaja biologije. Ova tema uvelike je bitna kako bi znali za negativan hormonalni utjecaj endokrinih disruptora koje susrećemo svakodnevno, a da toga nismo ni svjesni. Od ostalih 31 ispitanika 8 su odgovorili kako su se susreli s pojmom na internetu ili su čuli od prijatelja, a samo 7 ispitanika čula su o temi na fakultetu, što ukazuje na nedovoljnu informativnost o temi u STEM području s obzirom da je većina ispitanika iz tog područja znanosti. 7 ispitanika je reklo da je čuo o endokrinim disruptorima u znanstvenim radovima i čak je jedan ispitanik rekao u časopisu *Economist*. To ukazuje na zainteresiranost ljudi i ozbiljnost problematike teme endokrinih disruptora s obzirom da se navedeni časopis bavi analizom ozbiljnih globalnih problema. Samo 3 ispitanika susrela su se pojmom endokrinih disruptora u medijima, što ukazuje na malu pažnju medija oko ove teme koja bi se zbog svoje važnosti i utjecaja na čovjeka trebala imati veću medijsku pozornost. Još uvijek čak 14 ispitanika misli da su samo anorganske molekule štetne što ukazuje na dosta veliki udio ispitanika s miskoncepcijom o neštetnosti organskih molekula. Očekivajuće, većina tih ispitanika jest iz nestudentske populacije ili ne iz STEM područja. Pozitivno jest što je velika većina ispitanika iz STEM područja znala odgovor. Čak 72 od 73 ispitanika jest znalo da štetne tvari iz okoliša uzrokuju kronične bolesti i poremećaje. To pokazuje kako su ispitanici svjesni da u okolišu postoje štetne tvari za organizam, međutim očito endokrini disruptori nisu jedna od tih štetnih tvari za koju je većina ispitanika čula. Od 73 ispitanika 38 misli kako su većina bolesti genetski nasljedne, što je netočno. Ono što je začuđujuće jest kako je većina znala za štetne tvari u okolišu, ali je ipak odgovorila da je genetika zaslužnija za oboljenja. 55 ispitanika znalo je točno da štetne tvari ne reagiraju s organizmima odmah, već je potrebno neko vrijeme. Pitanja ovog drugog dijela ankete o toksikantima pokazuje dobro znanje ispitanika o štetnim tvarima u

okolišu međutim nedovoljno za njihovu razinu školovanja. Također, došlo je do kontradikcije u odgovorima pojedinih ispitanika, gdje iako znaju za štetne tvari u okolišu koji je svakodnevno s nama u doticaju zaključuju kako je genetika problematičnija i učestaliji razlog bolesti. S obzirom da se 43 ispitanika susrelo s pojmom endokrinih disruptora u skladu s time 46 ispitanika jest reklo da je čulo za pojmove BPA, DDT i mikroplastiku. Ispitanici koji su čuli za te pojmove većinom su čuli samo za mikroplastiku što je očekivajuće s obzirom na ekološke probleme koje donosi plastika. Većinom studentska populacija jest čula za te pojmove i znala ih je definirati, najviše mikroplastiku. Ono što je bilo za očekivati student STEM područja najviše su čuli o ovim pojmovima i najbolje su ih znali definirati, iako nisu svi čuli o tome na fakultetu nego i u znanstevim radovima, od prijatelja i slično. Ovo pokazuje generalnu zainteresiranost studentata STEM područja o temi mikroplastike i ostalih navedenih endokrinih disruptora. Zčudujuće samo 44 od 73 ispitanika smatra zabrinjavajuće činjenicu kako i morske i riječne rotifer bi mogle samljeti mikroplastiku, što ukazuje na neinformiranost o nanoplastici koja je još štetnija za organizam i hormonalnu funkciju jer lakše ulazi i pore stanica i teže je ukloniti i spriječiti. U zadnjem dijelu ankete ispitivalo se ispitanike o funkciji i utjecaju endokrinih disruptora počevši od definicije kojom smo ispitali je li po njima uopće moguće da neke molekule imitiraju druge. 59 od 73 ispitanika je točno odgovorilo da je to moguće, što ukazuje na generealno dobro površinsko znanje o temi. Čak 71 ispitanik misli kako su proizvodi endokrinog sustava bitni za reproduktivni iako dosta njih nije znalo kako se zovu. Također ukazuje se na površinsko znanje o temi. Sukladno podjeli, većina STEM studenata i studentske populacije je znalo da toksikanti utječu i na reproduktivne stanice, a ne samo somatske, dok ostalih 17 od 73 ispitanika ne zna tu činjenicu, a većinom nestudentska populacija ili oni koji ne studiraju u STEM području. Većina ispitanika svjesna je opadanja reproduktivne mogućnosti čovjeka u zadnjih par godina, njih čak 57 od 73. Njih 59 od 73 zna ljude koji su se podvrgnuli IVF tretmanu, međtim tu se vidjela kontradiktornost u odgovorima, jer je nekoliko ispitanika koji nisu svjesni opadanja reproduktivne moći odogovorilo sa da na ovo pitanje. U skladu s temom većina, njih 40 misli kako je uzrok tome štetnosti okoliša, kemikalije i procesuirana hrana, dok je drugi najčešći odgovor jest to što ljudi ne žele imati djecu ran oi samim time njihova moć reproduktivnosti opada. Zanimljivo, mišljenje jedne većinski studentske populacije jest ipak prevagnulo na stranu krivnje okoliša, s obzirom da je većina ispitane populacije iz STEM područja donekle je razumljivo, jer su najviše upoznati s temom štetnih tvari iz okoliša. Međutim, s obzirom da je ovo

mlada populacija generalno je mišljenje mladih da ne žele djecu pa bi pomisli da je to najveći razlog opadanja reproduktivne moći. Ovakvo mišljenje ispitanika i odgovori na ovo pitanje ankete ukazuje da su ipak svjesni štetnog utjecaja okoliša na reprodukciju i ozbiljnost problema. Iako ne znaju dosta o endokrinim disruptorima svjesni su kako u okolišu postoje štetne tvari koje utječu loše na reproduktivnost.

Zaključak

Ovim istraživanjem uvidjeli smo kako je informiranost studentske i nestudentske populacije o endokrinom sustavu, toksikantima i endokrinim disruptorima dosta površna i nedovoljno obrađena u školskom sustavu, iako je sama problematika teme izrazito važna i utjecajna u lošem smislu na reproduktivni sustav čovjeka. Strana populacija u ovoj anketi je bila izrazito male odazvanosti, pa smo imak trebali zanemariti taj faktor podjele u rezultatima i diskusiji. Mišljenje je da je potrebno približiti temu i detaljnije je obraditi u srednjim školama, ali ne predetaljno, s obzirom na pretpanost učenika informacijama i pretpanim nastavnim sadržajem biologije. Također, na fakultetima potrebno je pružiti više mogućnosti studentima da se detaljnije susretnu s temom endokrinih disruptora bilo to kroz izborne predmete ili obvezne ili oboje. I razloga što iako studiraju u području STEM znanosti, gdje bi znanje o endokrinim disruptorima trebalo biti na najvišem mogućem nivou, studentska populacija nije pokazala znanje o temi na dovoljnom nivou.

LITERATURA

- 6. Simpozij studenata doktorskih studija PMF-a KNJIGA SAŽETAKA, Zagreb, 2022
- Nakata K. Theoretical approach to endocrine disruptors. *Front Biosci.* 2002 Jul 1;7:c68-73. doi: 10.2741/A760. Epub 2002 Jul 1. PMID: 12086919.
- Lovrić M., Razvoj i primjena modela za procjenu ekotoksikoloških rizika bioaktivnih kemijskih spojeva, 2021
- Anway MD, Cupp AS, Uzumcu M, Skinner MK. Epigenetic transgenerational actions of endocrine disruptors and male fertility. *Science.* 2005 Jun 3;308(5727):1466-9. doi: 10.1126/science.1108190. Erratum in: *Science.* 2010 May 7;328(5979):690. PMID: 15933200.
- Kang et al., *Endocrine Disruptors*, 2007
- State of California, Department of Public Health, Department of Industrial Relations, *Understanding Toxic Substances*
- Monneret C., *What is an endocrine disruptor?*, 2017
- Gereš, N. i Lang Morović, M. (2015). Poster 1. - Endogeni disruptori – utjecaj na ljudsko zdravlje i kontroverze. *Hrvatski Časopis za javno zdravstvo*, 10 (40), 15-15. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/298336>
- Fontenele, EGP et al, *Environmental contaminants and endocrine disruptors*, 2010
- Pombo, M., Castro-Feijóo, L., *Endocrine disruptors*, 2005
- Althaus, Felix R, *Endocrine Disruptors: Introduction*, 2008
- <https://training.seer.cancer.gov/anatomy/endocrine/hormones.html>
- <https://www.endocrine.org/patient-engagement/endocrine-library/edcs>
- <https://www.nytimes.com/2012/10/28/business/rachel-carsons-lessons-50-years-after-silent-spring.html>
- Cimmino I., Fiory F., Perruolo .G., Miele C., Beguinot F., Formisano P., Francesco Oriente F., *Potential Mechanisms of Bisphenol A (BPA) Contributing to Human Disease* 2020
- Zhao, J., Lan, R., Wang, Z. *et al.* Microplastic fragmentation by rotifers in aquatic ecosystems contributes to global nanoplastic pollution. *Nat. Nanotechnol.* (2023).
- Multigner, L Kadhel, P, *Endocrine disruptors, concepts and reality*, 2008