



Hrvatska agencija za
poljoprivredu i hranu

Croatian Agency for
Agriculture and Food

L'Agence Croate pour
l'Agriculture et l'Alimentation



KLASA: 642-01/25-01/4
URBROJ: 396-08-2/01-26-23
Osijek, 16. lipnja 2026. godine

ZNANSTVENO MIŠLJENJE
O IZLOŽENOSTI ŽIVOTINJA ZEARELENONU IZ KRMIVA I KRMNIH SMJESA
U REPUBLICI HRVATSKOJ

Brigita Hengl, Jasenka Petrić, Matija Domaćinović, Zlatko Janječić,
Jelka Pleadin, Andreja Prevendar Crnić, Nataša Pintiće Puček, Andreja Babić

CENTAR ZA SIGURNOST HRANE

Ivana Gundulića 36b, 31000 Osijek, tel: +385 31 214 900, e-mail: csn@hapih.hr, www.hapih.hr
MB:2528614, OIB: 35506269186, IBAN: HR1210010051863000160



Hrvatska agencija za
poljoprivredu i hranu

Croatian Agency for
Agriculture and Food

L'Agence Croate pour
l'Agriculture et l'Alimentation

CENTAR ZA SIGURNOST HRANE

Ivana Gundulića 36b, 31000 Osijek, tel: +385 31 214 900, e-mail: csh@hapih.hr, www.hapih.hr
MB:2528614, OIB: 35506269186, IBAN: HR1210010051863000160

Dokument izrađen na vlastitu inicijativu

Usvojeno 16.06.2026

Dostupno na: <https://www.hapih.hr/csh/upisnik-znanstvenih-misljenja/>

Korespondencija: info.chs@hapih.hr

Klasa: 642-01/25-01/4

Ur. broj: 396-08-2/01-26-23

ČLANOVI AD HOC STRUČNOG TIJELA - AUTORI

1. dr. sc. Brigita Hengl, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu
2. dr. sc. Jasenka Petrić, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu
3. prof. dr. sc. Matija Domančinović, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
4. prof. dr. sc. Zlatko Janječić, Agronomski fakultet Zagreb
5. prof. dr. sc. Jelka Pleadin, Hrvatski veterinarski institut
6. prof. dr. sc. Andreja Prevendar Crnić, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
7. dr. sc. Nataša Pintiћ Pukec, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu
8. Andreja Babić, mag. prim. kem., Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu

Izjave o sukobu interesa:

Autori nisu bili u izravnom ili neizravnom, financijskom, gospodarskom ili bilo kojem drugom osobnom interesu koji bi se mogao smatrati štetnim za njihovu nepristranost i neovisnost u okviru izrade ovog dokumenta.

Zahvale:

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za sigurnost hrane zahvaljuje se članovima *ad hoc* stručnog tijela za donošenje Znanstvenih mišljenja o mikotoksinima zearalenon i deoksinivalenol u hrani za životinje. Također se zahvaljuje Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, Hrvatskom veterinarskom institutu i Centru za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu na ustupljenim podacima koji su korišteni u izradi ovog znanstvenog mišljenja.

Predloženo citiranje:

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, *Ad hoc* stručno tijelo, Hengl B, Petrić J, Domaćinović M, Janječić Z, Pleadin J, Prevendar Crnić A, Pintić Pukec N, Babić A, 2026. Znanstveno mišljenje o izloženosti životinja zearalenonu iz krmiva i krmnih smjesa u Republici Hrvatskoj.

Sažetak

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (HAPIH), kroz djelovanje Centra za sigurnost hrane u izradi znanstvenih mišljenja o rizicima u hrani i hrani za životinje, kojima pruža znanstvenu i tehničku potpore tijelima nadležnim za sigurnost hrane i hrane za životinje u donošenju informiranih odluka o upravljanju rizicima. Ova se aktivnost temelji na nacionalnom zakonodavstvu, od kojeg je u kontekstu izrade ovog znanstvenog mišljenja posebno važan Pravilnik o sigurnosti hrane za životinje i Zakon o službenim kontrolama, kao i na usklađenosti s relevantnim propisima Europske unije. U tom kontekstu posebno je važna procjena rizika od mikotoksina, među kojima se ističe zearalenon (ZEN) kao jedan od značajnih kontaminanata u hrani za životinje.

ZEN je mikotoksin estrogenog djelovanja koji nastaje kao sekundarni metabolit plijesni roda *Fusarium*, a najčešće kontaminira žitarice i proizvode biljnog podrijetla. Njegova prisutnost predstavlja rizik za zdravlje životinja, osobito za svinje koje su najosjetljivije, ali i za tovnu janjad, piliće i purane. Posredno, ZEN može imati utjecaj i na sigurnost hrane životinjskog podrijetla. S obzirom na učestalost pojave i potencijalne posljedice, njegovo praćenje i procjena rizika važni su elementi sustava sigurnosti hrane za životinje.

Znanstveno mišljenje o ZEN-u izrađeno je na temelju analize nacionalnih podataka o kontaminaciji hrane za životinje prikupljenih u razdoblju 2020.–2024. godine. Podaci su obuhvaćali rezultate laboratorijskih analiza uzoraka hrane za životinje uzorkovanih tijekom provedbe službenih kontrola, analiziranih u Hrvatskom veterinarskom institutu (HVI), te rezultate laboratorijskih analiza provedenih u HAPIH-u u okviru provedbe Mjere 14 – Dobrobit životinja i Intervencije 70.06. Ukupno je analizirano 815 uzoraka iz službenih kontrola, od kojih je u obradu uključeno 677, te 674 uzorka iz HAPIH-a, od kojih je u obradu uključen 521 uzorak. Smanjenje broja obrađenih uzoraka posljedica je potrebe za ujednačavanjem kategorija hrane, isključivanjem nedovoljno definiranih uzoraka i uvjeta minimalnog broja uzoraka po kategoriji.

Analiza podataka pokazala je značajnu neujednačenost u nazivima i kategorizaciji hrane za životinje, što je zahtijevalo dodatnu obradu i ručno usklađivanje podataka. Također je uočen relativno visok udio lijevo cenzuriranih (LC) podataka, odnosno rezultata ispod granice kvantifikacije, što je dodatno povećalo nesigurnost procjene. Udio takvih podataka bio je varijabilan – u službenim kontrolama kretao se približno do 70 %, dok je u HAPIH-ovim podacima dosežao i do 80 % u pojedinim kategorijama.

Procjena izloženosti životinja ZEN-u provedena je prema metodologiji Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA), kombiniranjem podataka o količini ZEN-a u hrani, dnevnom unosu hrane i tjelesnoj masi životinja. U izračunima su korištena tri pristupa (LB, MB i UB) kako bi se obuhvatila nesigurnost povezana s LC podacima. Procjena je provedena za prasade, tovnje svinje/nazimice, tovnje piliće, tovnje purane i tovnju janjad. Za potrebe izrade ovog znanstvenog mišljenja koristile su se samo one kategorije hrane koje su se mogle koristiti za vrste životinja za koje je Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) odredila toksikološku vrijednost.

Rezultati su pokazali da su količine ZEN-a u svim analiziranim uzorcima, kako iz službenih kontrola tako i iz HAPIH-ovih analiza, bile niže od orijentacijskih vrijednosti propisanih zakonodavstvom. Nadalje, procijenjena izloženost životinja bila je značajno niža od toksikoloških referentnih vrijednosti (NOAEL) koje je utvrdila EFSA. U većini slučajeva izloženost se kretala unutar raspona od 0 % do maksimalno 20 % NOAEL vrijednosti, što upućuje na nizak rizik za zdravlje životinja u promatranom razdoblju.

Usporedba dvaju skupova podataka pokazala je određene razlike u procijenjenoj izloženosti. Općenito, vrijednosti izloženosti bile su nešto više u rezultatima službenih kontrola nego u HAPIH-ovim podacima, osim u slučaju tovne janjadi, gdje je uočen obrnuti trend. Međutim, te razlike nisu bile značajne u pogledu procjene rizika. Na razlike su vjerojatno utjecali čimbenici poput geografskog podrijetla uzoraka, klimatskih uvjeta te različitih obrazaca uzorkovanja i organizacije sustava prikupljanja podataka.

Važno ograničenje procjene predstavlja neujednačena zastupljenost pojedinih kategorija hrane za životinje. Dok su osnovne komponente obroka (npr. kukuruz, pšenica, ječam) bile dobro zastupljene, za krmne smjese i neke specifične kategorije podaci su bili ograničeni. S obzirom na to da krmne smjese često čine ključni dio hranidbe, ova neravnoteža može utjecati na reprezentativnost procjene izloženosti.

Unatoč procijenjenoj niskoj razini rizika, rezultati potvrđuju stalnu prisutnost ZEN-a u hrani za životinje, što je u skladu s poznatim utjecajem klimatskih i skladišnih uvjeta na razvoj plijesni i proizvodnju mikotoksina. Stoga je kontinuirano praćenje nužno kako bi se pravovremeno prepoznale moguće promjene u razinama kontaminacije.

S obzirom na nisku izloženost ZEN-u i njegov slab prijenos u mišićno i ostala tkiva očekuje se vrlo niska ili nedetektibilna razina u mesu, pa je potencijalni rizik za zdravlje potrošača zanemariv.

Na temelju dobivenih rezultata istaknuta je potreba za unapređenjem sustava monitoringa, uključujući bolje planiranje uzorkovanja, standardizaciju kategorizacije hrane, smanjenje udjela LC podataka primjenom osjetljivijih analitičkih metoda te uključivanje informacija o geografskom podrijetlu uzoraka. Također je preporučeno jačanje koordinacije između različitih sustava prikupljanja podataka te dodatno uključivanje procjene stvarnih obroka životinja.

Iako trenutačne razine ZEN-a u hrani za životinje u Republici Hrvatskoj ne predstavljaju značajan rizik za zdravlje životinja, održavanje i daljnje unapređenje sustava praćenja ostaje ključno za osiguranje visoke razine sigurnosti hrane za životinje i zaštite zdravlja ljudi i životinja u budućnosti.

Ključne riječi: zearalenon (ZEN), sigurnost krmiva i krmnih smjesa, prasadi, tovnih svinja, tovnih janjadi, tovnih pilića i tovnih purana

Summary

The Croatian Agency for Agriculture and Food (HAPIH), through the work of the Centre for Food Safety in preparing scientific opinions on risks in food and feed, provides scientific and technical support to the authorities responsible for food and feed safety in making informed risk-management decisions. This activity is based on national legislation, among which the Ordinance on Feed Safety and the Official Controls Act are particularly important in the context of preparing this scientific opinion, as well as on alignment with relevant European Union regulations. In this context, the assessment of risks posed by mycotoxins is especially important, with zearalenone (ZEN) standing out as one of the significant contaminants in animal feed.

ZEN is an estrogenic mycotoxin produced as a secondary metabolite of moulds of the genus *Fusarium*, most commonly contaminating cereals and plant-derived products. Its presence poses a risk to animal health, particularly to pigs, which are the most sensitive species, but also to fattening lambs, broiler chickens, and fattening turkeys. Indirectly, ZEN may also affect the safety of food of animal origin. Given its frequent occurrence and potential consequences, its monitoring and risk assessment are important components of the animal feed safety system.

The scientific opinion on ZEN was prepared based on an analysis of national data on feed contamination collected during the period 2020–2024. The data included the results of laboratory analyses of feed samples taken during official controls and analysed at the Croatian Veterinary Institute (HVI), as well as the results of laboratory analyses carried out at HAPIH within the implementation of Measure 14 – Animal Welfare and Intervention 70.06. A total of 815 samples from official controls were analysed, of which 677 were included in the assessment, and 674 samples from HAPIH, of which 521 were included. The reduction in the number of processed samples resulted from the need to harmonise feed categories, exclude insufficiently defined samples, and ensure a minimum number of samples per category.

Data analysis revealed significant inconsistencies in feed naming and categorisation, requiring additional processing and manual harmonisation. A relatively high proportion of left-censored (LC) data, i.e. results below the limit of quantification, was also observed, which further increased the uncertainty of the assessment. The proportion of such data varied – in official controls it reached up to approximately 70%, while in HAPIH data it reached up to 80% in certain categories.

The assessment of animal exposure to ZEN was carried out according to the methodology of the European Food Safety Authority (EFSA), combining data on ZEN concentrations in feed, daily feed intake, and body weight of animals. Three approaches (LB, MB, and UB) were applied to account for the uncertainty associated with left-censored data. The assessment covered fattening piglets, fattening pigs/gilts, broiler chickens, fattening turkeys, and fattening lambs.

The results showed that ZEN levels in all analysed samples, both from official controls and HAPIH analyses, were below the guidance values established by legislation. Furthermore, the estimated exposure of animals was significantly lower than the toxicological reference values (NOAEL) established by EFSA. In most cases, exposure ranged from 0% to a maximum of about 20% of the NOAEL, indicating a low risk to animal health during the observed period.

A comparison of the two datasets revealed certain differences in estimated exposure. In general, exposure levels were slightly higher in the results from official controls than in HAPIH data, except in the case of fattening lambs, where the opposite trend was observed. However, these differences were not significant in terms of risk assessment. They were likely influenced by factors such as the geographical origin of samples, climatic conditions, and differences in sampling patterns and data collection systems.

An important limitation of the assessment is the unequal representation of different feed categories. While basic feed components (e.g. maize, wheat, barley) were well represented, data for compound feeds and certain specific categories were limited. Given that compound feeds often constitute a key component of animal diets, this imbalance may affect the representativeness of the exposure assessment.

Despite the estimated low level of risk, the results confirm the continuous presence of ZEN in animal feed, which is consistent with the known influence of climatic and storage conditions on mould growth and mycotoxin production. Therefore, continuous monitoring is necessary to ensure timely detection of potential changes in contamination levels.

Given the low exposure to ZEN and its limited transfer to muscle and other tissues, very low or non-detectable levels are expected in meat; therefore, the potential risk to consumer health is considered negligible.

Based on the obtained results, the need to improve the monitoring system was highlighted, including better sampling design, standardisation of feed categorisation, reduction of left-censored data through the use of more sensitive analytical methods, and inclusion of information on the geographical origin of samples. Strengthening coordination between different data collection systems and further incorporation of actual animal diets into exposure assessment were also recommended.

Although current levels of ZEN in animal feed in the Republic of Croatia do not pose a significant risk to animal health, maintaining and further improving monitoring systems remains essential for ensuring a high level of feed safety and protecting both animal and human health in the future.

Key words: Zearalenone (ZEN), feed safety, fattening piglets, fattening pigs, fattening lambs, fattening chickens and fattening turkeys

SADRŽAJ

Sažetak	1
Summary	3
1. Uvod	10
1.1. Pozadina slučaja	10
1.2. Zakonska osnova	11
2. Podaci i metode	13
2.1. Podaci	13
2.2. Metode	31
2.2.1. Analiza krmiva i krmnih smjesa u laboratoriju	31
2.2.1.1. Analiza krmiva i krmnih smjesa u HVI-u	31
2.2.1.2. Analiza krmiva i krmnih smjesa u HAPIH-u	32
2.3. Metodologija procjene izloženosti životinja	33
3. Procjena rizika	35
3.1. Identifikacija opasnosti	35
3.1.1. Svojstva i struktura ZEN-a	35
3.1.2. Pojavnost ZEN-a u hrani i hrani za životinje	35
3.2. Karakterizacija opasnosti	36
3.2.1. Toksičnost ZEN-a	36
3.2.1.1. Svinje	37
3.2.1.2. Goveda	38
3.2.1.3. Ovce	38
3.2.1.4. Perad	38
3.2.2. Toksikokinetika ZEN-a	39
3.2.3. Mehanizam toksičnog djelovanja ZEN-a	40
3.2.4. Klinička slika otrovanja životinja sa ZEN-om	40
3.2.4.1. Svinje	41
3.2.4.2. Goveda	41
3.2.4.3. Perad	42
3.2.5. Carry over	44
3.2.6. Toksikološke vrijednosti za ZEN u hrani za životinje	46
3.3. Procjena izloženosti	48
3.3.1. Procjena izloženosti vrste životinja prema krmivima i krmnim smjesama	50
3.4. Karakterizacija rizika	61

4.	Analiza nesigurnosti	69
5.	Zaključci	69
6.	Preporuke	72
7.	Literatura	74
8.	Rječnik	82
9.	Skraćenice	85
10.	Prilog: Prijedlog za poboljšanje kvalitete podataka o krmivima i krmnim smjesama	87

POPISTABLICA

Tablica 1. Orijentacijske vrijednosti ZEN-a u hrani za životinje iz Pravilnika o sigurnosti hrane za životinje („Narodne novine“ broj 102/16)	12
Tablica 2. Prikaz broja zaprimljenih uzoraka hrane za životinje u razdoblju 2020.-2024. godine u okviru službenih kontrola	14
Tablica 3. Popis hrane za životinje koja je obrađena za procjenu izloženosti prema vrsti i kategoriji životinja za koju se računala izloženost, uz prikazan broj uzoraka u svakoj kategoriji hrane te broj uzoraka i postotak lijevo cenzuriranih vrijednosti (engl. <i>Left Censored</i> – LC) za uzorke koji su prikupljeni u okviru službenog monitoringa u razdoblju 2020.-2024. godine.....	17
Tablica 4. Prikaz broja zaprimljenih uzoraka hrane za životinje u razdoblju 2020.-2024. godine za potrebe provođenja Mjere 14 – Dobrobit životinja i Intervencije 70.06. AEC Plaćanja za dobrobit životinja	19
Tablica 5. Popis hrane za životinje koja je obrađena za procjenu izloženosti prema vrsti i kategoriji životinja za koju se računala izloženost, uz prikazan broj uzoraka u svakoj kategoriji hrane te broj uzoraka i postotak lijevo cenzuriranih vrijednosti (engl. <i>Left Censored</i> – LC) vrijednosti za uzorke koji su prikupljeni u HAPIH-u u razdoblju 2020.-2024. godine	21
Tablica 6. Deskriptivna statistička analiza podataka za količine ZEN-a prema kategorijama hrane za LB, MB i UB pristup (podaci službenih kontrola)	23
Tablica 7. Usporedba kategorija hrane prema utvrđenim količinama ZEN-a (od najveće prema najmanjim) ovisno o statističkom prikazu (za najveće utvrđene količine, za prosjek i za 95. percentil)	24
Tablica 8. Deskriptivna statistička analiza podataka za količine ZEN-a prema kategorijama hrane za LB, MB i UB pristup (podaci HAPIH)	25
Tablica 9. Usporedba kategorija hrane prema utvrđenim količinama ZEN-a (od najvećih prema najmanjim) ovisno o statističkom prikazu (za najveće utvrđene količine, za prosječne vrijednosti i za 95. percentil) - HAPIH	26
Tablica 10. Tjelesna masa živih životinja, duljina trajanja pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije po kategorijama hrane za prasac (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.), osim za podatke „Tjelesna masu živih životinja“: EFSA FEEDAP Panel (2012.))	28
Tablica 11. Tjelesna masa živih životinja, duljina trajanja pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije krmiva i krmnih smjesa za tovnne svinje i nazimice (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.), osim za podatke „Tjelesna masu živih životinja“: EFSA FEEDAP Panel (2012.))	28
Tablica 12. Tjelesna masa živih životinja, duljina trajanja pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije po kategorijama krmiva i krmnih smjesa za sisajuću i tovnu janjad (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.))	29
Tablica 13. Tjelesna masa živih životinja, duljina pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije po kategorijama krmiva i krmnih smjesa za tovnne piliće (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.), osim za podatke „Tjelesna masu živih životinja“: EFSA FEEDAP Panel (2012.))	30
Tablica 14. Tjelesna masa živih životinja, duljina trajanja pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije po kategorijama krmiva i krmnih smjesa za tovnne purane (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.), osim za podatke „Tjelesna masu živih životinja“: EFSA FEEDAP Panel (2012.))	30
Tablica 15. prikaz toksikoloških vrijednosti za ZEN za različite vrste i kategorije životinja	47

Tablica 16. Prikaz izloženosti prema vrsti i kategoriji životinje za ZEN po danu i po kilogramu tjelesne mase ($\mu\text{g/kg}$) za podatke službenih kontrola	48
Tablica 17. Prikaz izloženosti prema vrsti i kategoriji životinje za ZEN po danu i po kilogramu tjelesne mase ($\mu\text{g/kg}$) za podatke HAPIH-a	49
Tablica 18. Prikaza rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivima i krmnim smjesama za prasad (na temelju rezultata službenih kontrola).....	50
Tablica 19. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovne svinje/nazimice (na temelju rezultata službenih kontrola)	51
Tablica 20. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovnu janjad (na temelju rezultata službenih kontrola)	53
Tablica 21. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovne piliće (na temelju rezultata službenih kontrola)	54
Tablica 22. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu za tovne purane (na temelju rezultata službenih kontrola)	55
Tablica 23. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu za prasad (na temelju rezultata HAPIH-a).....	56
Tablica 24. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovne svinje/nazimice (na temelju rezultata HAPIH-a)	57
Tablica 25. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovnu janjad (na temelju rezultata HAPIH-a)	59
Tablica 26. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu za tovne piliće (na temelju rezultata HAPIH-a)	60
Tablica 27. Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu za tovne purane (na temelju rezultata HAPIH-a)	61
Tablica 28. Usporedba orijentacijskih vrijednosti pojedinih krmiva s vrijednostima količina utvrđenim u istim krmivima u petogodišnjem razdoblju (za rezultate službenih kontrola)	64
Tablica 29. Usporedba orijentacijskih vrijednosti pojedinih krmiva i krmnih smjesa s vrijednostima količina utvrđenim u istoj hrani u petogodišnjem razdoblju (za rezultate HAPIH-a)	65
Tablica 30. Usporedba dobivenih vrijednosti izloženosti s vrijednostima za NOAEL za promatrane vrste životinja (za rezultate službenih kontrola)	68
Tablica 31. Usporedba dobivenih vrijednosti izloženosti s vrijednostima za NOAEL za promatrane vrste životinja (za rezultate HAPIH-a)	68
Tablica 32. Prijedlog izmjena naziva krmiva i/ili krmnih smjesa za službene kontrole	87
Tablica 33. Prijedlog izmjena naziva krmiva i/ili krmnih smjesa za podatke iz HAPIH-a.....	90

POPIS SLIKA

Slika 1. Usporedba prosječnih vrijednosti količina ZEN-a u krmivima i usporedba s propisanim orijentacijskim vrijednostima	62
Slika 2. Usporedba izloženosti prosječnih vrijednosti ZEN-u za krmiva smjesa prema vrsti i kategoriji životinja za rezultate službenih kontrola za UB pristup.....	63
Slika 3. Usporedba izloženosti prosječnih vrijednosti ZEN-u za krmiva prema vrsti i kategoriji životinja za rezultate HAPIH-a za UB pristup	64
Slika 4. Prikaz udjela izloženost kategorija i vrsta životinja ZEN-u za prosječne vrijednosti izloženosti u odnosu na NOAEL vrijednost	66
Slika 5. Prikaz udjela izloženost kategorija i vrsta životinja ZEN-u za vrijednosti izloženosti 95. percentila u odnosu na NOAEL vrijednos	67

1. Uvod

1.1. Pozadina slučaja

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (HAPIH), kroz djelovanje svojeg Centra za sigurnost hrane, ima zakonsku ulogu pružanja znanstvene i tehničke potpore nadležnim tijelima te izrade znanstvenih mišljenja o rizicima u lancu hrane i hrane za životinje. Ta se uloga temelji na nacionalnom zakonodavnom okviru, uključujući Pravilnik o sigurnosti hrane za životinje („Narodne novine“ broj 102/16, 60/20) i Zakon o službenim kontrolama i drugim službenim aktivnostima koje se provode sukladno propisima o hrani, hrani za životinje, o zdravlju i dobrobiti životinja, zdravlju bilja i sredstvima za zaštitu bilja („Narodne novine“ broj 52/2021), kao i na obvezama koje proizlaze iz europskog zakonodavstva i sudjelovanja u Sustavu brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje (engl. *Rapid Alert System for Food and Feed*; RASFF).

U okviru redovitih aktivnosti službenih kontrola hrane za životinje u Republici Hrvatskoj prikupljaju se podaci o prisutnosti različitih opasnosti, uključujući kemijske kontaminante poput mikotoksina. Mikotoksini su sekundarni metaboliti plijesni koji često kontaminiraju žitarice i krmiva tijekom proizvodnje i skladištenja te mogu uzrokovati značajne gospodarske gubitke i negativne učinke na zdravlje životinja. Među najznačajnijim mikotoksinima u hrani za životinje ubraja se i zearalenon (ZEN) (Benett i Klich, 2003.). Za potrebe ovog Znanstvenog mišljenja pojam hrane za životinje obuhvaća krmiva i krmne smjese.

ZEN je mikotoksin s izraženim estrogenim djelovanjem koji primarno utječe na reproduktivno zdravlje životinja, pri čemu su najosjetljivije svinje kao monogastrična vrsta (Fink-Gremmels i Malekinejad, 2007.; Wu i sur., 2021.). Njegova pojava u hrani za životinje povezana je s kontaminacijom sirovina biljnog podrijetla (osobito kukuruza i drugih žitarica), što predstavlja potencijalni rizik ne samo za zdravlje životinja, nego posredno i za sigurnost hrane životinjskog podrijetla. Osim svinja, u osjetljive vrste i kategorije životinja ubrajaju se tovnja janjad, tovnji pilići i tovnji purani (Benett i Klich, 2003.; Fink-Gremmels i Malekinejad, 2007.; EFSA, 2017.; Liu i Applegate, 2020.; Wu i sur., 2021.).

Izrada znanstvenog mišljenja o ZEN-u pokrenuta je na vlastitu inicijativu Centra za sigurnost hrane, uzimajući u obzir dostupnost nacionalnih podataka o kontaminaciji hrane za životinje te potrebu za njihovom stručnom interpretacijom u svrhu zaštite zdravlja životinja i potrošača. Dodatni kontekst predstavlja i potreba usklađivanja s politikama upravljanja rizikom na razini Europske unije te pružanja stručne podloge za eventualne regulatorne ili preventivne mjere.

Osim sigurnosnog aspekta, predmetno mišljenje može imati i praktičnu važnost za poljoprivredni sektor. Naime, rezultati analiza i procjene rizika mogu se koristiti kao temelj za provedbu različitih mjera potpore ili programa (npr. kontrole kvalitete hrane za životinje, smanjenje kontaminacije ili dokazivanje zdravstvene ispravnosti), čime se poljoprivrednicima omogućuje ostvarivanje financijskih koristi kroz ispunjavanje propisanih uvjeta i standarda kvalitete. Takve aktivnosti već se provode kroz laboratorijske analize i savjetodavne usluge koje HAPIH pruža proizvođačima, uključujući kontrolu mikotoksina u hrani za životinje.

Slijedom navedenog, izrada znanstvenog mišljenja o ZEN-u predstavlja logičan korak u jačanju nacionalnog sustava sigurnosti hrane za životinje, temeljen na stvarnim podacima o kontaminaciji, procjeni rizika i potrebama sektora poljoprivrede.

1.2. Zakonska osnova

Zakonska osnova za regulaciju ZEN-a u hrani za životinje u Republici Hrvatskoj temelji se na zakonodavstvu Europske unije te nacionalnim propisima koji osiguravaju njegovu provedbu.

Na razini Europske unije, prisutnost ZEN-a uređena je kroz **Direktiva 2002/32/EZ**, kojom se propisuju najveće dopuštene količine nepoželjnih tvari u hrani za životinje, te kroz **Preporuka Komisije 2006/576/EZ**, kojom su definirane orijentacijske vrijednosti za mikotoksine, uključujući ZEN.

U Republici Hrvatskoj navedeni zahtjevi preneseni su i dodatno uređeni kroz **Pravilnik o sigurnosti hrane za životinje** („Narodne novine“ broj 102/16; **Tablica 1**), kojim se određuju nepoželjne tvari u hrani za životinje te uvjeti njihove kontrole. Pravilnik izravno preuzima relevantne akte Europske unije, uključujući Direktivu 2002/32/EZ i Preporuku 2006/576/EZ, te propisuje da hrana za životinje koja sadrži nepoželjne tvari iznad dopuštenih ili preporučenih razina ne smije biti stavljena na tržište.

U Pravilniku o sigurnosti hrane za životinje, u Prilogu IV. *Orijentacijske vrijednosti za određene mikotoksine utvrđene u Preporuci 2006/576/EZ i Preporuci 2013/165/EU za proizvode namijenjene za hranu za životinje*, u ODJELJKU I., propisane su orijentacijske vrijednosti za određene mikotoksine, uključujući i vrijednosti za ZEN. Napomena se odnosi na „krmiva“ - Posebnu pozornost potrebno je obratiti na žitarice i proizvode od žitarica koji se daju izravno životinjama i to na način da njihova uporaba u dnevnim obrocima ne dovede do većeg stupnja izloženosti životinje ovim mikotoksinima od odgovarajućeg stupnja izloženosti, ako se u dnevnom obroku koristi samo potpuna krmna smjesa. Napomena se odnosi na „Žitarice i proizvodi od žitarica“ - Izraz »žitarice i proizvodi od žitarica« ne obuhvaća samo krmiva navedena pod naslovom »zrnje žitarica i proizvodi dobiveni od njih« u točki 1. Dijelu C Priloga Uredbi (EU) br. 68/13 o katalogu krmiva (SL L 29 od 30. 1. 2013.) (u daljnjem u tekstu: Uredba (EU) br. 68/13) nego i druga krmiva dobivena od žitarica, a posebno voluminozna krmiva dobivena od žitarica.⁽¹⁾ Orijentacijska vrijednost za žitarice i proizvode od žitarica određene su za najotpornije vrste životinja i stoga se smatraju najvišim orijentacijskim vrijednostima. Za osjetljivije vrste životinja na navedene toksine, orijentacijske vrijednosti za žitarice i proizvode od žitarica treba smanjiti, u skladu s vrijednostima utvrđenim za krmne smjese. Orijentacijske vrijednosti propisane za ZEN prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1 Orijentacijske vrijednosti ZEN-a u hrani za životinje iz Pravilnika o sigurnosti hrane za životinje („Narodne novine“ broj 102/16)

Kategorija hrane za životinje	Orijentacijska vrijednost (mg/kg)*
Krmiva:	
Žitarice i proizvodi od žitarica (osim nusproizvoda od kukuruza)	2
Nusproizvodi od kukuruza	3
Dopunske i potpune krmne smjese za:	
- Prasad i nazimice (mlade krmače)	0,1
- Krmače i svinje za tov	0,25
Telad , mliječne krave, ovce (uključujući janjad) i koze (uključujući jarad)	0,5

*mg/kg pri 12 % vlage; prema Preporuci Komisije 2006/576/EZ

Uz navedeno, Pravilnik definira obveze subjekata u poslovanju s hranom za životinje i sustav kontrole nepoželjnih tvari, uključujući mikotoksine, te omogućuje nadležnim tijelima poduzimanje mjera u slučaju utvrđenog rizika za zdravlje životinja ili ljudi.

Slijedom toga, praćenje prisutnosti ZEN-a u krmivima i krmnim smjesama u RH temelji se na kombinaciji obvezujućih EU propisa, preporučenih smjernica i nacionalnog provedbenog okvira koji osigurava njihovu primjenu kroz sustav službenih kontrola i upravljanja rizicima.

2. Podaci i metode

2.1. Podaci

Podaci o pojavnosti ZEN-a u hrani za životinje u Republici Hrvatskoj prate se dulji niz godina, a za potrebe ovog mišljenja koristili su se podaci prikupljeni u razdoblju 2020.-2024. godine, koji su prikupljeni kroz aktivnosti provođenja službenih kontrola koje provode nadležna tijela dok su analize uzoraka provedene u ovlaštenim laboratorijima. Uzorkovanje je provedeno u skladu s višegodišnjim i godišnjim planovima programe monitoringa i uzorkovanja. Dodatni dio podataka također je prikupljen u razdoblju 2020.-2024. godine u okviru provođenja Mjere 14 – Dobrobit životinja i Intervencije 70.06. AEC Plaćanja za dobrobit životinja, koja uključuje i zahtjeve vezane uz hranidbu i kvalitetu hrane za životinje.

U Tablici 2. navedeni su rezultati analiza hrane za životinje provedenih na službeno zaprimljenim uzorcima u razdoblju 2020.-2024. godine i analizirani na ZEN u Hrvatskom veterinarskom institutu (HVI). U tablici su grupirani podaci prema nazivu hrane za životinje kako su zaprimljeni, te je prikazan broj uzoraka pojedinačno za svaku godinu, ukupan broj uzoraka za svaku godinu i ukupan broj rezultata. Nazivi kategorija hrane zadržani su kao u originalno zaprimljenim excel tablicama. Već iz samih naziva može se vidjeti neujednačenost naziva hrane pa se tako npr. za mliječne krave koriste izrazi poput „muzne krave“, „mliječna goveda“ ili „krave muzare“. Također za neke nazive hrane navedeni su preopćeniti nazivi poput „zrnje žitarica“ ili „žitarice“. Ovakva raznolikost naziva otežala je ujednačavanje i obradu podataka, i učinila je automatsku obradu nemogućom, zbog čega su se podaci morali ručno ujednačavati prije nego što se krenulo s obradom podataka. Pojedini podaci se nisu mogli koristiti u obradi (npr. ako je bilo navedeno „žitarice“ ili „hrana za životinje“ - vidi pojašnjenje na kraju Tablice 2 za hranu sa zvjezdicom).

Za potrebe izrade ovog znanstvenog mišljenja koristile su se samo one kategorije hrane koje su se mogle koristiti za vrste životinja za koje je Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) odredila toksikološku vrijednost. EFSA je u svojim Znanstvenim mišljenjima (EFSA 2004., EFSA 2014.; EFSA 2017.) odredila toksikološku vrijednost za ZEN u prasadi, tovnim svinjama/nazimicama, tovnim pilićima, tovnim puranima i tovnj janjadi. U skladu s navedenim koristili su se samo rezultati analiza za ZEN u kategorijama hrane koje se obično koriste za hranidbu navedenih vrsta životinja. Broj rezultata koji su analizirani dodatno je smanjen jer sva hrana za koju nije bilo barem tri uzorka, ili koja se nije mogla spojiti sa sličnom hranom za koju bi onda bilo najmanje tri uzorka, isto nije ušla u obradu podataka. Takvi su slučajevi označeni u tablici sa zvjezdicom, te pojašnjeni u samoj tablici (Tablica 2). Od ukupno 815 prikupljenih podataka u petogodišnjem razdoblju u obradu je ušlo 677 (83 %) uzoraka, dok je od ukupno 77 kategorija hrane, nakon ujednačavanja kategorija hrane, u obradi za prasadi i purane obuhvaćeno 7 kategorija, za tovnje piliće 8 kategorija, za tovnju janjad 9 kategorija a za tovnje svinje/nazimice 11 kategorija hrane. Broj kategorija hrane i broj uzoraka za svaku vrstu i kategoriju životinja naveden je u Tablici 3.

Kako je vidljivo iz Tablice 2, struktura uzoraka razlikuje se u godinama prikupljanja. Tek za nekolicinu hrane imamo uzorke u svakoj godini, dok se za neku hranu bilježi uzorkovanje samo u jednoj godini tijekom petogodišnjeg razdoblja. U slučajevima kada imamo zabilježeno uzorkovanje u više od jedne godine, razlikuje se broj uzoraka po godini. Stoga je primjetna i razlika

u ukupnom broju uzoraka po godini, koji se kreće od 143 u 2021. do 186 u 2023. godini, što čini više od 20 % razlike u godišnjim uzorkovanjima (najveća razlika).

Tablica 2 Prikaz broja zaprimljenih uzoraka hrane za životinje u razdoblju 2020.-2024. godine u okviru službenih kontrola

Naziv hrane za životinje	Broj uzoraka po godinama					
	2020	2021	2022	2023	2024	Ukupno
Brostarter 21%*	1					1
Dopunska krmna smjesa*			1	1		2
Dopunska krmna smjesa TRS 35 % za tovnje i rasplodne svinje*	1		1			2
Dopunska krmna smjesa za goveda*	3	2	3	4		12
Dopunska krmna smjesa za hranidbu muznih krava*				1		1
Dopunska krmna smjesa za junad (SG-30)*				1		1
Dopunska krmna smjesa za junad i mliječna goveda*	2	1	3	2		8
Dopunska krmna smjesa za konzumne kokoši nesilice*					1	1
Dopunska krmna smjesa za krave muzare (DKS-KM-32)*	1			1		2
Dopunska krmna smjesa za mliječna goveda s najmanje 30 % sirovih bjelančevina (GKM-DO)*				1		1
Dopunska krmna smjesa za odojke (SO-DO)		1	1	1	4	7
Dopunska krmna smjesa za odojke (SO-DO-40)			2		2	4
Dopunska krmna smjesa za pilice u tovu - super za pilice*			1			1
Dopunska krmna smjesa za prasad - SP-DO*			1	1		2
Dopunska krmna smjesa za svinje	7	6		4	3	20
Dopunska krmna smjesa za tovnje i rasplodne svinje (ST-DO-35)	2	2			2	6
Hrana za životinje*	1		2	2	1	6
Jecam	8	6	11	8	6	39
Krmivo*	1		1			2
Krmna smjesa*					3	3
Krmna smjesa za goveda*				1		1
Krmna smjesa za krave*	2	1		2		5
Krmna smjesa za odojke*		1		1		2
Krmna smjesa za perad*			1			1

Krmna smjesa za svinje	1	3	4			8
Krmna smjesa za tov junadi*		1				1
Krmna smjesa za tovnice pilića	1	2				3
Krmno brašno*	1					1
Kukuruz	83	74	107	98	86	448
Kukuruz - silirano zrno*	1		1			2
Mješavina biljnih krmiva*	1		1			2
Mješavina žitarica*	4		3	2	1	10
Mješavina žitarica (peletirana)*	1					1
Pivski trop, svježi*	1					1
Početna krmna smjesa za odojke (10-20kg)SO-1)(peletirana)*					1	1
Početna krmna smjesa za prasad*	1					1
Početna krmna smjesa za tov pilića i (PPT-1)*	1					1
Početna krmna smjesa za tov pilića i (PPT-1) (peletirana)*			1			1
Posije*					1	1
Potpuna krmna smjesa*	1	1	1	1	1	5
Potpuna krmna smjesa za dojne krmače*				1		1
Potpuna krmna smjesa za hranidbu pilića početna P-1*					1	1
Potpuna krmna smjesa za konzumne nesilice*	1	2	3		1	7
Potpuna krmna smjesa za konzumne nesilice I (PN-I)*					1	1
Potpuna krmna smjesa za krave muzare (GK)*	3	3	1	4	4	15
Potpuna krmna smjesa za krave muzare (GKM-2)*	1	1				2
Potpuna krmna smjesa za odojke – grover*				1		1
Potpuna krmna smjesa za piliće – brojler*			1			1
Potpuna krmna smjesa za piliće u tovu*				1	1	2
Potpuna krmna smjesa za purice u porastu i tovu (PPUPT-1)*			1			1
Potpuna krmna smjesa za svinje	2	2	4	2	1	11
Potpuna krmna smjesa za svinje u tovu (ST-1) do 60 kg*		1	1			2
Potpuna krmna smjesa za telad*				1		1
Potpuna krmna smjesa za tov junadi (GJ-2) iznad 250 kg žive vage*	1					1
Potpuna krmna smjesa za tov pilića (PPT-1)*				1		1
Potpuna krmna smjesa za tov pilića u porastu (PPT-2)	2	1	1	0	1	5

Potpuna krmna smjesa za tov pilica u porastu (PPT-2) (peletirana)	1				1	2
Potpuna krmna smjesa za tov svinja					2	2
Potpuna početna krmna smjesa za tov pilica (PPT-1)*	1					1
Potpuna završna krmna smjesa za tov pilica (PPT-3)			1	1		2
Potpuna završna krmna smjesa za tov pilica (PPT-3) (peletirana)	1					1
Pšenica	6	22	18	11	13	70
Pšenične posije	3	2	1		1	7
Raž*		1				1
Silaža*	1	1		1	1	4
Silaža - kukuruzna	1	1		1	3	6
Sjenaža	1			1	1	3
Soja zrno*					1	1
Sojina sačma	3	1				4
Suncokret – zrno*			1			1
Superkoncentrat*			2			2
Šrot					1	1
TMR obrok*					1	1
Tritikale	1		1	2	1	5
Zob	3	4	4	4	2	17
Zrnje žitarica*				1	1	2
Žitarice*	3			3	1	7
UKUPNO	160	143	186	171	155	815

*podaci nisu korišteni u izračunima izloženosti, jer ili je bilo manje od 3 uzorka, ili nije bilo jasno iz opisa kategorije hrane za koju je kategoriju životinja namijenjena, ili se nisu kategorije mogle povezati da bude barem tri uzorka, ili se izloženost nije računala za tu kategoriju životinja jer nije određena toksikološka vrijednost

U tablici 4 prikazan je broj zaprimljenih uzoraka koji su prikupljeni u okviru analiza u HAPIH-ovom Centru za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda, za potrebe provođenja Mjere 14 – Dobrobit životinja i Intervencije 70.06. AEC Plaćanja za dobrobit životinja.

Od ukupno 674 prikupljenih podataka u petogodišnjem razdoblju u obradu je ušlo 521 (77,30 %) uzoraka, dok je od ukupno 39 kategorija hrane, nakon ujednačavanja kategorija hrane, u obradi za prasad obuhvaćeno 4 kategorije, za piliće i purane 5 kategorija, za tovnu janjad 7 kategorija a za toвне svinje/nazimice 9 kategorija hrane. Broj kategorija hrane i broj uzoraka za svaku vrstu životinja naveden je u Tablici 5.

Tablica 3 Popis hrane za životinje koja je obrađena za procjenu izloženosti prema vrsti i kategoriji životinja za koju se računala izloženost, uz prikazan broj uzoraka u svakoj kategoriji hrane te broj uzoraka i postotak lijevo cenzuriranih vrijednosti (engl. Left Censored – LC) za uzorke koji su prikupljeni u okviru službenog monitoringa u razdoblju 2020.-2024. godine

Naziv hrane za životinje	Broj uzoraka	LC* uzorci	% LC* uzoraka
Prasad			
Dopunska krmna smjesa za odojke (SO-DO)	9	2	22,23
Dopunska krmna smjesa za odojke (SO-DO-40)	6	0	0,00
Ječam	39	26	66,67
Kukuruz	449	221	49,22
Pšenica	70	47	67,18
Pšenične posije	7	2	28,57
Sojina sačma	4	1	25,00
Ukupno	584	299	51,20
Tovne svinje i nazimice			
Dopunska krmna smjesa za svinje	20	6	30,00
Dopunska krmna smjesa za tovnje i rasplodne svinje (ST-DO-35)	6	0	0,00
Ječam	39	26	67,67
Krmna smjesa za svinje	8	2	25,00
Kukuruz	449	221	49,22
Potpuna krmna smjesa za svinje	13	4	30,77
Pšenica	70	47	67,14
Pšenične posije	7	2	28,57
Sojina sačma	4	1	25,00
Tritikale	5	2	40,00
Zob	17	12	70,59
Ukupno	638	323	50,63
Tovna janjad			
Ječam	39	26	66,67
Kukuruz	449	221	49,22
Pšenica	70	47	67,14
Pšenične posije	7	2	28,57
Silaža - kukuruzna	6	2	33,33
Sjenaža	3	1	33,33
Sojina sačma	4	1	25,00
Tritikale	5	2	40,00

Zob	17	12	70,59
Ukupno	600	314	52,33
Tovni pilići			
Ječam	39	26	66,67
Kukuruz	449	221	49,22
Potpuna početna krmna smjesa za tov pilića (PPT-1)	3	1	33,33
Potpuna krmna smjesa za tov pilića u porastu (PPT-2)	7	2	28,57
Potpuna završna krmna smjesa za tov pilića (PPT-3)	3	1	33,33
Pšenica	70	47	67,14
Pšenične posije	7	2	28,57
Sojina sačma	4	1	25,00
Ukupno	582	301	51,72
Tovni purani			
Ječam	39	26	66,67
Kukuruz	449	221	49,22
Pšenica	70	47	67,14
Pšenične posije	7	2	28,57
Sojina sačma	4	1	25,00
Tritikale	5	2	40,00
Zob	17	12	70,59
Ukupno	591	311	52,62

*LC= *Left Censored*, lijevo cenzurirani uzorci tj. uzorci koji nisu bili kvantificirani

Neke iste kategorije hrane (npr. kukuruz, ječam) koristile su se u hranidbi različitih vrsta životinja. U Tablici 3 i 5 prikazane su kategorije hrane korištene za pojedinu vrstu životinja, prema podacima službenih kontrola (Tablica 3) i prema podacima HAPIH-a (Tablica 5). Dodatno je prikazan broj i udio podataka koji nisu bili kvantificirani, odnosno lijevo cenzuriranih podataka (engl. *Left Censored*, LC). Lijevo cenzurirani podaci odnose se na rezultate mjerenja kod kojih je vrijednost poznata samo kao manja od određene granice, poput granice detekcije (engl. *Limit of Detection*, LOD) ili granice kvantifikacije (engl. *Limit of Quantification*, LOQ) (EFSA, 2010.). Navedeno je bitno istaknuti, jer se za uključivanje LC podataka u daljnjoj obradi koristio pristup s tri granice izloženosti (WHO/FAO, 2009., EFSA, 2010.) LB pristup (engl. *lower bound*) ili niža granica, MB pristup (engl. *middle bound*) ili srednja granica, i UB pristup (engl. *upper bound*) ili viša granica, što je detaljnije objašnjeno u poglavlju 2.3. Metodologija procjene izloženosti životinja.

Tablica 4 Prikaz broja zaprimljenih uzoraka hrane za životinje u razdoblju 2020.-2024. godine za potrebe provođenja Mjere 14 – Dobrobit životinja i Intervencije 70.06. AEC Plaćanja za dobrobit životinja

Naziv hrane za životinje	Broj uzoraka po godinama					
	2020	2021	2022	2023	2024	ukupno
Dopunska krmna smjesa*	5					5
Dopunska krmna smjesa za krmače*		1				1
Dopunska krmna smjesa za svinje za tov*		1				1
Ječam	17	34	26	16	21	114
Koncentrat*					1	1
Krmna smjesa za janjad*					1	1
Krmna smjesa za krmače*		14	13	12	22	61
Krmna smjesa za krmače i nazimice		12	14	13	5	44
Krmna smjesa za nazimice		2		1	1	4
Krmna smjesa za ovce*					1	1
Krmna smjesa za prasad		2	1			3
Krmna smjesa za suprasne krmače*		3				3
Krmna smjesa za tov svinja			1	1	1	3
Kukuruz	49	58	55	48	48	258
Kukuruzna prekrupa	1	2				3
Mješavina žitarica*		4	6	9	2	21
Posije*	2					2
Potpuna krmna smjesa*	22	1				23
Potpuna krmna smjesa za dojne krmače*	2					2
Potpuna krmna smjesa za krmače*	4	1		1	1	7

Potpuna krmna smjesa za mliječne krave*			1				1
Potpuna krmna smjesa za prasad*		1					1
Potpuna krmna smjesa za prasad i mladu perad*		1					1
Potpuna krmna smjesa za suprasne krmače*	2						2
Potpuna krmna smjesa za svinje*	1						1
Potpuna krmna smjesa za svinje za tov*	1	1					2
Prekrupa ječma	1						1
Prekrupa kukuruza	1	1	3	4	3		12
Prekrupa žitarica	7	4	5	1	5		22
Pšenica	1	4	11	4	6		26
Silaža cijele biljke kukuruza		1	2				3
Smjesa*		4					4
Smjesa za krmače*		3	3	4	1		11
Smjesa za krmače i nazimice		2	1	3			6
Smjesa za nazimice		1	1				2
TMR	5		3	3	1		12
Tritikale	2	1	2				5
Zob	2	1					3
Žitarice*		1					1
Ukupno	125	161	148	120	120		674

*podaci nisu korišteni u izračunima izloženosti jer ili je bilo manje od 3 uzorka, ili nije bilo jasno iz opisa kategorije hrane za koju je kategoriju životinja namijenjena, ili se nisu kategorije mogle povezati da bude barem tri uzorka, ili se izloženost nije računala za tu kategoriju životinja jer nije određena toksikološka vrijednost

Tablica 5 Popis hrane za životinje koja je obrađena za procjenu izloženosti prema vrsti i kategoriji životinja za koju se računala izloženost, uz prikazan broj uzoraka u svakoj kategoriji hrane te broj uzoraka i postotak lijevo cenzuriranih vrijednosti (engl. Left Censored – LC) vrijednosti za uzorke koji su prikupljeni u HAPIH-u u razdoblju 2020.-2024. godine

Naziv hrane za životinje	Broj uzoraka	LC* uzorci	% LC* uzoraka
Prasad			
Ječam	120	38	31,67
Kukuruz	276	100	36,23
Pšenica	27	7	25,93
Ukupno	423	145	34,28
Tovne svinje i nazimice			
Ječam	120	38	31,67
Krmna smjesa za krmače i nazimice	44	11	25,00
Krmna smjesa za nazimice	4	1	25,00
Krmna smjesa za tov svinja	3	1	33,33
Kukuruz	276	100	36,23
Pšenica	27	7	25,93
Smjesa za krmače i nazimice	6	2	33,33
Tritikale	5	4	80,00
Zob	3	1	33,33
Ukupno	488	165	33,81
Tovna janjad			
Ječam	120	38	31,67
Kukuruz	276	100	36,23
Pšenica	27	7	25,93
Silaža cijele biljke kukuruza	3	0	0,00
TMR**	12	0	0,00
Tritikale	5	4	80,00
Zob	3	1	33,33
Ukupno	446	150	33,63
Tovni pilići			
Ječam	120	38	31,67
Kukuruz	276	100	36,23
Pšenica	27	7	25,93
Tritikale	5	4	80,00
Zob	3	1	33,33
Ukupno	431	150	34,80
Tovni purani			
Ječam	120	38	31,67
Kukuruz	276	100	36,23

Pšenica	27	7	25,93
Tritikale	5	4	80,00
Zob	3	1	33,33
Ukupno	431	150	34,80

*LC= *Left Censored*, lijevo cenzurirani uzorci tj. uzorci koji nisu bili kvantificirani; **TMR=Potpuni miješani obrok engl. *Total Mixed Ration*

U Tablicama 6 i 8 prikazani su obrađeni podaci, samo onih vrijednosti koje su se mogle koristiti u statističkoj obradi za obuhvaćene kategorije hrane. U tablicama je naveden broj uzoraka svake kategorije hrane koji je ulazio u obradu (N) te udio lijevo cenzuriranih podataka (LC %), te vrijednosti LB, MB i UB pristupa za najvišu vrijednost, za prosječnu vrijednost i za vrijednost 95. percentila. Ove vrijednosti su prikazane za kategorije hrane koje su službeno uzorkovane (Tablica 6) i koje su analizirane u HAPIH-u (Tablica 8).

U tablicama 7 i 9 uspoređene su kategorije hrane prema utvrđenim količinama ZEN-a (od najveće vrijednosti prema najmanjim vrijednostima) za statistički prikaz za najveće utvrđene količine, za prosječnu količinu i za vrijednosti 95. percentila. Iz ovog se prikaza može vidjeti da kategorija hrane u kojoj je utvrđena najviša količina, nije nužno kategorija hrane koja ima prosječno najvišu količinu, ili najvišu količinu na 95. percentilu.

Tablica 6 Deskriptivna statistička analiza podataka za količine ZEN-a prema kategorijama hrane za LB, MB i UB pristup (podaci službenih kontrola)

Kategorija hrane	Ukupan broj	Udio LC uzoraka (%)	Količina (mg/kg)								
			Najveće vrijednosti			Prosječne vrijednosti			Vrijednosti 95. percentila		
			LB	MB	UB	LB	MB	UB	LB	MB	UB
Ječam	39	66,67	0,201	0,201	0,201	0,010	0,012	0,013	0,032	0,032	0,032
Kukuruz	449	49,22	1,240	1,240	1,240	0,042	0,043	0,043	0,210	0,210	0,210
Pšenica	70	67,18	0,136	0,136	0,136	0,009	0,010	0,011	0,041	0,041	0,041
Pšenične posije	7	28,57	0,064	0,064	0,064	0,016	0,017	0,017	0,049	0,049	0,049
Sojina sačma	4	25,00	0,108	0,108	0,108	0,030	0,030	0,031	0,093	0,093	0,093
Tritikale	5	40,00	0,027	0,027	0,027	0,007	0,008	0,009	0,023	0,023	0,023
Zob	17	70,59	0,023	0,023	0,023	0,004	0,005	0,007	0,021	0,021	0,021
Silaža - kukuruzna	6	33,33	0,146	0,146	0,146	0,029	0,029	0,047	0,112	0,112	0,120
Sjenaža	3	33,33	0,029	0,029	0,029	0,014	0,015	0,015	0,028	0,028	0,028
Krmna smjesa za odojke/prasad	15	13,33	0,148	0,148	0,148	0,037	0,037	0,037	0,138	0,138	0,138
Krmna smjesa za svinje	8	25,00	0,104	0,104	0,104	0,026	0,027	0,027	0,089	0,089	0,089
Dopunska krmna smjesa za svinje	26	23,08	0,113	0,113	0,113	0,018	0,018	0,019	0,056	0,056	0,056
Potpuna krmna smjesa za svinje	13	30,77	0,124	0,124	0,124	0,023	0,023	0,024	0,107	0,107	0,107
Potpuna početna krmna smjesa za tov pilica I (PPT-1)	3	33,33	0,495	0,495	0,495	0,173	0,174	0,174	0,448	0,448	0,448

Potpuna krmna smjesa za tov pilića u porastu (PPT-2)	7	28,57	0,377	0,377	0,377	0,086	0,087	0,087	0,318	0,318	0,318
Potpuna završna krmna smjesa za tov pilića (PPT-3)	3	33,33	0,028	0,028	0,028	0,013	0,013	0,014	0,026	0,026	0,026

Tablica 7 Usporedba kategorija hrane prema utvrđenim količinama ZEN-a (od najveće prema najmanjim) ovisno o statističkom prikazu (za najveće utvrđene količine, za prosjek i za 95. percentil)

Najviše vrijednosti dobivene analizom ZEN-a utvrđene su u:	Najviše prosječne vrijednosti dobivene analizom ZEN-a utvrđene su u:	Najviše vrijednosti 95. percentila dobivene analizom ZEN-a utvrđene su u:
Kukuruz	Početna krmna smjesa za tov pilića I (PPT-1)	Početna krmna smjesa za tov pilića I (PPT-1)
Početna krmna smjesa za tov pilića I (PPT-1)	Potpuna krmna smjesa za tov pilića u porastu (PPT-2)	Potpuna krmna smjesa za tov pilića u porastu (PPT-2)
Potpuna krmna smjesa za tov pilića u porastu (PPT-2)	Kukuruz	Kukuruz
Ječam	Krmna smjesa za odojke/prasad	Krmna smjesa za odojke/prasad
Krmna smjesa za odojke/prasad	Sojina sačma	Silaža - kukuruzna
Silaža - kukuruzna	Silaža - kukuruzna	Potpuna krmna smjesa za svinje
Pšenica	Tritikale	Sojina sačma
Potpuna krmna smjesa za svinje	Krmna smjesa za svinje	Krmna smjesa za svinje
Dopunska krmna smjesa za svinje	Potpuna krmna smjesa za svinje	Dopunska krmna smjesa za svinje
Krmna smjesa za svinje	Dopunska krmna smjesa za svinje	Pšenične posije
Sojina sačma	Pšenične posije	Pšenica
Pšenične posije	Sjenaža	Ječam

Sjenaža	Potpuna završna krmna smjesa za tov pilića (PPT-3)	Sjenaža
Potpuna završna krmna smjesa za tov pilića (PPT-3)	Ječam	Potpuna završna krmna smjesa za tov pilića (PPT-3)
Tritikale	Pšenica	Tritikale
Zob	Zob	Zob

Tablica 8 Deskriptivna statistička analiza podataka za količine ZEN-a prema kategorijama hrane za LB, MB i UB pristup (podaci HAPIH)

Kategorija hrane	Ukupan broj	Udio LC uzoraka (%)	Količina (mg/kg)								
			Najveće vrijednosti			Prosječne vrijednosti			Vrijednosti 95. percentila		
			LB	MB	UB	LB	MB	UB	LB	MB	UB
Ječam	120	31,67	0,07 6	0,07 6	0,07 6	0,014	0,018	0,022	0,035	0,035	0,035
Kukuruz	276	36,23	0,66 5	0,66 5	0,66 5	0,032	0,037	0,041	0,178	0,178	0,178
Pšenica	27	25,93	0,03 4	0,03 4	0,03 4	0,015	0,018	0,021	0,026	0,026	0,026
Tritikale	5	80,00	0,03 1	0,03 1	0,03 1	0,019	0,022	0,024	0,030	0,030	0,030

Zob	3	33,33	0,03 3	0,03 3	0,03 3	0,019	0,024	0,028	0,032	0,032	0,032
Krmna smjesa za prasad	4	0,00	0,07 0	0,07 0	0,07 0	0,036	0,036	0,036	0,064	0,064	0,064
Krmna smjesa za krmače i nazimice	57	26,32	0,13 0	0,13 0	0,13 0	0,033	0,036	0,039	0,094	0,094	0,094
Silaža cijele biljke kukuruza	3	0,00	0,17 1	0,17 1	0,17 1	0,131	0,131	0,131	0,167	0,167	0,167
TMR ^(a)	12	0,00	1,03 5	1,03 5	1,03 5	0,346	0,346	0,346	0,873	0,873	0,873

^(a)TMR=Potpuni miješani obrok engl. *Total Mixed Ration*

Tablica 9 Usporedba kategorija hrane prema utvrđenim količinama ZEN-a (od najvećih prema najmanjim) ovisno o statističkom prikazu (za najveće utvrđene količine, za prosječne vrijednosti i za 95. percentil) - HAPIH

Najviše vrijednosti dobivene analizom ZEN-a utvrđene su u:	Najviše prosječne vrijednosti dobivene analizom ZEN-a utvrđene su u:	Najviše vrijednosti 95. percentila dobivene analizom ZEN-a utvrđene su u:
TMR	TMR	TMR
Kukuruz	Silaža cijele biljke kukuruza	Kukuruz
Silaža cijele biljke kukuruza	Krmna smjesa za prasad	Silaža cijele biljke kukuruza
Krmna smjesa za krmače i nazimice	Krmna smjesa za krmače i nazimice	Krmna smjesa za krmače i nazimice
Ječam	Kukuruz	Krmna smjesa za prasad
Krmna smjesa za prasad	Zob	Ječam
Pšenica	Tritikale	Zob

Zob	Pšenica	Tritikale
Tritikale	Ječam	Pšenica

Za svaku vrstu životinja definirane su vrijednosti tjelesne mase i dnevnog unosa hrane, temeljene na postojećim smjernicama o hranidbi u Republici Hrvatskoj (Domaćinović i sur., 2015.) i preporukama EFSA (EFSA FEEDAP Panel, 2012). Ove su vrijednosti prikazane za svaku vrstu životinja u Tablicama 10-14.

Tablica 10 Tjelesna masa živih životinja, duljina trajanja pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije po kategorijama hrane za prasid (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.), osim za podatke „Tjelesna masu živih životinja“: EFSA FEEDAP Panel (2012.))

	Kategorija tova	
	Sisajuća prasid	Odbijena prasid
Trajanje tova u danima	32	28
Tjelesna masa živih životinja (kg)	-	20
Konzumacija krmne smjese (kg/dan)	0,20	0,80
Naziv krmiva/krmne smjese	Unos hrane (kg/dan)	Unos hrane (kg/dan)
Dopunska krmna smjesa za odojke (ST-DO ili ST-DO40) ili za prasid (SP-DO)	0,08	0,28
Ječam	0,04	0,16
Kukuruz (zrno)	0,10	0,4
Pšenica	0,03	0,16
Pšenične posije	-	0,08
Sojina sačma	0,04	0,16

Tablica 11 Tjelesna masa živih životinja, duljina trajanja pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije krmiva i krmnih smjesa za tovne svinje i nazimice (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.), osim za podatke „Tjelesna masu živih životinja“: EFSA FEEDAP Panel (2012.))

	Kategorija tova	
	Početni tov	Završni tov
Trajanje tova u danima ^(a)	75	75
Tjelesna masa živih životinja (kg)	-	100
Konzumacija krmne smjese (kg/dan)	1,5	3,0
Naziv krmiva/krmne smjese	Unos hrane (kg/dan)	Unos hrane (kg/dan)
Dopunska krmna smjesa za tovnje i rasplodne svinje (ST-DO-35)	0,53	0,85
Ječam	0,30	1,20
Kukuruz (zrno)	0,75	1,95
Pšenica	0,30	0,75
Pšenične posije	0,15	0,45
Sojina sačma	0,23	0,45
Tritikale	0,45	1,20
Zob	0,15	0,45

^(a) obuhvaćeno razdoblje uzgoja prasadi od 60 dana

Tablica 12 Tjelesna masa živih životinja, duljina trajanja pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije po kategorijama krmiva i krmnih smjesa za sisajuću i tovnju janjad (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.))

	Kategorija tova	
	Sisajuća janjad	Tovna janjad
Trajanje tova u danima	40	60
Tjelesna masa živih životinja (kg)	-	25
Konzumacija krmne smjese (kg/dan)	0,2	0,4
Naziv krmiva/krmne smjese	Unos hrane (kg/dan)	Unos hrane (kg/dan)
Ječam	0,03	0,08
Kukuruz (zrno)	0,10	0,16
Pšenica	0,03	0,08
Pšenične posije	0,02	0,08
Silaža- kukuruzna	-	0,08
Sjenaža	-	1,00
Sojina sačma	0,03	0,06
TMR	-	2,5
Tritikale	0,02	0,08
Zob	0,03	0,08

Tablica 13 Tjelesna masa živih životinja, duljina pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije po kategorijama krmiva i krmnih smjesa za tovne piliće (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.), osim za podatke „Tjelesna masu živih životinja“: EFSA FEEDAP Panel (2012.))

	Kategorija tova	
	Starter	Finišer
Trajanje tova u danima	21	21
Tjelesna masa živih životinja (kg)	-	2
Konzumacija krmne smjese (kg/dan)	0,08	0,12
Naziv krmiva/krmne smjese	Unos hrane (kg/dan)	Unos hrane (kg/dan)
Ječam	0,01	0,03
Kukuruz (zrno)	0,04	0,06
Početna krmna smjesa za tov pilica I (PPT-1)	0,08	-
Potpuna/završna krmna smjesa za tov pilica (PPT2, PPT3)	-	0,12
Pšenica	0,02	0,03
Pšenične posije	-	0,01
Sojina sačma	0,02	0,02
Tritikale	-	0,01
Zob	-	0,01

Tablica 14 Tjelesna masa živih životinja, duljina trajanja pojedinog razdoblja uzgoja i količina dnevne konzumacije po kategorijama krmiva i krmnih smjesa za tovne purane (Izvor tabličnih podataka: Domaćinović i sur. (2015.), osim za podatke „Tjelesna masu živih životinja“: EFSA FEEDAP Panel (2012.))

	Kategorija tova	
	Starter	Finišer
Trajanje tova u danima	35	77
Tjelesna masa živih životinja (kg)	-	12
Konzumacija krmne smjese (kg/dan)	0,07	0,35
Naziv krmiva/krmne smjese	Unos hrane (kg/dan)	Unos hrane (kg/dan)
Ječam	-	0,05
Kukuruz (zrno)	0,03	0,19
Početna krmna smjesa za tov pilica I (PPT-1)	0,08	-
Pšenica	0,01	0,07
Pšenične posije	-	0,04
Sojina sačma	0,02	0,07
Tritikale	-	0,02
Zob	-	0,02

2.2. Metode

2.2.1. Analiza krmiva i krmnih smjesa u laboratoriju

Analiza uzoraka koji su prikupljeni u okviru službenih kontrola provedena je u Hrvatskom veterinarskom institutu (HVI), dok je analiza uzoraka prikupljenih u okviru Mjere 14, intervencija 70.03 i 70.06. provedena u HAPIH-ovom Centru za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda (CKKSP). Za oba laboratorija postupci izvedbe metode navedeni su odvojeno, prvo za HVI, a potom za HAPIH.

2.2.1.1. Analiza krmiva i krmnih smjesa u HVI-u

Podatci o količinama ZEN-a u krmivima i krmnim smjesama prikupljeni su tijekom razdoblja 2020.- 2024. godine u okviru Plana monitoringa za hranu za životinje Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva Republike Hrvatske (MPŠR). U skladu s odredbama članka 39. Zakona o službenim kontrolama i drugim službenim aktivnostima, koje se provode sukladno propisima o hrani, hrani za životinje, o zdravlju i dobrobiti životinja, zdravlju bilja i sredstvima za zaštitu bilja, uzorkovanje obavljaju osobe ovlaštene za provedbu službenih kontrola na području svoje mjesne nadležnosti prema smjernicama Plana. Uzorkovanje se provodi u objektima koji su upisani u Upisnike objekata u poslovanju s hranom za životinje u svim fazama proizvodnje, prerade i distribucije hrane za životinje, uključujući i poljoprivrednike upisane u različite registre. Nakon uzorkovanja uzorci su dostavljani u ovlašteni laboratorij za analizu mikotoksina - Laboratorij za analitičku kemiju Hrvatskog veterinarskog instituta (HVI) u Zagrebu, u kojem se provode analize ZEN-a u različitim vrstama hrane i hrane za životinje.

Uzorkovanje

Uzorci službenih kontrola prikupljaju se sukladno godišnjim planovima monitoringa za hranu za životinje, koje svake godine donosi MPŠR, Uprava za veterinarstvo i sigurnost hrane. U skladu s odredbama članka 39. Zakon o službenim kontrolama i drugim službenim aktivnostima koje se provode sukladno propisima o hrani, hrani za životinje, o zdravlju i dobrobiti životinja, zdravlju bilja i sredstvima za zaštitu bilja („Narodne novine“ broj 52/2021), uzorkovanje obavljaju inspekcijske službe Državnog inspektorata Republike Hrvatske (DIRH) prema smjernicama iz spomenutog Plana. Uzorci se moraju uzeti u količini propisanoj u Prilogu I. Uredbe (EZ) br. 152/2009, kako je primjenjivo. Uzorke je potrebno propisno upakirati i označiti. Najmanje jedan konačni/testni uzorak u skladu s člankom 39. stavkom 2. Zakona o službenim kontrolama, dostavlja se bez odgađanja u ovlašteni laboratorij HVI-a zajedno sa Zapisnikom o uzorkovanju hrane za životinje, koji treba biti ispunjen u cijelosti, na način da sadrži sve podatke koji su potrebni za analizu uzorka.

Priprema i analiza uzoraka

Priprema uzoraka za analizu provedena je u potpunosti u skladu sa standardima ISO 6497:2002 i ISO 6498:1998. Uzorci krmiva i krmnih smjesa samljeveni su u analitičkom mlinu (Cylotec 1093,

Tecator, Švedska) kako bi se postigla veličina čestica od 1,0 mm te su pohranjeni na 4 °C do analize.

Nakon mljevenja krmiva i krmnih smjesa, 5 grama svakog uzorka ekstrahirano je pomoću 100 mL destilirane vode i 25 mL metanola/vode (70/30). Ekstrakcija je provedena snažnim 3-minutnim trešenjem na tresilici, nakon čega su ekstrakti filtrirani kroz filter papir (Whatman, Black Ribbon, GE Healthcare, Buckinghamshire, UK). Supernatanti dobiveni s oba analita su odgovarajuće razrijeđeni i korišteni za ELISA imunološki test.

Ridascreen ZEN komplet za kompetitivni enzimski ELISA (engl. *enzyme-linked immunosorbent assay*) imunološki test nabavljen je od tvrtke R-Biopharm (Darmstadt, Njemačka). Komplet je sadržavao mikrotitarsku ploču s 96 jažica obloženih specifičnim antitijelima, standardne otopine ZEN-a u koncentracijama od 0, 50, 150, 450, 1350 i 4050 µg/mL, ZEN konjugiran peroksidazom, anti-ZEN antitijelo, otopinu supstrata/kromogena (urea peroksid/tetrametilbenzidin), otopinu za zaustavljanje reakcije i pufere za razrjeđivanje uzorka/konjugata. ZEN standardi korišteni za validaciju metode kupljeni su od tvrtke Sigma Aldrich Chemie GmbH (Steinheim, Njemačka). ELISA metoda je provedena pomoću ChemWell autoanalizatora (Awareness Technology 2910, Inc., SAD). Test je proveden u potpunosti u skladu s uputama proizvođača ZEN kita.

2.2.1.2. Analiza krmiva i krmnih smjesa u HAPIH-u

Uzorkovanje, postupanje s uzorcima i daljnje radnje u ovisnosti o dobivenim rezultatima analiza provode se u skladu s uputama MPŠR navedenim u dokumentima “Kako ostvariti potporu za mjeru 14”, “Kako ostvariti potporu za intervencije 70.03. Očuvanje ugroženih izvornih pasmina domaćih životinja” i 70.06. “Plaćanja za dobrobit životinja iz SP ZPP RH 2023. – 2027.”. Uzorci su analizirani u ovlaštenom Središnjem laboratoriju za kontrolu kvalitete meda i stočne hrane, Centra za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda (CKKSP), HAPIH.

Uzorkovanje

Uzorkovanje se u potpunosti provodi u skladu s uputama koje je propisalo MPŠR “Kako ostvariti potporu za intervencije 70.03. Očuvanje ugroženih izvornih pasmina domaćih životinja”. Uzorke može uzimati korisnik potpore ili stručno osposobljena osoba. Glavni cilj uzorkovanja je osigurati reprezentativan uzorak za cijelu količinu krmiva i krmnih smjesa. Reprezentativnost se postiže tako da se s različitih mjesta u silosu, prikolici ili skladištu uzme veći broj manjih uzoraka iz ukupne količine hrane za životinje (sondom) ili vreće (lopaticom) koji se potom spajaju. Prilikom rada iznimno je važno paziti na minimalne količine uzorka i ispravnu ambalažu. Ako se uzorkuje koncentrirana krma, konačni uzorak mora težiti minimalno 300 grama, dok je za voluminoznu krmu potrebno prikupiti najmanje 500 grama uzorka. Prikupljeni uzorci moraju se pakirati u čiste, vodootporne spremnike širokog otvora čiji volumen odgovara veličini uzorka, a u istu svrhu potpuno su prihvatljive i odgovarajuće plastične (PVC) vrećice. Svaki zapakirani uzorak obvezno se označava naljepnicom, koja mora sadržavati podatke o imenu, prezimenu i adresi vlasnika, identifikacijskom broju gospodarstva, vrsti hrane za životinje, broju serije, te datum uzorkovanja.

Priprema uzoraka

Priprema uzoraka hrane za životinje u svrhu mikotoksikoloških analiza provodi se sukladno normi HRN EN ISO 6498:2013 (ISO 6498:2012; EN ISO 6498:2012) i Uputama proizvođača dijagnostičkog kompleta za analizu mikotoksina (Romer Labs). Uzorci su samljeveni na Cyclotec mlinu (tip 1093, FOSS) uz sito veličine 0,8 mm, a potom skladišteni na temperaturi 4-8 °C do trenutka analize.

Provedba analiza

Mikotoksikološke analize ZEN-a u krmivima i krmnim smjesama provedene su akreditiranom ELISA (engl. *enzyme-linked immunosorbent assay*) metodom upotrebom AgraQuant® Zearalenone Plus 25/1000 ready-to-use kompleta proizvođača Romer Labs. Komplet karakterizira LOD i LOQ od 20 µg/kg, odnosno 25 µg/kg; sadrži 5 kalibracijskih standarada (0, 25, 100, 300 i 1000 µg/kg), 96 mikrojažica za razrjeđivanje i za očitavanje presvučene antitijelima; otopinu konjugata, supstrata, stop i otopinu za ispiranje. Očitavanja apsorbancija mikrotitarskih pločica provedena su pri valnoj duljini od 450 nm na Elisa BioTek čitaču (tip ELx800). Prije očitavanja uzorak hrane za životinje u količini od 20 g ekstrahiran je dodatkom 100 mL 70% otopine metanola (Metanol, ACS čistoće) uz snažno miješanje tijekom 3 minute. Nakon izdvajanja i prilagođavanja pH otopine ekstrakta (izvan raspona od 3-9), ekstrakt uzorka razrijeđen je s 70% otopinom metanola u omjeru od 1:5. Koncentracija ZEN-a izračunata je interpolacijom pomoću kalibracijske krivulje.

2.3. Metodologija procjene izloženosti životinja

Procjena izloženosti životinja ZEN-a iz krmiva i krmnih smjesa provedena je primjenom standardnog pristupa procjene rizika koji uključuje identifikaciju izvora kontaminacije, količinu kontaminacije hrane za životinje, određivanje unosa hrane te izračun izloženosti za relevantne životinjske vrste. Metodologija se temelji na načelima koje primjenjuje Europska agencija za sigurnost hrane u procjenama izloženosti mikotoksinima u hrani i hrani za životinje (EFSA, 2017).

Podaci o prisutnosti ZEN u hrani za životinje dobiveni su iz nacionalnih programa monitoringa, službenih kontrola i analiza uzoraka hrane za životinje prikupljenih za potrebe provođenja Mjere 14, intervencija MP 70.03 i 70.06. U procjenu su uključeni rezultati analiza različitih kategorija hrane za životinje, uključujući krmne smjese i pojedinačne sirovine (npr. žitarice). Za procjenu izloženosti ZEN nazivi kategorija iste hrane su ujednačeni u setovima podataka HVI-a i HAPIH-u. U okviru provedene procjene nisu razmatrane kumulativne izloženosti drugim mikotoksinima.

Rezultate mjerenja kod kojih je vrijednost manja od granice detekcije (engl. *limit of detection*, LOD) ili granice kvantifikacije (engl. *limit of quantification*, LOQ) smatraju se lijevo-cenzuriranim podacima (EFSA, 2010.). Za uključivanje lijevo cenzuriranih podataka (LC) u daljnju obradu korišten je pristup s tri granice izloženosti (WHO/FAO, 2009.; EFSA, 2010.):

- LB pristup (engl. *lower bound*) ili niža granica, kada su rezultati LC podataka zamijenjeni s vrijednosti 0;
- MB pristup (engl. *middle bound*) ili srednja granica, kada su rezultati LC podataka zamijenjeni s pola vrijednosti limita kvantifikacije (engl. *limit of quantification*, LOQ);
- UB pristup (engl. *upper bound*) ili viša granica, kada su rezultati LC podataka zamijenjeni s punom vrijednosti LOQ-a.

Prema smjernicama (WHO,FAO, 2009.; EFSA, 2010.), primjena LB, MB i UB pristupa nije ograničena minimalnim ili maksimalnim udjelom lijevo-cenzuriranih podataka, što znači da se ovi pristupi tehnički mogu uvijek izračunati bez obzira na strukturu skupa podataka. Međutim, njihova pouzdanost značajno se smanjuje s porastom udjela takvih podataka. Kada je udio lijevo-cenzuriranih rezultata manji od 20 %, razlike između LB, MB i UB procjena su zanemarive te se rezultati smatraju pouzdanima. U rasponu od 20 % do 60 % preporučuje se prikazivanje rezultata kao intervala (LB–UB) kako bi se obuhvatila nesigurnost procjene. Kod udjela većih od 60 % nesigurnost postaje visoka, razlike između donje i gornje granice su izražene, a srednja vrijednost gubi reprezentativnost, dok se pri udjelima većim od 80 % ovi pristupi ne preporučuju kao glavna metoda procjene, već ih je poželjno nadopuniti ili zamijeniti naprednijim statističkim metodama (WHO/FAO, 2009., EFSA, 2010.).

Procjena izloženosti za ZEN provedena je za životinjske vrste koje su identificirane kao relevantne s obzirom na osjetljivost na ZEN ili potencijalno visoku izloženost putem hrane, a u skladu s uspostavljenim toksikološkim vrijednostima od strane EFSA-e (EFSA, 2017.) koje su prikazane u Tablici 10. Uključene vrste životinja obuhvaćaju prasad, tovne svinje/nazimice, tovne piliće, tovne purane i tovnu janjad.

Kronična izloženosti dobivena je kombiniranjem pojedinačnih podataka o kontaminaciji hrane s podacima o unosu hrane i tjelesnoj masi životinja, te je prikazana kao vrijednost za najmanju, najveću, prosječnu količinu i količinu za 95 percentil.

Za izračun izloženosti korištena je formula koju preporučuje WHO (2009.), uzimajući u obzir kategorije životinja i vremensko trajanje tova (u danima) za svaku vrstu životinje:

$$\text{Izloženost} = (\text{količina ZEN-a u hrani} \times \text{dnevni unos hrane}) / \text{tjelesna masa životinje}$$

Dobivena vrijednost za izloženost uspoređena je s utvrđenim toksikološkim referentnim vrijednostima (EFSA, 2017.) navedenim u tablici 15.

Obrada podataka provedena je pomoću Microsoft Excel (Microsoft 365), Microsoft Corporation.

3. Procjena rizika

3.1. Identifikacija opasnosti

3.1.1. Svojstva i struktura ZEN-a

ZEN, nekada zvan F-2 toksin, je metabolit toksogenih plijesni roda *Fusarium* (F.), prvenstveno *F. graminearum* i nekih izolata *F. moniliforme*, *F. oxysporium*, *F. culmorum*, *F. tricinctum*, *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. sporotrichoides* i drugih, a prvotno je izdvojen iz kulture *Gibberella zeae*, spolnog stadija plijesni *F. graminearum* (Smith i Moss, 1985., Betina, 1989., Duraković i Duraković, 2003., Naglič i sur., 2005.).

Prema fizikalno-kemijskim svojstvima ZEN je lakton rezorcilne kiseline, 6-(10-hidroksi-6-okso-trans-1-undecil)- β -rezorcilna kiselina (Zollner i sur., 2002., Alexander i sur., 2004). Redukcijski produkt ZEN-a je zearalenol (ZEL), koji ima dva stereoizomera; alfa i beta, od kojih je samo α -ZEL prisutan u prirodi i četiri puta je aktivniji od ZEN-a, dok je β -ZEL samo neznatno aktivniji od izvorne molekule. ZEN je bijela kristalna tvar molekulske formule C₁₈H₂₂O₅, molekulske mase 318 g/mol i temperature topljivosti 165 °C. Netopljiv je u vodi, ugljičnom disulfidu i ugljičnom tetrakloridu, a topljiv u vodenim alkalijama, dietil eteru, benzenu, kloroformu, metilenkloridu, etilacetatu, acetonitrilu i alkoholima. Stabilan je tijekom skladištenja, mljevenja i prerade, a ne razgrađuje se ni pri visokim temperaturama (Hagler i sur., 1979., Betina, 1989., Ožegović i Pepeljnjak, 1995., Zollner i sur., 2002., Alexander i sur., 2004.).

ZEN pripada skupini estrogenih mikotoksina, uzrokuje estrogeni sindrom, prvenstveno kod svinja, a zatim i kod goveda, ovaca i peradi. Mikotoksikoza uzrokovana ZEN-om je eksperimentalno izazvana kod štakora, miševa, zamoraca, kunića, purana, pilića i janjadi (Mirocha i Christensen, 1974). Estrogeni učinak kod životinja može biti uzrokovan i fitoestrogenima (pr. genistin, kumestrol i dr.) koje sadrže neke biljke pr. crvena djeteljina, soja (Bickoff i sur., 1960.; Braden i sur., 1967.). Najintenzivniji rast plijesni roda *Fusarium* odvija se pri relativnoj vlažnosti zraka većoj od 70 % i temperaturi 18-24 °C, a za aktivaciju enzima uključenih u sintezu toksina potrebna je niža početna temperatura (Abramson, 1998., Šumić, 2009., Šperanda i sur., 2005.). Optimalni uvjeti za rast plijesni roda *Fusarium* i produkciju zearalenona (ZEN) ovise o pH vrijednosti i temperaturi; dok se rast može odvijati u širem rasponu pH, za maksimalnu sintezu ZEN-a u nekim je istraživanjima utvrđena alkalnija pH vrijednost oko 9,0 (Wu i sur., 2017.), dok *Fusarium graminearum* raste u rasponu približno 15–30 °C, pri čemu se povećana proizvodnja ZEN-a najčešće bilježi pri temperaturama oko 25–30 °C ili uz temperaturne promjene (Ingram i sur., 2025.).

3.1.2. Pojavnost ZEN-a u hrani i hrani za životinje

Najvažnija je prisutnost ZEN-a kao prirodnog kontaminanta zrnja kukuruza, pšenice, ječma, raži, zobu, riže, soje i sezama, brokule, hmelja i kupusa. Do kontaminacije dolazi na polju, ali se rast plijesni i tvorba toksina nastavlja i tijekom skladištenja, osobito ako je ono neprikladno (Zinedine i sur. 2007.). Osim navedenih supstrata, ZEN je utvrđen u silaži od kukuruza, sirku, krmnom bilju (Gupta i sur., 2018.) kao i u sijenu, silaži, kikirikiju, stočnim smjesama i proizvodima fermentacije,

npr. pivo (Sundlof i Strickland, 1986.). U pravilu, količina ZEN-a je niska u zrnju kontaminiranom na polju, ali se povećava tijekom skladištenja, ako je vlaga viša od 30 do 40 %. Proizvodnja ZEN-a na polju može biti prilično brza tijekom vlažnog vremena, u kasno ljeto ili ranu jesen, osobito ako je zrnje kukuruza oštećeno tučom. Utvrđeno je da se najmanje 7 derivata ZEN-a prirodno pojavljuju u kukuruzu (Gupta i sur., 2018.).

Zbog ekonomskih i ekoloških ograničenja u proizvodnji žitarica koja zahtijevaju minimalnu obradu i smanjenu upotrebu fungicida, sve je veći broj kontaminacija žitarica *Fusarium* vrstama koje proizvode mikotoksine, pa su u posljednje vrijeme slučajevi dokaza ZEN-a češći kod ekološki uzgojenih žitarica u odnosu na konvencionalne proizvode (Utermark i Karlovsky, 2007.).

U pravilu, količina ZEN-a u pljesnivom kukuruzu ne prelazi 20 mg/kg, a najčešće je ispod 5 mg/kg (Sundlof i Strickland, 1986.). *F. roseum* može u idelanim laboratorijskim uvjetima proizvesti na kukuruzu 40.000 mg/kg ZEN-a (Mirocha i Christensen, 1974.).

Istraživanja krmiva i krmnih smjesa u Hrvatskoj pokazuju čestu prisutnost ZEN-a (Pleadin i sur., 2015; 2017; 2023.). U studiji provedenoj na neobrađenim žitaricama i soji iz različitih uzgojnih područja Hrvatske utvrđena je visoka pojavnost ZEN-a, pri čemu su prosječne količine u 2014. godini iznosile 656 µg/kg, dok su u 2015. godini zabilježene još više vrijednosti od 1140 µg/kg. Najveća kontaminacija utvrđena je u kukuruzu, što potvrđuje da su kukuruz i proizvodi na njegovoj osnovi posebno osjetljivi na kontaminaciju ovim mikotoksinom (Pleadin i sur., 2017.). U analizama kontaminacije krmiva za svinje u sjeverozapadnoj Hrvatskoj ZEN je utvrđen u značajnom broju uzoraka, s prosječnom količinom 184 ± 214 µg/kg, dok su pojedini uzorci prelazili orijentacijske vrijednosti Europske unije (Pleadin i sur., 2012a.). Slično tome, pregledom kontaminacija krmiva u Hrvatskoj uočena je povećana pojavnost *Fusarium* mikotoksina, uključujući ZEN, posebno u krmivima i krmnim smjesama za svinje, gdje su srednje količine iznosile 153 ± 161 µg/kg (Pleadin i sur., 2012b.). I u novijim istraživanjima ZEN je potvrđen u krmnim smjesama uzorkovanim na farmama svinja u Hrvatskoj, pri čemu je dokazana povezanost između kontaminacije krmiva i prisutnosti metabolita ZEN-a u urinu i tkivima životinja (Pleadin i sur., 2023.).

Istraživanja provedena u Hrvatskoj općenito su pokazala da su klimatski uvjeti, osobito povećana vlaga tijekom vegetacije i skladištenja, važni čimbenici koji pogoduju razvoju *Fusarium* plijesni i produkciji ZEN-a. Takvi rezultati ukazuju na kontinuiranu izloženost životinja ZEN-u te potvrđuju važnost redovitog monitoringa krmiva i krmnih smjesa na prisutnost ovog mikotoksina.

3.2. Karakterizacija opasnosti

3.2.1. Toksičnost ZEN-a

ZEN i njegovi derivati vežu se za estrogene receptore u citoplazmi stanica spolnih organa, pri čemu nastaje fiziološki odgovor stanica sličan onomu koji uzrokuje prirodni estrogen 17- β -estradiol, čije se vezanje za receptore citosola uterusa inhibira (Alexander i sur., 2004., Mitterbauer i sur., 2003.). Najjaču uterotropnu aktivnost ima α -ZEL, slijedi ZEN, a β -ZEL je najslabiji estrogen; oba su slabiji 100-1000 puta od 17- β -estradiola (Katzenellenbogen i sur.,

1979.). Molekula ZEN-a vrlo je slična molekuli estradiola, a sličnost konfiguracije i polarnosti s estradiolom može objasniti afinitet prema mjestima vezanja na estrogenske receptore (Lindsay, 1985.).

ZEN ima nisku akutnu toksičnost za većinu životinjskih vrsta, uključujući i farmske životinje (Minervini i Dell Aquila, 2008.).

Spolno nezrele svinje su najosjetljivije na ZEN, kod preživača se mogu ispoljiti neki neželjeni učinci, a perad je najmanje osjetljiva vrsta. Ovisno o količini pojedene pljesnive hrane, toksične količine ZEN-a u krmivu iznose za goveda 1-5 mg/kg, a za svinje čak 0,01 mg/kg (Nelson i sur., 1973.).

3.2.1.1. Svinje

Estrogeni sindrom je najizrazitiji kod nazimica i krmača, a opisan je i kod gravidnih krmača. Ženke su osjetljivije od muških jedinki, ženke tijekom spolnog ciklusa su osjetljivije od gravidnih krmača. Gravidne svinje mogu pobaciti. Mlade muške životinje su osjetljivije od starijih (Mirocha i Christensen, 1974.; Jakimiuk i sur., 2009.).

Eksperimentalno, 25-100 mg/kg ZEN-a u hrani uzrokuje kod nazimica hipertrofiju vulve, vagine, uterusa i mliječne žlijezde, zatim sterilitet, nimfomaniju, lažni graviditet. Kod prirodnih otrovanja dovoljno je 0,01 mg/kg zeralenona u hrani da se pojave znaci hiperestrogenizma (Nelson i sur., 1973.).

Jednokratna peroralna primjena 3, 5, 7,5 i 11,5 mg/kg ZEN-a u nazimica, uzrokovala je kod svih skupina vulvovaginitis, proširenje cerviksa i abnormalni razvoj folikula. Slobodni ZEN ustanovljen je u krvi još 7. dan nakon primjene (Farnworth i Trenholm, 1981.).

Hranjenje nešto starijih predpubertetnih nazimica (178 dana stare i 94 kg teške) s 10 mg ZEN-a dnevno, tijekom 2 tjedna, dovelo je do smanjenja srednje serumske koncentracije luteinizirajućeg hormona (LH), bez štetnog učinka na početak spolne zrelosti i posljedičnu reprodukciju (Green i sur., 1990.).

Tretiranje gravidnih krmača s 12-115 mg/kg sintetskog ZEN-a dnevno kroz 32 dana, nije izazvalo kliničku sliku estrogenog sindroma, ali je i pri najmanjoj dozi smanjen broj fetusa, a novorođena prasad je bila manje tjelesne težine, uz pojavu malformacija (Long i sur., 1982.).

Količina od 4,25 mg/kg β -ZEL u prirodnoj hrani gravidnih krmača, izazvala je pobačaj, mrtvorodenu prasad i vulvovaginitis kod novorođene prasadi. Ista hrana smanjila je libido kod nerastova (Ramljak i sur., 1987.).

Kod prasadi se hiperestrogenizam pojavljuje već pri količini ZEN-a od 0,06 mg/kg TM, dok odrasle svinje toleriraju u hrani količinu od 0,2-0,4 mg/kg. Perad i preživači su znatno manje osjetljivi.

Kod spolno nezrelih nerastova estrogeni učinak ZEN-a se očituje otokom prepucija, atrofijom testisa te usporenim rastom, ali i umanjnim prirastom (Nelson i sur., 1973). Kod spolno zrelih nerastova ZEN ne izaziva smetnje u reprodukciji (Ruhr i sur., 1982.).

3.2.1.2. Goveda

Mlade mliječne junice (stare 6-14 mjeseci) razvile su blago povećanje bar jedne četvrti vimena nakon hranjenja pljesnivim kukuruzom u kojem je detektiran ZEN (Bloomquist i sur., 1982). Junice su se oporavile 7 tjedana nakon promjene hrane.

Roine i sur. (1971.) opisuju mutan iscjedak iz stidnice, izražene znakove tjeranja tijekom 1-2 tjedna i neplodnost u mliječnim krava i junica, iz čije je hrane izolirana plijesan *F. graminearum* i *F. culmorum*, plijesni koje mogu proizvesti 3 – 9,5 mg ZEN-a po kg hrane.

Vanyi i sur. (1974.) opisuju smanjenje proizvodnje mlijeka i uzimanje hrane te oticanje vulve u mliječnim krava izloženih različitim količinama ZEN-a, od 5- 75 mg ZEN-a/kg hrane.

Eksperimentalno peroralno tretiranje junica s 30-500 mg 99 % čistog ZEN-a dnevno, kroz dva estrusna ciklusa, nije izazvalo estrogeni sindrom, promjene u koncentraciji progesterona u krvi, promjene u krvnoj slici, niti su ustanovljene promjene na jajnicima, izuzevši nešto sitnija žuta tijela (Weaver i sur., 1986.), što ukazuje na to da ZEN nije jedini uzrok estrogenog sindroma kod goveda, koji se javlja kod prirodnog otrovanja, a također da je sintetski, čisti ZEN značajno manje aktivan od ZEN-a izoliranog iz plijesnima kontaminirane stočne hrane (Gedek, 1980.).

Zabilježeno je prirodno otrovanje ZEN-om kod mliječnih krava i junica hranjenih pljesnivim kukuruznim zrnjem. Iz hrane je izolirano 750.000 kolonija *Fusarium* spp./g, te 1,5 mg/kg ZEN-a i 1,5 mg/kg deoksinivalenola (Coppock i sur., 1990.). Gravidne krave hranjene sijenom kontaminiranim s plijesnima roda *Fusarium*, u kojem je ustanovljeno 10 mg/kg ZEN-a, pobacile su 1-3 mjeseca nakon oplodnje. Klinički, životinje su bile zdrave, a iscjedak iz stidnice nakon pobačaja bio je bistar (Kallela i Ettala, 1984.).

3.2.1.3. Ovce

ZEN može utjecati na reprodukciju ovaca ako su mu izložene prije parenja. ZEN primijenjen peroralno u količini većoj od 3 mg/životinji/dan ovcama prije parenja smanjio je stopu ovulacije i reducirao postotak janjenja (Smith i sur., 1990.).

ZEN u količinama 0; 1,5; 3; 6; 12 i 24 mg/ovci/dan, peroralno apliciran ovcama tijekom 10 dana, počevši 5. dana nakon parenja, nije imao učinak na stopu gravidnosti i gubitak janjadi.

U rasplodnih ovnova hranjenih hranom koja je sadržavala 12 mg ZEN/kg hrane tijekom 8 tjedana nisu uočeni štetni učinci na volumen sjemena te koncentraciju, mobilnost i morfologiju tijekom pokusa i 6 tjedana nakon završetka hranjenja s ZEN (Milano i sur., 1991.).

3.2.1.4. Perad

Perad je otpornija na ZEN: 800 mg/kg u hrani kod pilića od 1 do 21 dan starosti uzrokuje kod ženskih životinja hipertrofiju jajovoda te hipertrofiju i izvrtnje kloake. Isti učinak ustanovljen je i kod purana (Chi i sur., 1980.; Allen i sur., 1980., 1981.).

Plijesni roda *Fusarium* stvaraju u prirodnim uvjetima i druge mikotoksine, posebno trihotecene, kao i one koji djeluju sinergistički ZEN-u, pa povećavaju njegovu otrovnost. Jedan izolat *F. roseum* stvara trihotecen monoacetoksiscirpenol, koji je često prisutan uz ZEN, zatim T-2 toksin, fusarenin-X i dioksinivalenol (vomitoksin), koji uzrokuju povraćanje i odbijanje hrane kod svinja koje pokazuju znakove hiperestrogenizma (Mirocha i Christensen, 1974.).

Osim navedenog ZEN je hepatotoksičan, hematotoksičan i remeti proces koagulacije u štakora (Abid-Essefi i sur. 2004.). Akutna toksičnost ZEN je niska, glodavci su manje osjetljivi od domaćih životinja na kratkotrajnu izloženost ZEN (Fink-Gremmels i sur. 2007.).

IARC je 1993. godine svrstao ZEN u 3. skupinu (nema karcinogena svojstva za ljude) zbog nedostatnih istraživanja na ljudima i ograničenim istraživanjima na pokusnim životinjama.

3.2.2. Toksikokinetika ZEN-a

Istraživanja na životinjama ukazuju na brzu resorpciju ZEN-a iz probavnog sustava nakon peroralnog unosa (Dailey i sur., 1980.). Biodostupnost nakon peroralnog unosa je vrlo mala u peradi i štakora (<10 %) zbog opsežnog metabolizma (Osselaere i sur., 2013.; Devreese i sur., 2015.). Resorpcija ZEN-a iz probavnog kanala goveda je neznatna. Od markiranog (3H)-ZEN-a, apliciranog govedu oralno, 92 % aktivnosti izmjereno je nakon 72 sata u balezi, i to najviše u obliku ZEN-a i β -ZEL (Mirocha, 1981.). Mikroflora buraga preživača biotransformira ZEN u alfa- (najviše) i beta-zearalenol (u manjem opsegu) (Kiessling i sur., 1984.).

Nakon jednokratne peroralne primjene 10 mg ZEN-a/ kg tjelesne mase prasadi teške 15-25 kg, resorpcija je bila oko 80-85 % (Biehl i sur., 1993.). Ti podatci su u suglasju s rezultatima Dänicke i Winkler (2015.) koji su primjenom različitih metoda i kinetičkih modela procijenili da se bioraspoloživost ZEN-a u svinja kreće između 80 % i 87 %. Konačno, može se zaključiti da se u većini životinjskih vrsta ZEN dobro apsorbira, no njegova je bioraspoloživost relativno niska zbog izraženog presistenskog metabolizma koji se odvija na razini buraga, crijeva i jetre. Pri tome prevladavaju reduktivne reakcije, posredovane α - i β -hidroksisteroid-dehidrogenazama (HSD), pri čemu nastaju α - i β -zearalenol (α - i β -ZEL) te u znatno manjoj mjeri α - i β -zearalanol (α - i β -ZAL). α -derivati pokazuju znatno jači estrogenski učinak u odnosu na β -derivate (EFSA, 2017.).

Nakon resorpcije, ZEN se uglavnom metabolizira u jetri, koja se smatra jednim od glavnih ciljnih mjesta djelovanja toksina (Koraichi i sur., 2012.), a raspodjeljuje u različita druga tkiva, npr. bubrege, masno tkivo te tkiva reproduktivnih organa – u maternicu, testise i folikule jajnika (Liang i sur., 2015.; Mally i sur., 2016.). U svinja su zearalenon i njegovi metaboliti detektirani u plazmi za manje od 30 minuta nakon početka hranjenja s izvornim spojem. Biološko poluvrijeme eliminacije iz plazme svinja nakon peroralnog unosa je 86 sati (Biehl i sur., 1993.).

Različita osjetljivost životinjskih vrsta na ZEN može biti posljedica biotransformacije u jetri, jer se npr. u svinja stvara najviše α -ZEL, koji ima najjači estrogenski učinak, a kod peradi se u jetrenim mikrosomima proizvodi najviše β -ZEL, slično kao i kod goveda, koji ima slabiji estrogenski učinak (Malekinejad i sur., 2006a; Zinedine i sur., 2007.). Omjeri ZEN-a, α -ZEL-a i β -ZEL-a također ovise

i o dobi životinja i analiziranom matriksu (Dänicke i Winkler, 2015.). ZEN i njegovi metaboliti se konjugiraju s glukuronskom kiselinom (Malekinejad i sur., 2006b; Pfeifer i sur., 2010.), najviše u jetri, ali i u sluznici crijeva. Svinje lako konjugiraju gotovo sav resorbirani ZEN i α -ZEL kroz glukuronidaciju. U biotransformaciju ZEN-a također može biti uključen i enzimski sustav citokrom P450 (EFSA, 2011.). ZEN podliježe opsežnoj enterohepatičnoj cirkulaciji i izlučuje se putem žuči u većini životinjskih vrsta (Biehl i sur., 1993.; Shin i sur., 2009a,b; Dänicke i Winkler, 2015.). Aktivna enterohepatička cirkulacija, osobito izražena kod svinja, dodatno produljuje zadržavanje ZEN-a i njegovih metabolita u organizmu (EFSA, 2017.). Glavni put eliminacije iz organizma većine životinjskih vrsta je putem izmeta, i to tijekom 72 sata nakon primjene; u kokoši - otprilike 94 % peroralno primijenjenog ZEN-a se eliminira (Dailey i sur., 1980.). ZEN i njegovi derivati izlučuju se fecesom uglavnom kao ZEN i α -ZEL, dok je u urinu dodatno utvrđen ZEN-14-glukuronid (Binder i sur., 2017.).

3.2.3. Mehanizam toksičnog djelovanja ZEN-a

ZEN je kompetitor estrogenima na citoplazmatskim receptorima u spolnim organima. Nakon vezanja na receptore 17β -estradiola, kompleks ulazi u jezgru stanice i veže se na mjestu estradiola u DNA. U jezgri, stimulacija RNA dovodi do sinteze proteina i kliničkih znakova estrogenizma; stimulirana je proizvodnja specifičnih proteina maternice i povećana njezina masa (Ueno i Yagasaki, 1975.; Katzenellenbogen i sur., 1979.; Smith, 1982.; Diekman i Green, 1992.). ZEN djeluje i na estrogene receptore u hipotalamusu i hipofizi (Kiyagawa i sur., 1982.), inhibira sintezu i sekreciju folikulostimulirajućeg hormona (FSH) čime inhibira sazrijevanje folikula (Yang i sur., 1995.). ZEN je luteotropna tvar pa kod svinja uzrokuje retenciju žutih tijela i anestriju (Cantley i sur., 1982.).

Kod nerastova ZEN smanjuje koncentraciju testosterona u plazmi i stišava libido (Berger i sur., 1981). U kulturi tkiva muških gonada ZEN djeluje citotoksično (Vanyi i Szailer, 1984.), a *in vivo*, intraperitonealna primjena 5 mg/kg ZEN-a štakorima izaziva apoptozu spermatogonija i spermatocita (Kim i sur., 2003.).

Iako ZEN primarno uzrokuje poremećaje reproduktivnog sustava, također ima dodatne štetne učinke (oksidativni stres, upala) na jetru, bubrege, slezenu i krv odbijene prasadi (Tiemann i Danock, 2007.).

3.2.4. Klinička slika otrovanja životinja sa ZEN-om

Klinički znakovi se razlikuju ovisno o vrsti životinje, starosti i reproduktivnom statusu, a vidljivi su tek nakon izloženosti kontaminiranom krmivu. Uobičajene komplikacije su funkcionalni poremećaji reproduktivnog i endokrinog sustava (Mitterbauer i sur., 2003.; Peraica i Domijan, 2001.).

Estrogeni sindrom (hiperestrogenizam, estrogenizam) je kliničko-patofiziološki sindrom uzrokovan izlaganjem estrogeno aktivnim tvarima. Sindrom se klinički očituje prvenstveno vulvovaginitisom, oteklinom i hiperemijom vulve, poremećajima estrusnog ciklusa, pseudograviditetom, infertilnošću te prolapsima genitalnih organa, a najizraženiji je kod

nazimica i mladih svinja, koje su osobito osjetljive zbog metaboliziranja ZEN-a u potentniji α -ZEL (Mostrom, 2024.; Hennig-Pauka i sur., 2018.).

3.2.4.1. Svinje

U svinja znakovi otrovanja su vulvovaginitis (upala stidnice i rodnice), hipertrofičan i edematozan uterus sa staničnom proliferacijom, metaplazija vaginalnog epitela te inhibicija ovulacije. Degenerativne promjene u sluznici uterusa sprečavaju implantaciju i ishranu oplođenog jajašca i sprečavaju razvoj placente (Ruhr i sur., 1982.; Kordić i sur., 1992.).

Klinički znaci se pojave 4-7 dana nakon početka ishrane plijesnivom hranom. Kod svinja, odnosno nazimica vulva porumeni i oteče, u težim slučajevima, zbog tenezma, prolabiraju vagina i rektum, uterus se poveća i otekne a jajnici atrofiraju, ali mogu biti i povećani (Blaney i sur., 1984). Gravidne krmače pobače, životinje slabo uzimaju hranu, povraćaju, imaju proljev, gube na težini, a jave se i krvarenja u crijevima (Mirocha i Christensen, 1974.).

Smatra se da navedene poremetnje reprodukcije svinja, zatim sterilitet, avitalna prasad, mumifikacija fetusa, smanjeni broj prasadi u leglu i mrtvorodena prasad, te agalaktacija, nisu posljedica samo toksičnog učinka ZEN-a, već i trihotecena, posebno deoksinivalenola, koji su također metaboliti plijesni roda *Fusarium* (Rechcigl, 1983.).

Kod ženske novorođene prasadi patognomoničan simptom je vulvovaginitis: labija vulve su nabrekla, sluznica je napeta i hiperemična. Muška prasad bude feminizirana: atrofiraju testisi i poveća se mliječna žlijezda.

Estrogena aktivnost ZEN-a ustanovljena je i kod muških jedinki (Gedek, 1980.). U nerastova ZEN smanjuje koncentraciju testosterona, težinu testisa i spermatogenezu pa svinje pokazuju karakteristike feminizacije (atrofiju testisa i povećanje dojki) i smanjeni libido (Miraglia i sur., 1998.; Pepeljnjak i sur., 2008.).

3.2.4.2. Goveda

Goveda su značajno manje osjetljiva na ZEN od svinja. Estrogeni sindrom se očituje povremenim estrusom koji traje 1-2 tjedna, idiopatskim vaginitisom, sterilnošću, odnosno umanjanim stupnjem koncepcije i pobačajem. Kod junica poveća se i vime (Mirocha i sur., 1968.; Roine i sur., 1971.; Bloomquist i sur., 1982.; Kallela i Ettala, 1984.).

Kod prirodnog otrovanja goveda ZEN-om, estrogeni sindrom redovito kasni. Prvo se javi pad mliječnosti, proljev, poraste tjelesna temperatura, a životinje odbiju uzimati pljesnivu hranu. Promjenom hrane ti simptomi nestanu, a oko 3 tjedna iza toga, kroz 3 mjeseca, kod većine otrovanih goveda, javlja se estrus, a kod nekih jedinki je istovremeno na jajnicima nađeno žuto tijelo. Znakovi estrusa primijećeni su i kod krava gravidnih 2-3 mjeseca. Neka od otrovanih goveda imaju vaginitis, a kod junica, 30 dana nakon pojave takovog estrusa, poveća se vime. Otropane junice redovito ne koncipiraju u narednom estrusu (Coppock i sur., 1990.).

3.2.4.3. Perad

Perad je tolerantnija na ZEN, u usporedbi sa svinjama, što može biti povezano s niskom stopom apsorpcije ZEN, brzim eliminiranjem metabolita i visokim udjelom ZOL-a koji proizvodi jetra (Wu i sur. 2021.). Kod nesilica je, zbog dugog ciklusa hranjenja, rizik od dugotrajne izloženosti ZEN-u mnogo značajniji nego kod brojlerskih pilića. Yuan i sur. (2022.) ukazuju da ZEN ima štetan učinak na proizvodne performanse, kvalitetu jaja i funkciju jajnika nesilica. Pri tome naglašavaju da promjene u sastavu i funkciji crijevne mikrobiote izazvane ZEN-om mogu biti uključene u štetne učinke ZEN na nesilice. Wang i sur. (2024.) također zaključuju da promijenjena crijevna mikrobiota s rezultirajućim promjenama metabolita doprinosi štetnim hepatointestinalnim učincima ZEN-a na nesilice.

Djelovanje ZEN-a očituje se izraženim estrogenim svojstvima, budući da se može vezati za estrogenske receptore i oponašati učinak prirodnih hormona, čime dolazi do narušavanja endokrine ravnoteže u organizmu (Kuiper-Goodmani sur., 1987., Zinedine i sur., 2007.).

Toksikološke studije o djelovanju ZEN-a kod peradi uglavnom su usredotočene na reproduktivni i imunološki sustav. Tako je obrok koji je sadržavao 0,4 mg/kg ZEN-a značajno povećao težinu testisa i klijesta kod muških pilića tijekom hranidbenog razdoblja od 10 dana (Sherwood i Peberdy, 2007.). Degeneracija i atrofija tkiva jajnika također su pronađene kod 70 dana starih pilenki koje su hranjene obrokom koji je sadržavao 0,4 mg/kg ZEN tijekom razdoblja od 49 dana (Cheng i sur., 2017.).

U odnosu na druge domaće životinje, perad se općenito smatra manje osjetljivom na ZEN, što se povezuje s brzim metabolizmom i učinkovitim izlučivanjem ovog mikotoksina, ali unatoč tome može doći do štetnih učinaka, osobito pri višim količinama ili dugotrajnoj izloženosti (Dänicke, 2002.; Andretta i sur., 2012.).

Nakon ingestije, ZEN se apsorbira u probavnom sustavu i transportira do jetre, gdje se metabolizira u niz derivata, uključujući α - i β -ZEL, kao i druge reducirane oblike. Posebno je važan α -ZEL, koji pokazuje veću estrogensku aktivnost u odnosu na matični spoj (Malekinejad i sur., 2006b.).

Štetno djelovanje ZEN-a u peradi prvenstveno se očituje kroz hormonalne poremećaje, ali obuhvaća i druge fiziološke sustave. Uočene su promjene u funkciji jetre i probavnog sustava, kao i negativan utjecaj na imunološki odgovor, uključujući smanjenu otpornost na infekcije i opću imunosupresiju (Grenier i Applegate, 2013., Bryden, 2012.). Osim toga, dokazano je da ZEN može sudjelovati u razvoju oksidativnog stresa i oštećenju stanica, osobito pri višim dozama. U praksi se često javlja zajedno s drugim mikotoksinima, poput deoksinivalenola i fumonizina, pri čemu dolazi do sinergističkog djelovanja koje može pojačati ukupni toksični učinak (Grenier i sur. 2016.).

Klinički znakovi kod pilića najčešće su slabo izraženi i nespecifični, što otežava pravovremenu dijagnostiku. Kod brojlerskih pilića mogu se uočiti smanjeni prirast, slabija konverzija hrane, promjene u funkciji jetre te povećana osjetljivost na bolesti zbog imunosupresije. Kod nesilica i rasplodne peradi moguće su promjene povezane s estrogenim djelovanjem, uključujući

poremećaje u razvoju i funkciji reproduktivnog sustava (Kuiper-Goodmani sur., 1987.). Međutim, zbog relativno visoke otpornosti peradi, izraženiji klinički znakovi obično se javljaju tek pri višim razinama kontaminacije hranidbe. Noviji rezultati upućuju na to da je prehrambena kontaminacija FUM-om i DON-om, čak i na subkliničkim razinama, dovela do promjena u sastavu mikrobiote cekuma, poremećaja crijevnih funkcija te slabljenja crijevnog imunološkog odgovora, čime se potencijalno povećava sklonost ptica razvoju nekrotičnog enteritisa (Shanmugasundaram i sur., 2023.).

Za razliku od pilića, purani se smatraju osjetljivijima na estrogene učinke ZEN-a, što se povezuje s razlikama u metabolizmu i većim udjelom pretvorbe u biološki aktivniji α -ZEL (Malekinejad i sur., 2006b). Kod purana se stoga mogu očekivati izraženiji učinci na reproduktivni sustav i hormonalnu ravnotežu, kao i moguće smanjenje proizvodnih performansi. Ipak, kao i kod pilića, pri nižim razinama izloženosti klinički znakovi često izostaju ili su blagi, što može dovesti do subkliničkih oblika toksičnosti.

U slučaju ZEN-a, predominantni metabolit kod brojlerskih pilića i nesilica je obično β -ZEL, dok je kod purana to α -ZEL. Glukuronidacija predstavlja glavni put konjugacije. Kod peradi, procjene izloženosti pokazuju da je između 93% i 100% dokumentirane izloženosti povezano isključivo s matičnim spojem ZEN. To uvelike odražava ograničenu dostupnost podataka o modificiranim oblicima ovog mikotoksina, uključujući α -zearalanol (α -ZAL), β -zearalanol (β -ZAL), zearalanon (ZAN), α -ZEL i β -ZEL. Posljedično, doprinos ovih modificiranih oblika ukupnoj izloženosti kod peradi ostaje nedovoljno okarakteriziran. EFSA (2017.) zaključila je da je rizik od negativnog utjecaja ZEN-a i njegovih modificiranih oblika na zdravlje peradi izuzetno nizak. Ovaj zaključak podupire visoka tolerancija peradi na ovaj mikotoksin, što se odražava u povišenim NOAEL-ima (razine bez uočenih štetnih učinaka), te činjenica da tipična prehrana peradi općenito ne sadrži visoke količine ZEN-a. Što se tiče međuvrsne osjetljivosti, purani se čine tolerantnijima od pilića, s NOAEL-om od 9100 $\mu\text{g/kg}$ tjelesne težine, u usporedbi sa 7500 $\mu\text{g/kg}$ tjelesne težine kod pilića. Ova razlika temelji se na uočenim učincima, uključujući smanjenje limfocita i upalu ventrikula. ZEN i njegovi modificirani oblici pokazuju estrogenu aktivnost, što znači da mogu oponašati učinke endogenih ženskih spolnih hormona, svojstvo koje je usko povezano s njihovom toksikološkom relevantnošću. Međutim, ova aktivnost se razlikuje među različitim spojevima. U silaznom redoslijedu estrogene potencije, rang je sljedeći:

α -ZEL > α -ZAL > ZEN = ZAN = β -ZAL > β -ZEL.

Ove razlike ukazuju na to da određeni metaboliti mogu pokazivati veću biološku aktivnost od matičnog mikotoksina.

3.2.5. Carry over¹

ZEN i α - i β -ZEL mogu se prenijeti u mlijeko ovaca, krava i svinja tretiranih visokim dozama ZEN-a (Hagler i sur., 1980.; Mirocha i sur., 1981.). Hiperestrogenizam je opisan u janjadi i svinja čijim je majkama dojiljama apliciran ZEN (Hagler i sur., 1980.; Palyusik i sur., 1980.; Smith i sur., 1990.).

Mliječne krave hranjene obrocima s pročišćenim ZEN-om 50 mg/dan i 165 mg/dan tijekom 21 dana nisu imale detektibilne količine ZEN-a ili α - i β -ZEL-a u mlijeku ili plazmi (Prelusky i sur., 1990.). Krava tretirana s 544,5 mg ZEN na dan/21 dan, imala je najvišu količinu od 2,5 ng ZEN /mL mlijeka i 3,0 ng α -ZEL-a/mL mlijeka. Krave koje su dobile jednokratno peroralno 1,8 ili 6 g ZEN-a u mlijeku su drugi dan imale najviše 4,0 i 6,1 ng/ml ZEN-a.

Ove studije govore u prilog tome da je prijenos ZEN-a u mlijeko minimalan i to samo kratko vrijeme nakon izloženosti visokim količinama ZEN-a.

Mliječna goveda tretirana kroz 7 dana s 25 mg/kg ZEN-a u hrani, izlučuju mlijekom 1,3 mg/kg ZEN-a (Mirocha i sur., 1981.). Ograničene količine ZEN-a izlučuju se mlijekom krmača što može izazvati pojavu znakova estrogenizma kod ženske prasadi (Dacasto i sur., 1995.).

Tretiranje krmača u laktaciji, tijekom 9 dana, s 40 mg/kg sintetičkog ZEN-a u hrani, izazvalo je 4. i 5. dana nakon početka tretiranja, otok i crvenilo vulve kod ženske prasadi. U mlijeku je ustanovljeno najviše β -ZEL-a (82-86 %), dok je količina α -ZEL-a i ZEN-a iznosila svega 13-16 %, odnosno 0,5-1,3 %. Najviša količina ZEN-a u mlijeku iznosila je 0,79 mg/kg. Mikotoksini su ustanovljeni u mlijeku već 42 sata nakon početka tretiranja (Palyusik i sur., 1980.).

Uočeni su preuranjeni pubertetni simptomi kod djece u čijoj je plazmi bila detektirana prisutnost ZEN-a. ZEN je u devedesetim godinama 20. stoljeća pronađen u krvi djevojčica s preuranjenim spolnim sazrijevanjem (Portoriko) koje su se hranile hranom kontaminiranom ZEN-om (Saenz DE Rodrigez, 1984.), te kod djevojčica s preuranjenim pubertetom (Mađarska), koje su se hranile organski uzgojenom hranom u kojoj je također bio prisutan spomenuti mikotoksin (Szuets i sur., 1997.).

EFSA (2017.) je zaključila kako se prijenos ZEN-a i njegovih modificiranih oblika iz kontaminirane hrane za životinje u životinjska tkiva, koja se potom mogu koristiti kao hrana ili krmivo, potrebno razmatrati kvantitativno i kvalitativno. Kvantitativna procjena provodi se izračunom faktora prijenosa (*carry-over* faktora), definiranih kao omjer količina ZEN-a i njegovih metabolita u tkivima i njihove količine u hrani za životinje. Pregledom dostupnih podataka utvrđeno je da ZEN, α -ZEL i β -ZEL čine većinu ukupnih ostataka ZEN-a u domaćih životinja (Dänicke i Winkler, 2015.). Pri tome su ZEN i α -ZEL dominantni metaboliti u svinja i peradi, dok β -ZEL značajno doprinosi ukupnim razinama ostataka u tkivima goveda, uključujući mlijeko.

¹ *Carry over* (engl.) – prijenos tvari (npr. mikotoksina) iz hrane u tkiva životinje ili proizvode (mlijeko, meso, jaja).

Izračunati faktori prijenosa varirali su u širokom rasponu, od 0,004 do 0,295 u jetri različitih životinjskih vrsta, 0,008 do 0,05 u kravljem mlijeku, 0 do 0,021 u svinjskom mišićnom tkivu, te do 0,0007 u bubrezima purana. Masno tkivo i jaja bili su gotovo bez ostataka toksina nakon eksperimentalne oralne izloženosti ZEN-u. Općenito, eksperimentalni podaci ukazuju da se metabolički obrazac ZEN-a u životinjskim tkivima znatno razlikuje od onoga u krmivima biljnog podrijetla, što potvrđuju i terenska istraživanja provedena na namirnicama životinjskog podrijetla s tržišta (EFSA, 2017.).

ZEN je detektiran u kravljem mlijeku u količinama do 12,5 µg/kg u uzorcima iz više zemalja, dok su niže količine zearalanona (ZAN), α-ZAL i α-ZEL također zabilježene. Istraživanja su pokazala prisutnost ZEN-a s α- i β-ZEL-om u mlijeku, kao i u raznim mesnim proizvodima (teletina, janjetina, perad, puretina i dr.). Iako su ti proizvodi bili namijenjeni ljudskoj prehrani, dobiveni podaci ukazuju na moguće obrasce pojave ZEN-a i njegovih metabolita u krmivima životinjskog podrijetla. U tim uzorcima α-ZEL je bio najčešće detektirani metabolit, dok su ZEN, β-ZEL i β-ZAL često bili ispod granice detekcije, uz rijetku pojavu α-ZAL-a u pojedinačnim uzorcima (EFSA, 2017.).

EFSA (2017.) je utvrdila kako su dostupni podaci o pojavi ZEN-a i njegovih modificiranih oblika u hrani i krmivima životinjskog podrijetla i dalje ograničeni, a informacije iz terenskih studija rijetko su detaljno razvrstane prema vrsti tkiva. Iako se može pretpostaviti prisutnost konjugiranih oblika u tkivima, relevantni znanstveni podaci o njihovoj pojavnosti zasad su vrlo oskudni.

Stoga je zaključak EFSA-e (2017.) kako prema eksperimentalnim podacima krmiva životinjskog podrijetla vjerojatno ne doprinose značajno ukupnoj izloženosti životinja ZEN-u i njegovim modificiranim oblicima u kvantitativnom smislu. Međutim, za razliku od krmiva biljnog podrijetla, metabolički profil ZEN-a u krmivima životinjskog podrijetla karakterizira veći udio biološki potentnijeg α-ZEL-a, uz prisutnost β-ZEL-a. U procjeni rizika stoga je nužno uzeti u obzir viši estrogenski potencijal α-ZEL-a, kao i ciljne vrste koje konzumiraju veće udjele krmiva životinjskog podrijetla, poput pasa, mačaka, riba i uzgojenih kuna.

Sa stajališta sigurnosti hrane, važan je prijenos (*carry-over*) ZEN-a i njegovih metabolita iz hrane u tkiva peradi. Nakon apsorpcije i metabolizma, ZEN se distribuira u organizmu, ali se zbog brzog metabolizma i eliminacije ne nakuplja značajno u većini tkiva. Najveće količine njegovih metabolita utvrđene su u jetri, gdje se nalaze uglavnom u konjugiranom obliku i u relativno niskim količinama. Nasuprot tome, u mišićnom tkivu peradi, koje je najvažnije za prehranu ljudi, prisutnost ZEN-a i njegovih metabolita je vrlo niska ili ispod granice detekcije, što ukazuje na minimalan prijenos u meso (EFSA, 2017.).

Unatoč niskom *carry-over*-u u mišićno tkivo, činjenica da se metaboliti mogu detektirati u organima poput jetre ukazuje na mogućnost ulaska ZEN-a u prehrambeni lanac. Iako su te količine male, kontinuirana izloženost i mogućnost kombinirane kontaminacije s drugim mikotoksinima naglašavaju potrebu za stalnim praćenjem razina ZEN-a u stočnoj hrani i proizvodima životinjskog podrijetla.

3.2.6. Toksikološke vrijednosti za ZEN u hrani za životinje

Ključna studija na temelju koje je EFSA 2011. godine utvrdila podnošljiv dnevni unos (engl. *tolerable daily intake*, TDI) za ljude bila je hranidbena studija Dölla i sur. (2003.), u kojoj je ženska prasadi bile izložena ZEN-u u količinama od 0,01 do 0,42 mg/kg krmiva, što je odgovaralo unosima od 0,5 do 17,6 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan, putem prirodno kontaminiranog kukuruza. U prasadi izloženih 10,4 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan nisu opaženi učinci, te je ta razina definirana kao razina bez uočenog učinka (engl. *No Observed Effect Level* – NOEL), dok su pri izloženosti od 17,6 µg/kg tjelesne mase na dan zabilježeni estrogene učinci, uključujući povećanje mase maternice te crvenilo i oteklinu vulve (EFSA, 2017.).

Više drugih istraživanja, uključujući i ona koja nisu bila obuhvaćena ranijim EFSA-inim mišljenjima, također je pokazalo estrogene učinke pri sličnim razinama izloženosti, oko 20 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan. Pregled dostupnih podataka ukazuje da su mlade i spolno nezrele nazimice (do prve pojave estrusa) najosjetljivija skupina na djelovanje ZEN-a, pri čemu se učinci mogu pojaviti već pri 17,6 µg/kg tjelesne mase na dan. Iako EFSA te promjene nije smatrala izravno štetnima zbog neizvjesnosti o njihovom dugoročnom utjecaju na reprodukciju, ocijenjene su nepoželjnima te su identificirane kao kritični učinci za derivaciju humanog TDI-ja (EFSA, 2017.).

Kod spolno zrelih krmača zabilježeno je produljenje estrusnog ciklusa pri izloženosti od 200 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan, dok pri 40 µg/kg tjelesne mase na dan nije opažen učinak (Edwards et al., 1987a.), što predstavlja najniži raspoloživi NOAEL (razina bez uočenog štetnog učinka engl. *No Observed Adverse Effect Level*) za rasplodne krmače (EFSA, 2017.).

Baza podataka za nerastove znatno je ograničenija. U mladim nerastova hranjenih smjesom koja je sadržavala 30 mg ZEN/kg krmiva (što odgovara unosu od približno 1,2 mg/kg tjelesne mase na dan) zabilježeni su prerana spermatogeneza, oštećenje zametnog epitela i hiperplazija intersticijskih stanica (Vanyi and Szeke, 1980.). Nadalje, kod muške prasadi izložene 50 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan tijekom 22 dana opaženo je smanjenje serumskih koncentracija progesterona i testosterona (Jiang et al., 2012.).

Kod ovaca su, na temelju smanjene ovulacije i nižeg postotka janjenja, utvrđene referentne točke toksičnosti za ZEN. Najniža razina kod koje je uočen štetni učinak (engl. *Lowest Observed Adverse Effect Level* – LOAEL) iznosila je 56 µg/kg tjelesne mase na dan, dok je razina bez opaženog štetnog učinka (NOAEL) iznosila 28 µg/kg tjelesne mase na dan. Navedene razine izloženosti odgovarale su količinama ZEN-a od 3,0 odnosno 1,5 mg/kg krmiva (EFSA, 2017.).

Za koze u dostupnoj literaturi nisu pronađeni podaci koji bi omogućili određivanje referentnih točaka (NOAEL/LOAEL) za potrebe procjene rizika (EFSA, 2017.).

Goveda se, u usporedbi s drugim vrstama, čine relativno otpornima na učinke ZEN-a, no dostupni podaci ne dopuštaju definiranje ni LOAEL-a ni NOAEL-a. Jedino dostupno istraživanje doza–odgovor u mliječnim krava, u kojem je nakon oralne primjene čistog ZEN-a zabilježeno smanjenje veličine žutih tijela, bilo je previše ograničeno da bi se mogle pouzdano identificirati štetne razine izloženosti. Slična ograničenja zabilježena su i u istraživanju na junicama pri relativno visokim

razinama izloženosti, gdje je uočen trend smanjenja koncepcije, ali bez jasne kvantifikacije učinka (EFSA, 2017.).

Za modificirane oblike ZEN-a trenutačno ne postoje podaci koji bi omogućili procjenu doza-ovisnih učinaka u preživača (EFSA, 2017.).

Perad pokazuje visoku otpornost na ZEN, što potvrđuju istraživanja provedena na pilićima i puranima. Kod muških i ženskih tovnih pilića jedini značajni krajnji ishod bila je promjena broja limfocita pri hranidbi obrocima obogaćenima čistim ZEN-om. Na temelju tih rezultata utvrđena je LOAEL vrijednost od 30 000 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan te NOAEL vrijednost od 7 500 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan, što odgovara količinama od 200 odnosno 50 mg ZEN/kg krmiva (EFSA, 2017.).

Kod puranâ, na temelju pojave otekline kloakalnog područja (vent swelling) u mužjaka i ženki, identificirana je LOAEL vrijednost od 19 000 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan te NOAEL vrijednost od 9 100 µg ZEN/kg tjelesne mase na dan, uz prehrambene količine ZEN-a od 200 odnosno 100 mg/kg krmiva (EFSA, 2017.).

Toksikološke vrijednosti koje su korištene u ovoj procjeni navedene su u tablici 15.

Za modificirane oblike ZEN-a trenutno ne postoje dostupni podaci o njihovim štetnim učincima u peradi, što predstavlja značajnu prazninu u toksikološkoj bazi podataka za ovu skupinu životinja.

EFSA CONTAM panel nije mogao identificirati ni LOAEL ni NOAEL vrijednosti za ZEN niti za njegove modificirane oblike kod ostalih vrsta životinja koje se ne navode u Tablici 15, zbog nedostatnih i/ili neadekvatnih podataka u dostupnoj literaturi (EFSA, 2017.).

U ovom istraživanju raspoloživi su bili isključivo podaci o kontaminaciji krmiva i krmnih smjesa, nije provedena procjena izloženosti za šarana i pse iako je EFSA za njih propisala toksikološke vrijednosti. Za te vrste nisu bile dostupne odgovarajuće informacije o stvarnoj konzumaciji kontaminiranih krmiva i obrascima hranidbe, što je onemogućilo pouzdanu procjenu izloženosti.

Tablica 15 prikaz toksikoloških vrijednosti za ZEN za različite vrste i kategorije životinja

Vrsta životinja	Naziv toksikološke vrijednosti za kroničnu izloženost	Iznos vrijednosti (µg/kg t.m. dnevno)
Ovce – tovnja janjad	LOAEL ^(a)	56
	NOAEL ^(b)	28
Prasad	NOAEL	10,4
Rasplodne nazimice / toвне svinje	NOAEL	40
Tovni pilići	NOAEL	7500
Tovni purani	NOAEL	9100
Pas	LOAEL	25
Šaran	NOAEL	9

^(a) Najniža razina kod koje je uočen štetni učinak (engl. *Lowest Observed Adverse Effect Level*); ^(b) Razina bez uočenog štetnog učinka (engl. *No Observed Adverse Effect Level*)

3.3. Procjena izloženosti

Procjena izloženosti prema vrsti životinja nalazi se u Tablici 16 za rezultate službenih kontrola i u Tablici 17 za rezultate HAPIH-a. U tablicama je naveden iznos prosječnih vrijednosti i 95 percentila ukupne izloženosti za sva tri pristupa, te isti podaci za izračunatu izloženost prema kilogramu tjelesne mase životinje. Kako se radi o setovima podatka koji se razlikuju za svoje najniže vrijednosti, za koje se koristio LB, MB i UB pristup, očekivano nema razlike u vrijednostima 95 percentila u koju ulaze najveće utvrđene vrijednosti kontaminacije, koje su jednake u setovima podataka.

Vrijednosti izloženosti za ZEN po danu ovise o količini unesene/pojedene hrane, te je očekivano vrijednost veća, ukoliko je i unos hrane veći. U ovom slučaju najveći je unos za tovne svinje/nazimice, slijedi prasad, janjad, tovni purani i najmanja je za tovne piliće. Zbog toga je preciznije i točnije izražavati izloženost po kilogramu tjelesne mase životinje. Izloženost po kilogramu tjelesne mase najniža je za janjad, slijede vrijednosti za tovne purane, prasad i tovne svinje/nazimice koje su dosta slične, te najviša izloženost u pilića (Tablica 16). Redoslijed za vrijednosti 95 percentila prate vrijednosti dobivene za prosječnu izloženost.

Tablica 16 Prikaz izloženosti prema vrst i kategoriji i životinje za ZEN po danu i po kilogramu tjelesne mase ($\mu\text{g}/\text{kg}$) za podatke službenih kontrola

Vrsta životinje	Izloženost po danu (μg)			Izloženost prema kilogramu tjelesne mase ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
		Prosječne vrijednosti	Vrijednost 95. percentila	Prosječne vrijednosti	Vrijednost 95. percentila
Prasad	LB	8,089	42,408	0,404	2,120
	MB	8,246	42,408	0,412	2,120
	UB	8,404	42,408	0,420	2,120
Tovne svinje/nazimice	LB	42,070	230,310	0,421	2,303
	MB	42,927	230,310	0,429	2,303
	UB	43,791	230,310	0,438	2,303
Tovna janjad	LB	4,580	24,113	0,183	0,965
	MB	4,674	24,113	0,187	0,965
	UB	4,768	24,113	0,191	0,965
Tovni piliće	LB	1,765	9,627	0,882	4,814
	MB	1,799	9,627	0,899	4,814
	UB	1,833	9,627	0,916	4,814
Tovni purani	LB	4,570	24,654	0,380	2,053
	MB	4,651	24,654	0,388	2,053
	UB	4,739	24,654	0,395	2,053

Vrijednosti izloženosti za ZEN po danu za rezultate dobivene u HAPIH-u bila je najveći za tovnne svinje/nazimice, slijede janjad, prasad, tovnni purani i najmanja je za tovnne piliće. Izloženost po kilogramu tjelesne mase bila je najniža je za tovnne purane, prasad, tovnne svinje/nazimice i tovnni pilići su imali slične vrijednosti, dok je najviša izloženost izračunata za tovnna janjad (Tablica 17). Redoslijed za vrijednosti 95. percentila ne prate vrijednosti dobivene za prosječnu izloženost, već je najveće izloženost dobivena za tovnne piliće, slijede tovnne svinje/nazimice, prasad, tovnna janjad i tovnni purani.

Tablica 17 Prikaz izloženosti prema vrsti i kategoriji životinje za ZEN po danu i po kilogramu tjelesne mase ($\mu\text{g}/\text{kg}$) za podatke HAPIH-a

Vrsta životinje		Izloženost po danu (μg)		Izloženost po kilogramu tjelesne mase ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
		Prosječne vrijednosti	Vrijednost 95. percentila	Prosječne vrijednosti	Vrijednost 95. percentila
Prasad	LB	7,024	29,897	0,351	1,495
	MB	8,091	29,897	0,405	1,495
	UB	9,158	29,897	0,458	1,495
Tovne svinje/nazimice	LB	36,355	159,564	0,364	1,596
	MB	41,585	159,564	0,416	1,596
	UB	46,760	159,564	0,468	1,596
Tovna janjad	LB	17,401	32,470	0,696	1,299
	MB	17,861	32,470	0,714	1,299
	UB	18,318	32,470	0,733	1,299
Tovni piliće	LB	1,132	4,601	0,566	2,300
	MB	1,306	4,601	0,653	2,300
	UB	1,479	4,601	0,739	2,300
Tovni purani	LB	3,074	12,882	0,256	1,073
	MB	3,534	12,882	0,294	1,073
	UB	3,990	12,882	0,332	1,073

Ako usporedimo izloženosti iz ova dva izvora za promatrano vremensko razdoblje, možemo uočiti kako su one različite ovisno o vrsti životinja. Za prasad nešto veća izloženost ZEN-u je izračunata kod krmiva i krmnih smjesa čiji uzorci dolaze iz službenih kontrola, a malo veća razlika prisutna je kod vrijednosti za 95. percentil. Razlika kod prosječnih vrijednosti kada je u UB pristupu dobivena veća prosječna izloženost za ZEN kod rezultata iz HAPIH-a, posljedica je nesigurnosti kod primjene LB, MB i UB pristupa. Konačni rezultat za LB, MB i UB pristup ovisi o udjelu nekvantificiranih rezultata u ukupnom broju uzoraka, a on se prilično razlikuje za ZEN u rezultatima službenih kontrola i rezultatima HAPIH-a. U rezultatima službenih kontrola radi se o gotovo duplo većem udjelu LC rezultata za ječam, kukuruz i pšenicu (kako slijedi 66,67; 49,22; 67,18 %), nego u istoj kategoriji krmiva i krmnih smjesa u HAPIH-ovim rezultatima (kako slijedi 31,67; 36,23; 25,93 %). Što je udio LC podataka veći, dobivene vrijednosti za ZEN su procijenjene

s većom nesigurnosti. Sličan se zaključak može donijeti i za rezultate izloženosti ZEN-u za tovne svinje /nazimice (Tablica 16 i 17).

Kod tovnje janjadi, veća je izloženost ZEN-u dobivena je iz HAPIH-ovih rezultata, za sva tri pristupa u odnosu na rezultate službenih kontrola (Tablica 16 i 17).

Izloženosti ZEN-u kod tovnih pilića i tovnih purana ima veće vrijednosti kada se računala iz rezultata službenih kontrola, u svim pristupima. No općenito se može zaključiti kako nema veće razlike u vrijednostima dobivenim iz rezultata službenih kontrola i HAPIH-a (Tablica 16 i 17).

3.3.1. Procjena izloženosti vrste životinja prema krmivima i krmnim smjesama

U Tablicama 18-22 navedene su vrijednosti za svaku vrstu životinje, kao i vrijednosti svih krmiva i krmnih smjesa koji su uzeti u obzir prilikom računanja izloženosti za ZEN-u, te su dobivene vrijednosti prikazane kao prosječne vrijednosti i vrijednosti 95. percentila za sva tri pristupa, LB, MB i UB za ukupan dnevni unos („izloženost po danu“) i izloženost po kilogramu tjelesne mase životinje.

Rezultati službenih kontrola za prasad ukazuju kako se najviše ZEN-a dnevno unosi kukuruzom i dopunskom krmnom smjesom za odojke (SO-DO), a što se vidi i na vrijednosti po kilogramu tjelesne mase, koja je najveća za kukuruz, i za dopunsku krmnu smjesu za odojke (SO-DO) (tablica 18). U tablici 18 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, koja osim što je bila najveća, koji je imao najviše uzoraka (više nego duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). Vrlo je izgledno da se pojašnjenje doprinosa smjesa, koje su po vrijednosti odmah iza kukuruza, može objasniti većim udjelom kukuruza i u smjesi.

Tablica 18 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivima i krmnim smjesama za prasad (na temelju rezultata službenih kontrola)

Prasad		Izloženost po danu (µg)			Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmivo/krmna smjesa	Broj uzoraka		Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	39	LB	1,007	3,053	0,050	0,153
		MB	1,135	3,053	0,057	0,153
		UB	1,263	3,053	0,063	0,153
Kukuruz	449	LB	10,058	50,448	0,503	2,522
		MB	10,235	50,448	0,512	2,522
		UB	10,412	50,448	0,521	2,522
Pšenica	70	LB	0,821	3,745	0,041	0,187
		MB	0,912	3,745	0,046	0,187

Pšenične posije	7	UB	1,004	3,745	0,050	0,187
		LB	0,603	1,841	0,030	0,092
		MB	0,619	1,841	0,031	0,092
Sojina sačma	4	UB	0,635	1,841	0,032	0,092
		LB	2,856	8,928	0,143	0,446
		MB	2,904	8,928	0,145	0,446
Dopunska krmna smjesa za odojke (SO-DO)	9	UB	2,952	8,928	0,148	0,446
		LB	8,301	24,683	0,415	1,234
		MB	8,378	24,683	0,419	1,234
Dopunska krmna smjesa za odojke (SO-DO-40)	6	UB	8,455	24,683	0,423	1,234
		LB	3,467	4,853	0,173	0,243
		MB	3,467	4,853	0,173	0,243
Ukupna izloženost	584	UB	3,467	4,853	0,173	0,243
		LB	7,024	29,897	0,351	1,495
		MB	8,091	29,897	0,405	1,495
		UB	9,158	29,897	0,458	1,495

Rezultati službenih kontrola za tovne svinje/nazimice ukazuju kako se najviše ZEN-a dnevno unosi kukuruzom, nakon čega slijede smjese: dopunska krmna smjesa za tovne i rasplodne svinje (ST-DO-35), krmna smjesa za svinje i potpuna krmna smjesa za svinje. Isti redoslijed uočava se i na vrijednosti po kilogramu tjelesne mase (tablica 19). U tablici 19 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, koja osim što je bila najveća, kukuruz je bio zastupljen s najviše uzoraka (više nego duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). Vrlo je izgledno da se pojašnjenje doprinosi smjesa, koje su po vrijednosti odmah iza kukuruza, može objasniti većim udjelom kukuruza i u smjesi.

Tablica 19 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovne svinje/nazimice (na temelju rezultata službenih kontrola)

Tovne svinje/nazimice		Izloženost po danu (µg)			Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmivo/krmna smjesa	Broj uzoraka		Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	39	LB	7,865	23,850	0,079	0,239
		MB	8,865	23,850	0,089	0,239
		UB	9,865	23,850	0,099	0,239
Kukuruz	449	LB	56,586	283,770	0,566	2,838
		MB	57,573	283,770	0,576	2,838
		UB	58,570	283,770	0,586	2,838
Pšenica	70	LB	4,755	21,683	0,048	0,217

		MB	5,284	21,683	0,053	0,217
		UB	5,813	21,683	0,058	0,217
Pšenične posije	7	LB	4,843	14,790	0,048	0,148
		MB	4,971	14,790	0,050	0,148
		UB	5,100	14,790	0,051	0,148
Sojina sačma	4	LB	10,115	31,620	0,101	0,316
		MB	10,285	31,620	0,103	0,316
		UB	10,455	31,620	0,105	0,316
Tritikale	5	LB	6,105	18,810	0,061	0,188
		MB	6,600	18,810	0,066	0,188
		UB	7,095	18,810	0,071	0,188
Zob	17	LB	1,218	6,180	0,012	0,062
		MB	1,632	6,180	0,016	0,062
		UB	2,047	6,180	0,020	0,062
Dopunska krmna smjesa za svinje	20	LB	8,177	26,358	0,082	0,264
		MB	8,591	26,358	0,086	0,264
		UB	9,005	26,358	0,090	0,264
Dopunska krmna smjesa za tovne i rasplodne svinje (ST-DO-35)	6	LB	26,450	69,000	0,265	0,690
		MB	26,450	69,000	0,265	0,690
		UB	26,450	69,000	0,265	0,690
Krmna smjesa za svinje	8	LB	17,940	61,134	0,179	0,611
		MB	18,285	61,134	0,183	0,611
		UB	18,630	61,134	0,186	0,611
Potpuna krmna smjesa za svinje	13	LB	15,578	73,968	0,156	0,740
		MB	16,003	73,968	0,160	0,740
		UB	16,427	73,968	0,164	0,740
Ukupna izloženost	638	LB	42,070	230,310	0,421	2,303
		MB	42,927	230,310	0,429	2,303
		UB	43,791	230,310	0,438	2,303

Rezultati službenih kontrola za tovnu janjad ukazuju kako se najviše ZEN-a dnevno unosi kukuruznom silažom, sijenažom i kukuruzom, dok ostala krmiva imaju puno manji doprinos (tablica 20). U tablici 20 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, unatoč tome što nije bila najveća, ali je bilo najviše uzoraka kukuruza (više nego duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). Može se pretpostaviti da su kukuruzna silaža i sjenaža isto mogle

doprinijeti zbog visoke kontaminacije ZEN-om, no s obzirom na mali broj uzoraka ove hrane velike su i nesigurnosti prilikom donošenja takvog zaključka.

Tablica 20 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovnu janjad (na temelju rezultata službenih kontrola)

Tovna janjad			Izloženost po danu (µg)		Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmivo/ krmna smjesa	Broj uzoraka		Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	39	LB	0,629	1,908	0,025	0,076
		MB	0,709	1,908	0,028	0,076
		UB	0,789	1,908	0,032	0,076
Kukuruz	449	LB	5,700	28,587	0,228	1,143
		MB	5,800	28,587	0,232	1,143
		UB	5,900	28,587	0,236	1,143
Pšenica	70	LB	0,543	2,478	0,022	0,099
		MB	0,604	2,478	0,024	0,099
		UB	0,664	2,478	0,027	0,099
Pšenične posije	7	LB	0,904	2,761	0,036	0,110
		MB	0,928	2,761	0,037	0,110
		UB	0,952	2,761	0,038	0,110
Silaža - kukuruzna	6	LB	13,680	53,880	0,547	2,155
		MB	13,920	53,880	0,557	2,155
		UB	14,160	53,880	0,566	2,155
Sjenaža	3	LB	8,600	16,500	0,344	0,660
		MB	8,900	16,500	0,356	0,660
		UB	9,200	16,500	0,368	0,660
Sojina sačma	4	LB	1,428	4,464	0,057	0,179
		MB	1,452	4,464	0,058	0,179
		UB	1,476	4,464	0,059	0,179
Tritikale	5	LB	0,414	1,277	0,017	0,051
		MB	0,448	1,277	0,018	0,051
		UB	0,482	1,277	0,019	0,051
Zob	17	LB	0,244	1,236	0,010	0,049
		MB	0,326	1,236	0,013	0,049
		UB	0,409	1,236	0,016	0,049
Ukupna izloženost	600	LB	4,580	24,113	0,183	0,965
		MB	4,674	24,113	0,187	0,965
		UB	4,768	24,113	0,191	0,965

Rezultati službenih kontrola za tovne piliće ukazuju kako se najviše ZEN-a dnevno unosi početnom krmnom smjesom za tov pilića i (PPT-1) i potpunom krmnom smjesom za tov pilića u porastu (PPT-2), nakon čega slijedi kukuruz. Isti redoslijed uočava se i na vrijednosti po kilogramu tjelesne mase (tablica 21). U tablici 21 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, koja osim što je bila najveća, kukuruz je bio zastupljen s najviše uzoraka (više nego duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). Vrlo je izgledno da se pojašnjenje doprinosa smjesa, koje su po vrijednosti odmah iza kukuruza, može objasniti većim udjelom kukuruza i u smjesi.

Tablica 21 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovne piliće (na temelju rezultata službenih kontrola)

Tovni pilići		Izloženost po danu (µg)			Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmivo/krmna smjesa	broj uzoraka		Prosjek	95 percentila	Prosjek	95 percentila
Ječam	39	LB	0,210	0,636	0,105	0,318
		MB	0,236	0,636	0,118	0,318
		UB	0,263	0,636	0,132	0,318
Kukuruz	449	LB	2,095	10,510	1,048	5,255
		MB	2,132	10,510	1,066	5,255
		UB	2,169	10,510	1,085	5,255
Pšenica	70	LB	0,226	1,033	0,113	0,516
		MB	0,252	1,033	0,126	0,516
		UB	0,277	1,033	0,138	0,516
Pšenične posije	7	LB	0,081	0,247	0,040	0,123
		MB	0,083	0,247	0,041	0,123
		UB	0,085	0,247	0,043	0,123
Sojina sačma	4	LB	0,595	1,860	0,298	0,930
		MB	0,605	1,860	0,303	0,930
		UB	0,615	1,860	0,308	0,930
Tritikale	5	LB	0,370	1,140	0,185	0,570
		MB	0,400	1,140	0,200	0,570
		UB	0,430	1,140	0,215	0,570
Zob	17	LB	0,203	1,030	0,101	0,515
		MB	0,272	1,030	0,136	0,515
		UB	0,341	1,030	0,171	0,515
Početna krmna smjesa za tov pilića i (PPT-1)	3	LB	6,920	17,916	3,460	8,958
		MB	6,947	17,916	3,473	8,958
		UB	6,973	17,916	3,487	8,958

Potpuna krmna smjesa za tov pilića u porastu (PPT-2)	7	LB	5,169	19,092	2,584	9,546
		MB	5,203	19,092	2,601	9,546
		UB	5,237	19,092	2,619	9,546
Potpuna završna krmna smjesa za tov pilića (PPT-3)	3	LB	0,760	1,572	0,380	0,786
		MB	0,800	1,572	0,400	0,786
		UB	0,840	1,572	0,420	0,786
Ukupna izloženost	604	LB	1,709	9,193	0,855	4,596
		MB	1,744	9,193	0,872	4,596
		UB	1,779	9,193	0,890	4,596

Rezultati službenih kontrola za prasad ukazuju kako se najviše ZEN-a dnevno daleko najviše unosi kukuruzom, nakon čega slijedi sojina sačma, a što se vidi i na vrijednosti po kilogramu tjelesne mase, koja je najveća za kukuruz (tablica 22). U tablici 22 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, koja osim što je bila najveća, kukuruz je bio zastupljen s najviše uzoraka (više nego duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). Pretpostavljamo da se i za tov purana isto koriste smjese, ali kako nismo imali niti jedan uzorak možemo samo zaključiti da bi se mogao očekivati i značajniji doprinos smjesa s obzirom na udio kukuruza i u smjesi.

Tablica 22 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu za tovne purane (na temelju rezultata službenih kontrola)

Tovni purani		Izloženost po danu (µg)		Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmivo	Broj uzoraka	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	39	LB	0,370	1,158	0,030
		MB	0,406	1,158	0,034
		UB	0,452	1,158	0,038
Kukuruz	449	LB	5,880	29,428	0,490
		MB	5,983	29,428	0,499
		UB	6,087	29,428	0,507
Pšenica	70	LB	0,464	2,117	0,039
		MB	0,516	2,117	0,043
		UB	0,567	2,117	0,047
Pšenične posije	7	LB	0,444	1,356	0,037
		MB	0,456	1,356	0,038

		UB	0,468	1,356	0,039	0,113
Sojina sačma	4	LB	1,618	5,057	0,135	0,421
		MB	1,645	5,057	0,137	0,421
		UB	1,672	5,057	0,139	0,421
Tritikale	5	LB	0,102	0,314	0,008	0,026
		MB	0,110	0,314	0,009	0,026
		UB	0,118	0,314	0,010	0,026
Zob	17	LB	0,056	0,283	0,005	0,024
		MB	0,075	0,283	0,006	0,024
		UB	0,094	0,283	0,008	0,024
Ukupna izloženost	600	LB	4,570	24,654	0,380	2,053
		MB	4,651	24,654	0,388	2,053
		UB	4,739	24,654	0,395	2,053

Rezultati HAPIH-a za prasid ukazuju kako se najviše ZEN-a dnevno unosi kukuruzom, kao što je bio slučaj kod rezultata službenih kontrola (tablica 23). U tablici 23 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, koja osim što je bila najveća, kukuruz je bio zastupljen s najviše uzoraka (skoro duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). Zbog izostanaka rezultat za ZEN za smjese i općenito svega tri vrste krmiva ukupni dnevni unos ZEN-u u slučaju HAPIH-ovi rezultata (5,531; 6,381; 7,223 µg) je nešto niži od rezultata službenih kontrola, a razlike prate i izloženost ZEN-u prema kilogramu tjelesne mase.

Tablica 23 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu za prasid (na temelju rezultata HAPIH-a)

Prasid			Izloženost po danu (µg)		Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmivo	Broj uzoraka		Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	120	LB	1,352	3,682	0,068	0,184
		MB	1,765	3,682	0,088	0,184
		UB	2,151	3,682	0,108	0,184
Kukuruz	276	LB	7,707	42,820	0,385	2,141
		MB	8,801	42,820	0,440	2,141
		UB	9,888	42,820	0,494	2,141
Pšenica	27	LB	1,390	2,322	0,070	0,116
		MB	1,641	2,322	0,082	0,116
		UB	1,946	2,322	0,097	0,116
Ukupno	423	LB	5,531	23,429	0,277	1,171
		MB	6,381	23,429	0,319	1,171
		UB	7,223	23,429	0,361	1,171

Rezultati HAPIH-a za tovne svinje/nazimice ukazuju kako se najviše ZEN-a dnevno unosi krmnom smjesom za krmače i nazimice, krmnom smjesom za nazimice, krmnom smjesom za tov svinja, te smjesom za krmače i nazimice dok nakon smjesa slijedi kukuruz (tablica 24). Rezultati za izloženost po kilogramu tjelesne mase slijede vrijednosti dnevnog unosa. U rezultatima službenih kontrola, izloženost od kukuruza imala je najveću vrijednost, a smjese nakon njega. U tablici 24 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, koja osim što je bila najveća, kukuruz je bio zastupljen s najviše uzoraka (skoro duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). No za ovu vrstu i kategoriju životinja doprinos od smjesa, posebice krmne smjese za krmače i nazimice, za koju je prikupljeno 44 uzorka, ali i utjecaj ostalih smjesa bi mogao biti važniji.

Kada se uspoređuju ukupne izloženosti prema rezultatima službenih kontrola i HAPIH-a za dnevni unos, vrijednosti slične tj. kod LB i MB pristupa su niže prosječne vrijednosti za dnevni unos ZEN-a kod HAPIH-a (36,355; 41,553 µg u odnosu na 42,070; 42,927 µg kod službenih kontrola). Kod UB pristupa su vrijednosti službenih kontrola manje u odnosu na HAPIH-ove (43,791 prema 46,728).

Vrijednosti za dnevni unos ZEN-a i izloženost po kilogramu tjelesne mase za tovne svinje/nazimice, dobivene iz rezultata službenih kontrola su veće za kukuruz, a niže za smjese, dok je u rezultatima HAPIH-a situacija obrnuta. No kod smjesa iz rezultata HAPIH-a za koje je utvrđen najveći dnevni unos radi se o manjem broju uzoraka (svega 4 uzorka, a prosječni dnevni unos LB, MB, UB iznosi 143,093; 150,124; 157,156 µg). Kod druge dvije smjese dnevni je unos veći od unosa kukuruza, ali niži od unosa krmne smjese za krmače i nazimice. Visoke vrijednosti ZEN-a u krmnim smjesama upućuju na mogućnost da se u njihovoj proizvodnji koriste više kontaminirane sirovine, odnosno da se ne posvećuje dovoljna pažnja kontroli pojedinih komponenti smjese, te se koriste krmiva (kukuruz) koja su više kontaminirana, osobito u kategoriji tovnih svinja, kod kojih se može pretpostaviti da se potencijalna pojava kliničkih znakova izloženosti ZEN-u ne smatra uvijek značajnim proizvodnim problemom.

Tablica 24 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovne svinje/nazimice (na temelju rezultata HAPIH-a)

Tovne svinje/nazimice			Izloženost po danu (µg)		Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmiva/krmna smjesa	Broj uzoraka		Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	120	LB	10,596	26,535	0,106	0,265
		MB	13,564	26,535	0,136	0,265
		UB	16,533	26,535	0,165	0,265
Kukuruz	276	LB	43,354	240,864	0,434	2,409
		MB	49,467	240,864	0,495	2,409
		UB	55,581	240,864	0,556	2,409
Pšenica	27	LB	7,966	13,841	0,080	0,138
		MB	9,668	13,841	0,097	0,138
		UB	11,369	13,841	0,114	0,138

Tritikale	5	LB	15,943	24,750	0,159	0,248
		MB	18,006	24,750	0,180	0,248
		UB	20,068	24,750	0,201	0,248
Zob	3	LB	5,800	9,660	0,058	0,097
		MB	7,050	9,660	0,071	0,097
		UB	8,300	9,660	0,083	0,097
Krmna smjesa za krmače i nazimice	44	LB	72,153	190,303	0,722	1,903
		MB	79,184	190,303	0,792	1,903
		UB	86,215	190,303	0,862	1,903
Krmna smjesa za nazimice	4	LB	143,093	279,000	1,431	2,790
		MB	150,124	279,000	1,501	2,790
		UB	157,156	279,000	1,572	2,790
Krmna smjesa za tov svinja	3	LB	56,473	85,277	0,565	0,853
		MB	65,848	85,277	0,658	0,853
		UB	75,223	85,277	0,752	0,853
Smjesa za krmače i nazimice	6	LB	45,940	88,457	0,459	0,885
		MB	55,315	88,457	0,553	0,885
		UB	64,690	88,457	0,647	0,885
Ukupna izloženost	488	LB	36,355	159,564	0,364	1,596
		MB	41,553	159,564	0,416	1,596
		UB	46,728	159,564	0,467	1,596

Prema obradi HAPIH-ovih rezultata za tovnju janjad vidljivo je kako se najviše ZEN-a dnevno unosi TMR-om, kukuruznom silažom i kukuruzom, dok ostala krmiva imaju puno manji doprinos (tablica 25). Rezultati za izloženost po kilogramu tjelesne mase slijede vrijednosti dnevnog unosa. U tablici 25 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz TMR-a i kukuruzne silaže, a potom kukuruza, unatoč tome što nije bila najveća, ali je je imao najviše uzoraka (gotovo duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). U odnosu na broj uzoraka kukuruza, TMR je imao znatni manji broj uzoraka (12) dok je silaža cijele biljke kukuruza imala svega 3 uzorka. S obzirom na mali broj uzoraka ove hrane velike su i nesigurnosti prilikom donošenja zaključka o utjecaju na izloženost.

Ukupni prosječni dnevni unos je više od tri puta veći kod HAPIH-ovih rezultata nego što j je kod rezultata službenih kontrola. Osim što su vrijednosti za kukuruz slične, HAPIH ovi rezultati su veći kod ječma, pšenice, silaže, tritikalea i zobi.

Tablica 25 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu i krmnoj smjesi za tovnu janjad (na temelju rezultata HAPIH-a)

Tovna janjad			Izloženost po danu (µg)		Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmiva/krmna smjesa	Broj uzoraka		Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	120	LB	0,848	2,123	0,034	0,085
		MB	1,085	2,123	0,043	0,085
		UB	1,323	2,123	0,053	0,085
Kukuruz	276	LB	4,367	24,265	0,175	0,971
		MB	4,977	24,265	0,199	0,971
		UB	5,587	24,265	0,223	0,971
Pšenica	27	LB	0,910	1,582	0,036	0,063
		MB	1,105	1,582	0,044	0,063
		UB	1,299	1,582	0,052	0,063
Silaža cijele biljke kukuruza	3	LB	62,966	80,154	2,519	3,206
		MB	62,966	80,154	2,519	3,206
		UB	62,966	80,154	2,519	3,206
TMR	12	LB	519,268	1309,950	20,771	52,398
		MB	519,268	1309,950	20,771	52,398
		UB	519,268	1309,950	20,771	52,398
Tritikale	5	LB	1,082	1,680	0,043	0,067
		MB	1,222	1,680	0,049	0,067
		UB	1,362	1,680	0,054	0,067
Zob	3	LB	1,160	1,932	0,046	0,077
		MB	1,410	1,932	0,056	0,077
		UB	1,660	1,932	0,066	0,077
Ukupna izloženost	446	LB	17,401	32,470	0,696	1,299
		MB	17,857	32,470	0,714	1,299
		UB	18,313	32,470	0,733	1,299

Prema obradi HAPIH-ovih rezultata za tovne piliće vidljivo je kako se najviše ZEN-a dnevno unosi kukuruzom, dok ostala krmiva imaju puno manji doprinos (tablica 26). Rezultati za izloženost po kilogramu tjelesne mase slijede vrijednosti dnevnog unosa. U tablici 26 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, koja je bila najveća, dok je i bilo najviše uzoraka za kukuruz (gotovo duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). S obzirom na mali broj uzoraka tritikalea i zobi velike su i nesigurnosti prilikom donošenja zaključka o utjecaju na izloženost.

Ukupni prosječni dnevni unos je dva puta veći kod HAPIH-ovih rezultata nego što je kod rezultata službenih kontrola. Tome najviše doprinose vrijednosti za kukuruz koje su veće više od dva puta kod HAPIH-ovih rezultata, ali su veće i ostale vrijednosti za ječam, pšenicu, tritikale i zob.

Tablica 26 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu za tovne piliće (na temelju rezultata HAPIH-a)

Tovni pilići			Izloženost po danu (μg)		Izloženost po kilogramu tjelesne mase ($\mu\text{g}/\text{kg t.m.}$)	
Krmivo	Broj uzoraka		Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	120	LB	0,283	0,708	0,141	0,354
		MB	0,362	0,708	0,181	0,354
		UB	0,441	0,708	0,220	0,354
Kukuruz	276	LB	1,606	8,921	0,803	4,460
		MB	1,834	8,921	0,917	4,460
		UB	2,060	8,921	1,030	4,460
Pšenica	27	LB	0,379	0,659	0,190	0,330
		MB	0,460	0,659	0,230	0,330
		UB	0,541	0,659	0,271	0,330
Tritikale	5	LB	0,097	0,150	0,048	0,075
		MB	0,109	0,150	0,055	0,075
		UB	0,122	0,150	0,061	0,075
Zob	3	LB	0,097	0,161	0,048	0,081
		MB	0,118	0,161	0,059	0,081
		UB	0,138	0,161	0,069	0,081
Ukupna izloženost	431	LB	1,132	4,601	0,566	2,300
		MB	1,306	4,601	0,653	2,300
		UB	1,478	4,601	0,739	2,300

Prema obradi HAPIH-ovih rezultata za tovne purane vidljivo je kako se najviše ZEN-a dnevno unosi kukuruzom, dok ostala krmiva imaju puno manji doprinos (tablica 27). Rezultati za izloženost po kilogramu tjelesne mase slijede vrijednosti dnevnog unosa. U tablici 27 prikazana „ukupna izloženost“ predstavlja prosječne vrijednosti svih utvrđenih izloženosti, i za očekivati je da je na njezin iznos najviše utjecala vrijednost ZEN-a iz kukuruza, koja je bila najveća, dok je i bilo najviše uzoraka za kukuruz (gotovo duplo od svih ostalih uzoraka zajedno). S obzirom na mali broj uzoraka tritikalea i zobi velike su i nesigurnosti prilikom donošenja zaključka o utjecaju na izloženost.

Ukupni prosječni dnevni unos je nešto manji kod HAPIH-ovih rezultata nego što je kod rezultata službenih kontrola. Vrijednosti za kukuruz koje su veće kod rezultata službenih kontrola, ali su ostale vrijednosti za ječam, pšenicu, tritikale i zob veće u HAPIH-ovim rezultatima.

Tablica 27 Prikaz rezultata izloženosti ZEN-u ovisno o krmivu za tovne purane (na temelju rezultata HAPIH-a)

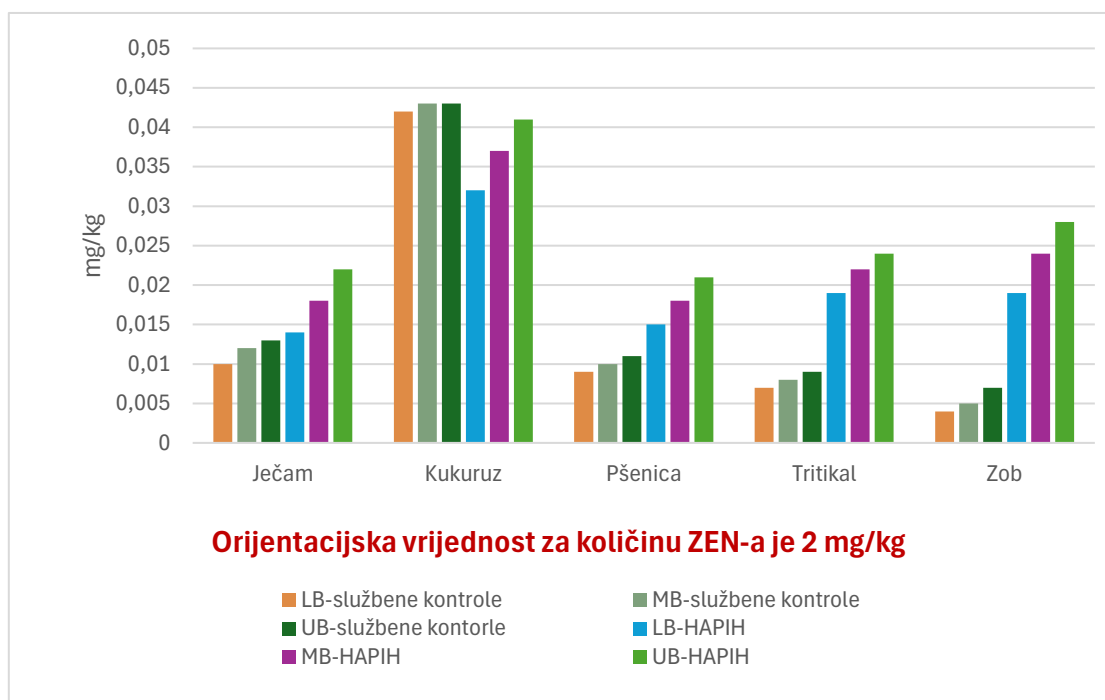
Tovni purani			Izloženost po danu (µg)		Izloženost po kilogramu tjelesne mase (µg/kg t.m.)	
Krmivo	Broj uzoraka		Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila	Prosječna vrijednost	Vrijednost 95. percentila
Ječam	120	LB	0,486	1,216	0,040	0,101
		MB	0,622	1,216	0,052	0,101
		UB	0,758	1,216	0,063	0,101
Kukuruz	276	LB	4,496	24,978	0,375	2,082
		MB	5,134	24,978	0,428	2,082
		UB	5,768	24,978	0,481	2,082
Pšenica	27	LB	0,778	1,351	0,065	0,113
		MB	0,944	1,351	0,079	0,113
		UB	1,110	1,351	0,092	0,113
Tritikale	5	LB	0,266	0,413	0,022	0,034
		MB	0,300	0,413	0,025	0,034
		UB	0,334	0,413	0,028	0,034
Zob	3	LB	0,266	0,443	0,022	0,037
		MB	0,323	0,443	0,027	0,037
		UB	0,380	0,443	0,032	0,037
Ukupna izloženost	431	LB	3,068	12,882	0,256	1,073
		MB	3,526	12,882	0,294	1,073
		UB	3,981	12,882	0,332	1,073

3.4. Karakterizacija rizika

Vrijednosti koje su dobivene izračunima u ovom mišljenju na temelju rezultata analiza provedenih na krmivima i krmni smjesama u promatranom razdoblju uspoređene su s vrijednostima koje su navedene u pravnom okviru kao „orijentacijske vrijednosti“ (Narodne novine, broj 102/16.) u Tablicama 28 i 29. Orijetacijske vrijednosti navedene su za mikotoksin i za kategoriju hrane. U Tablici 28 prosječne vrijednosti kontaminacije krmiva i krmnih smjesa za rezultate službenih kontrola, prikazane za prosječnu i najveću vrijednost za UB pristup, osjetno su niže u odnosu na orijentacijske vrijednosti. Isti se zaključak može donijeti i za vrijednosti kontaminacije krmiva i krmnih smjesa za rezultate prikupljene u okviru Mjere 14 – Dobrobit životinja i Intervencije 70.06. AEC Plaćanja za dobrobit životinja, gdje su vrijednosti isto niže od orijentacijskih vrijednosti. Ovo se odnosi i na najveće utvrđene količine ZEN-a u krmivima i krmnim smjesama (Tablice 28 i 29).

Na slici 1 prikazane su prosječne vrijednosti kontaminacije za LB, MB i UB pristup za krmiva i krmne smjese koje su uzorkovane u okviru službenih kontrola i onih koje su analizirane u HAPIH-u za ona krmiva čiji su uzorci uzorkovani u oba slučaja. Prikazano je pet krmiva koji su se mogli uspoređivati kod uzoraka prikupljenih u okviru službenih kontrola i HAPIH-a: ječam, kukuruz, pšenica, tritikale i zob. Hrana za životinje koja je bila u obliku smjesa se nije mogla uspoređivati,

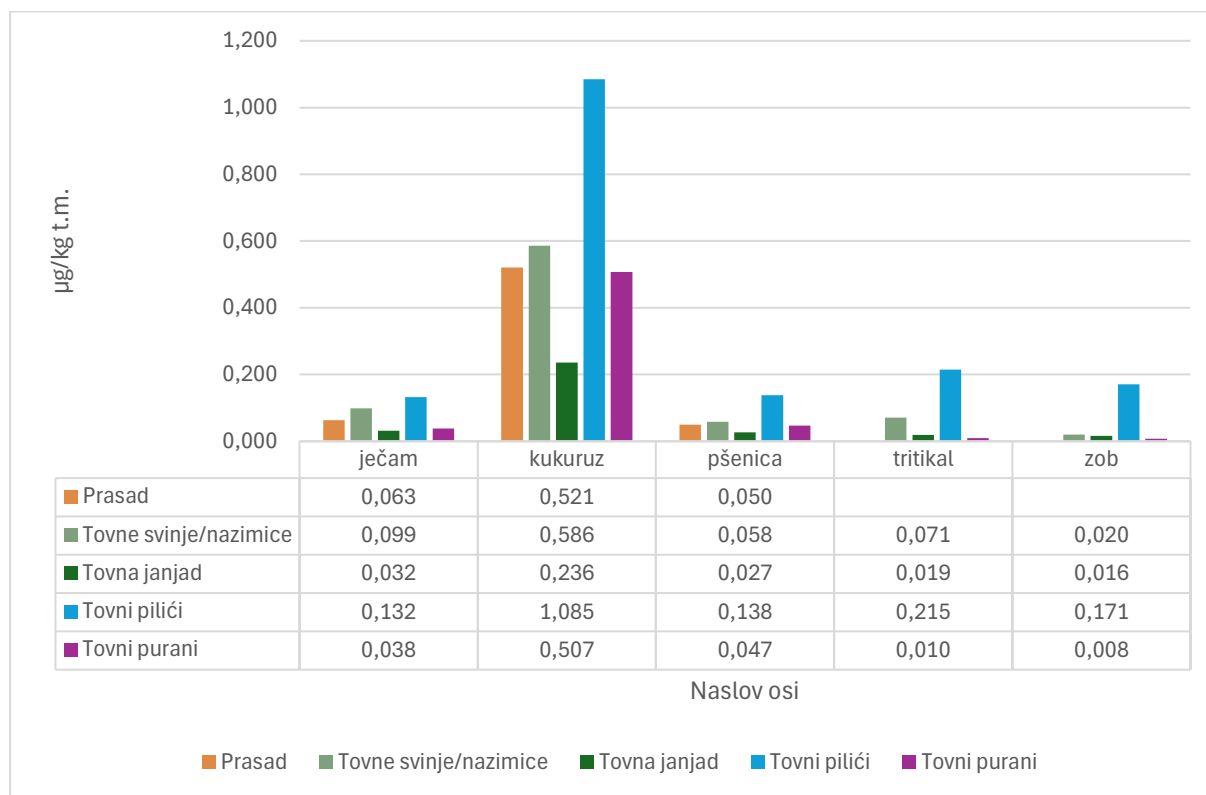
jer nije bilo podataka o sastavu smjesa. Iz slike je vidljivo da su rezultati za promatrano razdoblje od pet godina slični, ali da razlika postoji. Ta razlika, izražena kao udio, može na prvi pogled djelovati značajno (ječam oko 50 %, kukuruz oko 20 %, pšenica oko 80 %, tritikale oko 25 %, zob oko 400 %); međutim, s obzirom na to da je riječ o niskim apsolutnim koncentracijama, uočene razlike uglavnom ostaju na istoj razini, izuzev zobi, što upućuje na to da se takva odstupanja mogu smatrati prihvatljivima, odnosno nisu značajna. Najmanja razlika prisutna je za kukuruz koji je u oba slučaja imao najveći broj uzoraka i koji se smatra najvažnijom komponentom u hranidbi promatranih vrsta životinja. Poznato je da na prisutnost mikotoksina u krmivima utječe više čimbenika, razlike koje su nastale u usporedbi rezultata mogu se objasniti uzorkovanjem u različitim dijelovima zemlje, kao i uskladištenju u različitim uvjetima skladištenja. No ono što je važno za tumačenje rezultata vezanih za karakterizaciju rizika je, da će na izloženost iste vrste i kategorije životinja, veći utjecaj imati ista kategorija hrana ako je u njoj utvrđena i veća količina mikotoksina ZEN-a. Ovo je bitno kod usporedbe rezultata za krmiva čiji su uzorci prikupljeni u okviru službenih kontrola i za potrebe Mjere 14. Rezultati za izloženost kukuruza veći su u slučaju korištenja rezultata službenih kontrola, dok su za ječam, pšenicu, tritikale i zob veći u slučaju rezultata iz HAPIH-a.



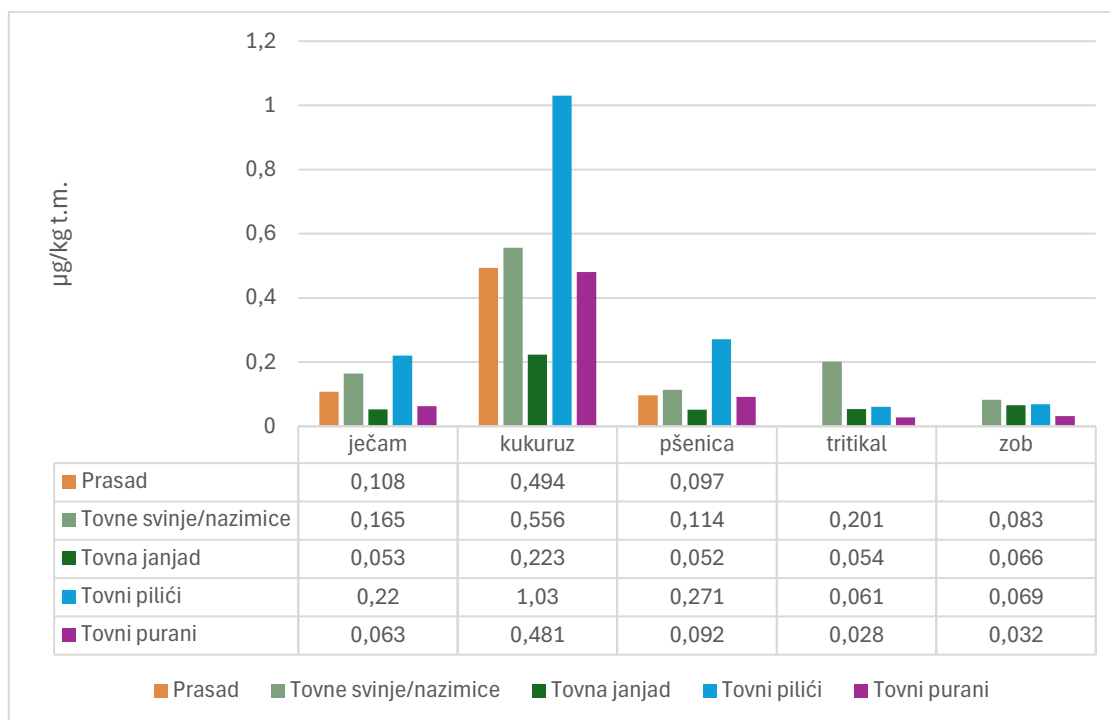
Slika 1 Usporedba prosječnih vrijednosti količina ZEN-a u krmivima i usporedba s propisanim orijentacijskim vrijednostima

Na slikama 2 i 3 prikazane su usporedne vrijednosti izloženosti vrsta i kategorija životinja prema krmivima, za izloženost po kilogramu tjelesne mase prema rezultatima službenih kontrola (Slika 2) i HAPIH-a (Slika 3). Ako se usporede sa Slikom 1, može se vidjeti da je izloženost koja dolazi iz kukuruza, najveća i u slučaju službenih kontrola i rezultata HAPIH-a. Izloženost ostalim krmivima koji se uspoređuju je manja, a manja je i u odnosu na kontaminaciju. Jer dok je kukuruz više

kontaminiran od ječma, pšenice, tritikalea i zobi 2-4 puta, izloženost kukuruzu je 5-10 puta veća kod rezultata službenih kontrola i HAPIH-a.



Slika 2 Usporedba izloženosti prosječnih vrijednosti ZEN-u za krmiva smjesa prema vrsti i kategoriji životinja za rezultate službenih kontrola za UB pristup



Slika 3 Usporedba izloženosti prosječnih vrijednosti ZEN-u za krmiva prema vrsti i kategoriji životinja za rezultate HAPIH-a za UB pristup

Tablica 28 Usporedba orijentacijskih vrijednosti pojedinih krmiva s vrijednostima količina utvrđenim u istim krmivima u petogodišnjem razdoblju (za rezultate službenih kontrola)

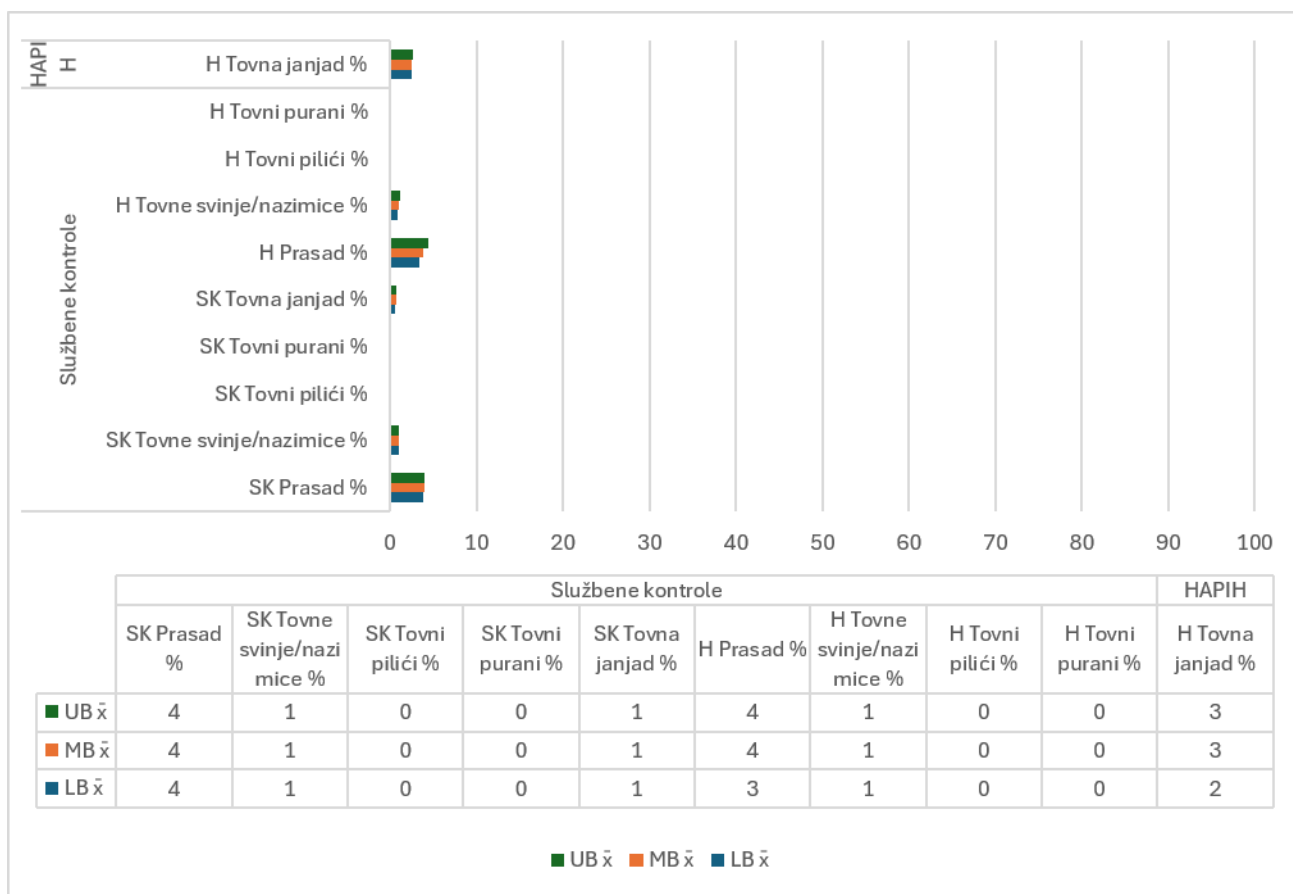
Krmivo/krmna smjesa	Orijentacijske vrijednosti (mg/kg)	Količina (mg/kg)	
		Prosječne vrijednosti	Maksimum
Ječam	2	0,013	0,201
Kukuruz	2	0,043	1,240
Pšenica	2	0,011	0,136
Pšenične posije	2	0,017	0,064
Tritikale	2	0,090	0,027
Zob	2	0,007	0,023
Krmna smjesa za odojke/prasad	0,1	0,037	0,148
Dopunska krmna smjesa za tovne svinje	0,25	0,019	0,113
Potpuna krmna smjesa za tovne svinje	0,25	0,024	0,124

Tablica 29 Usporedba orijentacijskih vrijednosti pojedinih krmiva i krmnih smjesa s vrijednostima količina utvrđenim u istoj hrani u petogodišnjem razdoblju (za rezultate HAPIH-a)

Krmivo/krmna smjesa	Orijentacijske vrijednosti (mg/kg)	Količina (mg/kg)	
		Prosječne vrijednosti	Maksimum
Ječam	2	0,022	0,076
Kukuruz	2	0,041	0,665
Pšenica	2	0,021	0,034
TMR (potpuno izmiješani obrok)	2	0,346	1,035
Tritikale	0,5	0,024	0,031
Zob	2	0,028	0,033
Krmna smjesa za prasad	0,1	0,036	0,070
Krmna smjesa za krmače i nazimice	0,25	0,039	0,094

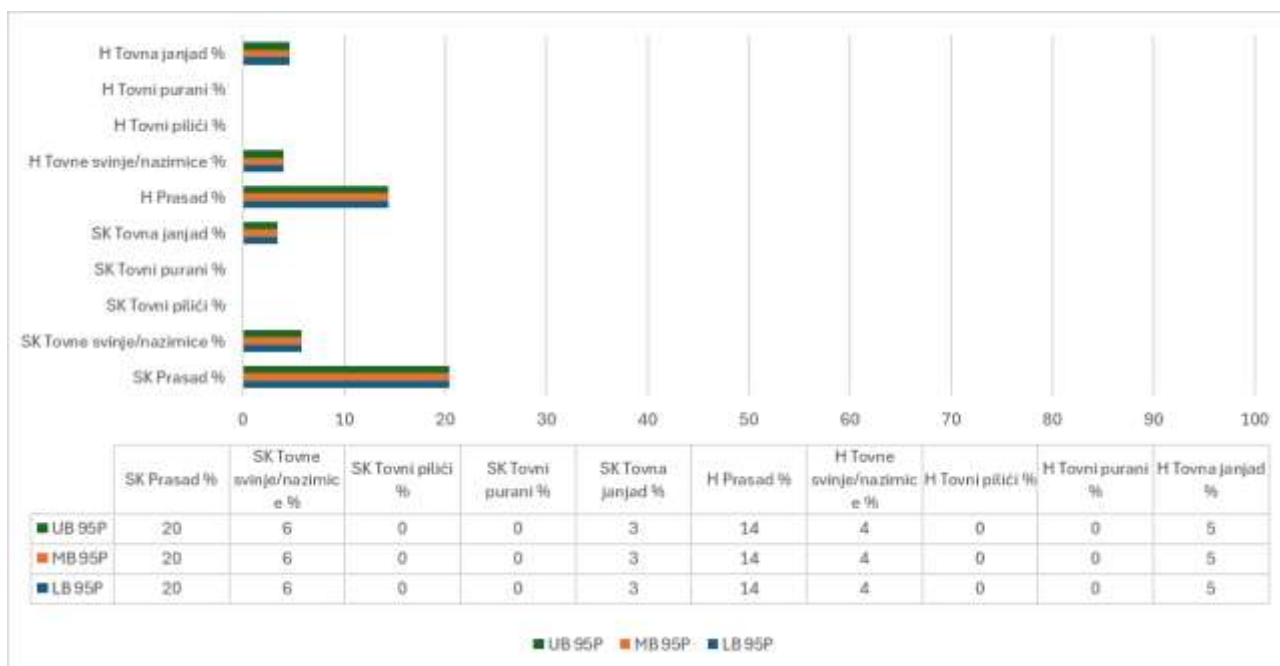
Ako se usporede prosječne vrijednosti rezultata službenih kontrola (Tablica 30) i HAPIH-a (Tablica 31) za vrstu i kategoriju životinja prema NOAEL vrijednosti može se zaključiti kako niti jedna od promatranih kategorija i vrsta životinja nije u riziku od izloženosti ZEN-u niti u jednom pristupu kod prosječnih vrijednosti, ali niti kod vrijednosti 95. percentila.

Na slikama 4 i 5 udio izloženosti za pojedine kategorije prikazan je kao postotak. Za prosječne vrijednosti izloženosti udjeli su gotovo isti kod službenih kontrola i HAPIH-a za sve vrste i kategorije životinja, u kojima se kreću od 0 do 4 %. Vrijednosti na 95 percentilu se nešto razlikuju, osim za tovne piliće i purane gdje je udio 0 (nula). Za prasad udio je veći kod rezultata službenih kontrola (20 % u odnosu na 14 %), tovne svinje/nazimice (6 % u odnosu na 4%), dok je za tovu janjad veći kod rezultata HAPIH-a (5 % u odnosu na 3 %). No i dalje se može zaključiti kako izloženost promatranih vrsta i kategorija životinja u promatranom petogodišnjem razdoblju nije u riziku od povećane izloženosti ZEN-u hranom.



$\bar{x}$ - prosječna vrijednost; H – HAPIH; SK- službene kontrole; 100% = NOAEL vrijednost

Slika 4 Prikaz udjela izloženost kategorija i vrsta životinja ZEN-u za prosječne vrijednosti izloženosti u odnosu na NOAEL vrijednost



$\bar{x}$ - prosječna vrijednost; H – HAPIH; SK- službene kontrole; 100% = NOAEL vrijednost

Slika 5 Prikaz udjela izloženost kategorija i vrsta životinja ZEN-u za vrijednosti izloženosti 95. percentila u odnosu na NOAEL vrijednost

Tablica 30 Usporedba dobivenih vrijednosti izloženosti s vrijednostima za NOAEL za promatrane vrste životinja (za rezultate službenih kontrola)

Vrsta životinja	NOAEL ($\mu\text{g/kg t.m.}$ dnevno)	Izloženost ($\mu\text{g/kg t.m. dnevno}$)					
		Prosječne vrijednosti			Vrijednost 95. percentila		
		LB	MB	UB	LB	MB	UB
Prasad	10,4	0,404	0,412	0,420	2,120	2,120	2,120
Tovne svinje/nazimice	40	0,421	0,429	0,438	2,303	2,303	2,303
Tovni pilići	7500	0,855	0,872	0,890	4,596	4,596	4,596
Tovni purani	9100	0,380	0,388	0,395	2,053	2,053	2,053
Tovna janjad	28	0,183	0,187	0,191	0,965	0,965	0,965

Tablica 31 Usporedba dobivenih vrijednosti izloženosti s vrijednostima za NOAEL za promatrane vrste životinja (za rezultate HAPIH-a)

Vrsta životinja	NOAEL ($\mu\text{g/kg t.m.}$ dnevno)	Izloženost ($\mu\text{g/kg t.m. dnevno}$)					
		Prosječne vrijednosti			Vrijednost 95. percentila		
		LB	MB	UB	LB	MB	UB
Prasad	10,4	0,351	0,405	0,458	1,495	1,495	1,495
Tovne svinje/nazimice	40	0,364	0,416	0,468	1,596	1,596	1,596
Tovni pilići	7500	0,566	0,653	0,739	2,300	2,300	2,300
Tovni purani	9100	0,256	0,294	0,332	1,073	1,073	1,073
Tovna janjad	28	0,696	0,714	0,733	1,299	1,299	1,299

4. Analiza nesigurnosti

U analiziranim skupovima podataka uočen je relativno visok udio LC rezultata, odnosno vrijednosti ispod granice kvantifikacije. Udio takvih podataka pokazao je znatnu varijabilnost: u službenim kontrolama iznosio je do približno 70 %, dok je u podacima HAPIH-a u pojedinim kategorijama dosezao i do 80 %.

Razlike u prosječnim vrijednostima, osobito slučajevi u kojima je primjenom gornje granice (UB) procijenjena viša izloženost ZEN-u u podacima HAPIH-a, posljedica su nesigurnosti povezanih s primjenom pristupa donje (LB), srednje (MB) i gornje granice (UB). Ovi pristupi, zbog različitog načina tretiranja rezultata ispod granice kvantifikacije, značajno utječu na procjenu izloženosti kada je udio LC podataka visok.

Može se pretpostaviti da su kukuruzna silaža i sjenaža također mogle doprinijeti ukupnoj izloženosti zbog povišenih razina kontaminacije ZEN-om. Međutim, zbog malog broja dostupnih uzoraka ovih vrsta hrane, nesigurnosti pri donošenju takvih zaključaka ostaju znatne.

5. Zaključci

Rezultati praćenja ZEN-a u krmivima i krmnim smjesama tijekom petogodišnjeg razdoblja (2020.–2024.) upućuju na to da su utvrđene količine ZEN-a u uzorcima prikupljenima u okviru službenih kontrola, kao i u uzorcima uzorkovanim za potrebe provedbe Mjere 14 – Dobrobit životinja i Intervencije 70.06. AEC Plaćanja za dobrobit životinja (analiziranim u HAPIH-u), niže od orijentacijskih vrijednosti propisanih Pravilnikom o sigurnosti hrane za životinje („Narodne novine“, broj 102/16).

U obje skupine rezultata uočen je veći udio LC podataka, odnosno podataka čiji su rezultati ispod granice kvantifikacije i čija je vrijednost nula (0). Udio LC podataka u rezultatima službenih kontrola kretao se od 22,23 % (dopunska smjesa za odojke, SO-DO) do 70,59 % (zob), dok su prosječne vrijednosti po vrsti životinje, ovisno o obuhvaćenim krmivima i krmnim smjesama, iznosile oko 50 %. Udio LC podataka za rezultate analizirane u HAPIH-u kretao se od 0 % (silaža cijele biljke kukuruza i TMR) do 80 % (tritikale), dok su prosječne vrijednosti po vrsti životinje iznosile oko 34 %.

Dio rezultata morao je biti isključen iz obrade jer se iz naziva hrane za životinje nije moglo nedvojbeno utvrditi o kojoj se krmivu i/ili krmnoj smjesi radi (za rezultate službenih kontrola najviše je korišteno 78 % podataka ([Tablica 2 i Tablica 4](#))), a za HAPIH-ove podatke 72 % podataka ([Tablica 3 i Tablica 5](#)). Također, za kategorije u kojima tijekom pet godina nisu analizirana više od tri uzorka, preporučuje se planirati najmanje tri uzorka godišnje za istu kategoriju hrane.

Uočene razlike u procjeni izloženosti, pri čemu jedan skup podataka potječe iz službenih kontrola, a drugi iz HAPIH-a, mogu se djelomično objasniti pretpostavkom o sličnom zemljopisnom podrijetlu uzoraka s obzirom na to da su klimatski uvjeti, koji uvelike utječu na pojavu mikotoksina, najčešće povezani s užim geografskim područjima. Primjerice, moguće je da je veći broj „kontaminiranih“ uzoraka slučajno analiziran u HAPIH-u zbog bolje informiranosti i

organiziranosti poljoprivrednika u pojedinim županijama u vezi s ostvarivanjem prava iz Mjere 14 i intervencije MPŠR 70.06. . S druge strane, moguće je da su u nekim županijama inspektori, u međusobnoj komunikaciji, nakon uočavanja povišenih razina kontaminacije usmjeravali uzorkovanje prema sumnjivijim uzorcima, koji su potom analizirani kao službeni uzorci u HVI-u.

U ovom znanstvenom mišljenju uočene razlike u procjeni izloženosti ZEN-u nemaju značajan utjecaj, budući da niti u jednom slučaju procijenjene vrijednosti izloženosti ne prelaze toksikološke referentne vrijednosti koje je utvrdila EFSA (EFSA, 2017.). Međutim, u drugim situacijama uravnoteženost uzoraka i poznato regionalno podrijetlo mogli bi biti ključni za pravilno tumačenje rezultata, osobito kada su procijenjene vrijednosti bliže toksikološkim granicama.

Valja naglasiti da je procjena izloženosti domaćih životinja (prasadi, nazimica, tovne janjadi, tovnih pilića i tovnih purana) ograničena neujednačenom zastupljenošću različitih krmiva i krmnih smjesa. Dok su za osnovne komponente obroka poput kukuruza, ječma i pšenice dostupni brojni podaci, za pojedine kategorije krmiva broj analiziranih uzoraka bio je znatno manji, osobito za krmne smjese koje su u nekim slučajevima bile zastupljene vrlo malim brojem uzoraka. Takva neravnoteža može utjecati na reprezentativnost i pouzdanost procjene izloženosti, budući da krmne smjese često čine ključni dio hranidbe navedenih kategorija životinja. Stoga dobivene rezultate treba tumačiti s oprezom te naglasiti potrebu za proširenjem programa uzorkovanja, osobito u segmentu krmnih smjesa, kako bi se omogućila robusnija i preciznija procjena rizika u budućnosti.

Izloženost ZEN-u, u usporedbi s toksikološkim NOAEL vrijednostima, u ovom je mišljenju znatno niža od graničnih vrijednosti, kako za podatke iz službenih kontrola, tako i za podatke HAPIH-a. Općenito, razlike između dvaju skupova podataka nisu velike, premda su procijenjene vrijednosti izloženosti uglavnom više u rezultatima službenih kontrola, osim za janjad. Neznatnost razlika potvrđuje i činjenica da se, ovisno o pristupu (LB, MB ili UB), za istu vrstu i kategoriju životinje ponekad izmjenjuje redoslijed veće i manje izloženosti. Također, vrijednosti 95. percentila u pravilu su više u rezultatima službenih kontrola, osim za janjad.

Za prasad (Tablice 30 i 31) prosječna izloženost ZEN-u u rezultatima službenih kontrola neznatno je viša nego u HAPIH-ovim rezultatima (0,412 u odnosu na 0,405 µg/kg t.m.). Kod LB pristupa razlika je izraženija (0,401 u odnosu na 0,351 µg/kg t.m.), dok je kod UB pristupa viša izloženost zabilježena u HAPIH-ovim rezultatima (0,548 u odnosu na 0,420 µg/kg t.m.). Vrijednosti 95. percentila iznose 2,21 µg/kg t.m. za službene kontrole te 1,495 µg/kg t.m. za HAPIH.

Za tove svinje/nazimice prosječna izloženost u rezultatima službenih kontrola neznatno je viša za LB i MB pristup (0,421 u odnosu na 0,364 µg/kg t.m. te 0,429 u odnosu na 0,416 µg/kg t.m.), dok je kod UB pristupa neznatno viša u HAPIH-ovim rezultatima (0,468 u odnosu na 0,438 µg/kg t.m.). Vrijednosti 95. percentila iznose 2,303 µg/kg t.m. za službene kontrole i 1,596 µg/kg t.m. za HAPIH.

Za tovne piliće prosječna izloženost u rezultatima službenih kontrola viša je za sva tri pristupa (0,855; 0,872; 0,890 µg/kg t.m.) u odnosu na HAPIH (0,566; 0,653; 0,739 µg/kg t.m.), a vrijednosti 95. percentila iznose 4,596 µg/kg t.m. naspram 2,300 µg/kg t.m.

Za tovne purane također je zabilježena viša izloženost u rezultatima službenih kontrola (0,380; 0,388; 0,395 µg/kg t.m.) u odnosu na HAPIH (0,256; 0,294; 0,332 µg/kg t.m.), uz vrijednosti 95. percentila od 2,053 µg/kg t.m. i 1,073 µg/kg t.m.

Za tovnu janjad situacija je obrnuta – prosječna izloženost iz HAPIH-ovih rezultata osjetno je viša (0,696; 0,714; 0,733 µg/kg t.m.) u odnosu na rezultate službenih kontrola (0,183; 0,187; 0,191 µg/kg t.m.). Također, vrijednosti 95. percentila više su u HAPIH-ovim rezultatima (1,299 µg/kg t.m.).

Usporedba vrijednosti prosječnih izloženosti s NOAEL vrijednostima koje je odredila EFSA pokazuje da vrijednosti prosječnih vrijednosti čine od 0 % do najviše 20 % NOAEL vrijednosti. Na temelju toga može se zaključiti da je rizik od izloženosti ZEN-u za prasad, tovne svinje/nazimice, tovnu janjad, tovne piliće i tovne purane u promatranom petogodišnjem razdoblju nizak. Unatoč tomu, s obzirom na neizbježnu prisutnost plijesni u krmivima i nepredvidivost produkcije mikotoksina, uključujući ZEN, potrebno je nastaviti s praćenjem kontaminacije hrane za životinje te dodatno unaprijediti programe praćenja.

S obzirom na rezultate koji ukazuju na nisku izloženost ZEN-u u praćenim kategorijama i vrstama životinja, kao i na nizak prijenos (carry-over) ZEN-a u mišićno tkivo, prema mišljenju EFSA-e (2017) može se očekivati vrlo niska, pa čak i ispod granice detekcije, prisutnost ZEN-a i njegovih metabolita u mesu. Slijedom toga, pod pretpostavkom da se takve životinje koriste u prehrani ljudi, može se zaključiti da je potencijalni štetni učinak na zdravlje potrošača zanemariv sa stajališta sigurnosti hrane.

6. Preporuke

Na temelju dobivenih rezultata, predlažu se sljedeće preporuke:

- Unaprijediti planiranje uzorkovanja

Potrebno je osigurati ujednačeniju i reprezentativniju zastupljenost uzoraka svih kategorija hrane za životinje, osobito krmnih smjesa koje čine značajan dio obroka. Za kategorije s nedostatnim brojem podataka preporučuje se planirati najmanje tri uzorka godišnje po istoj kategoriji hrane (vidi [Tablica 2](#) i [Tablica 4](#))

- Standardizirati klasifikaciju uzoraka

Kako bi se izbjeglo isključivanje podataka iz analize, nužno je unaprijediti način označavanja i opisivanja uzoraka hrane za životinje, uz jasno definirane kategorije i jedinstvenu nomenklaturu (Tablica 32 i Tablica 33).

- Smanjiti udio lijevo cenzuriranih podataka

Preporučuje se primjena analitičkih metoda s nižim granicama kvantifikacije gdje god je to tehnički izvedivo, kako bi se smanjio udio LC podataka i povećala preciznost procjene izloženosti.

- Uključiti prostornu (geografsku) komponentu u analize

Buduća istraživanja trebala bi sustavno uključivati podatke o zemljopisnom podrijetlu uzoraka, budući da klimatski i okolišni uvjeti imaju značajan utjecaj na pojavu mikotoksina. To bi omogućilo preciznije tumačenje rezultata i identifikaciju rizičnih područja.

- Poboljšati koordinaciju između sustava uzorkovanja

Preporučuje se jačanje koordinacije između službenih kontrola i drugih sustava prikupljanja podataka (npr. HAPIH), kako bi se osigurala bolja usporedivost rezultata i smanjila potencijalna pristranost uzorkovanja.

- Nastaviti i proširiti sustavno praćenje ZEN-a

Iako su utvrđene razine izloženosti niske i ispod toksikoloških referentnih vrijednosti, kontinuirano praćenje ostaje nužno zbog prirodne prisutnosti plijesni i varijabilnosti proizvodnje mikotoksina (zbog temperature, vlažnosti zraka, načina skladištenja, genetske predispozicije plijesni i ostalog).

- Fokusirati se na ključne komponente obroka i ukupnu izloženost

Uz praćenje pojedinačnih krmiva, preporučuje se veći naglasak staviti na procjenu izloženosti putem stvarnih obroka (npr. TMR), jer oni bolje odražavaju stvarni unos ZEN-a kod životinja.

- Redovito revidirati procjenu rizika

Procjene izloženosti i rizika potrebno je periodično ažurirati novim podacima, uz uvažavanje promjena u klimatskim uvjetima, poljoprivrednim praksama i dostupnosti krmiva.

➤ Jačati informiranost dionika

Nastaviti s informiranjem i edukacijom poljoprivrednika i drugih dionika o važnosti kontrole mikotoksina, osobito u kontekstu mjera potpore i dobrobiti životinja.

➤ Sigurnost korištenja životinja kao hrane za ljude (*carry over*)

Preporučuje se kontinuirano praćenje razina ZEN-a u stočnoj hrani i životinjskim proizvodima kako bi se pravovremeno uočile eventualne promjene i osigurala visoka razina sigurnosti hrane.

7. Literatura

- Abramson, D. (1998). Mycotoxin formation and environmental factors. In: Sinha, K. K., & Bhatnagar, D. (Eds.), *Mycotoxins in Agriculture and Food Safety* (pp. 255–277). Marcel Dekker, New York.
- Alexander, J., Autrup, H., Bard, D., et al. (2004). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to zearalenone as undesirable substance in animal feed. *EFSA Journal*, 89, 1–35.
- Allen, N. K., Aakhus-Allen, S., & Mirocha, C. J. (1980). Effect of zearalenone on reproduction of chickens. *Poultry Science*, 59, 1577.
- Allen, N. K., Mirocha, C. J., Weaver, G., Aakhus-Allen, S., & Bates, F. (1981). Effects of dietary zearalenone on finishing broiler chickens and young turkey poults. *Poultry Science*, 60, 124–131.
- Andretta, I., Kipper, M., Lehnen, C. R., Hauschild, L., Vale, M. M., & Lovatto, P. A. (2011). Meta-analysis of productive performance of broiler chickens challenged with mycotoxins. *Poultry Science*, 91, 376–382.
- Bennett, J. W., & Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(3), 497–516. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.497-516.2003>
- Berger, T., Esbenshade, K. L., Diekman, M. A., Hoagland, T., & Tuite, J. (1981). Influence of prepubertal consumption of zearalenone on sexual development of boars. *Journal of Animal Science*, 53, 1599–1563.
- Betina, V. (1989). Zearalenone and its derivatives. In: *Mycotoxins – Bioactive molecules* (Vol. 9, pp. 271–281). Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo.
- Bickoff, E. M., Livingston, A. L., & Booth, A. N. (1960). Estrogenic activity of coumestrol and related compounds. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 88, 262–266.
- Binder, S. B., Schwartz-Zimmermann, H. E., Varga, E., Bichl, G., Michlmayr, H., Adam, G., & Berthiller, F. (2017). Metabolism of zearalenone and its major modified forms in pigs. *Toxins*, 9, 56. <https://doi.org/10.3390/toxins9020056>
- Blaney, B. J., Bloomfield, R. C., & Moore, C. J. (1984). Zearalenone intoxication in pigs. *Australian Veterinary Journal*, 61, 24–27.
- Bloomquist, C., Davidson, J. N., & Pearson, E. G. (1982). Zearalenone toxicosis in prepubertal dairy heifers. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 180, 164–165.
- Braden, A. W. H., Hart, N. K., & Lamberton, J. A. (1967). The estrogenic activity and metabolism of certain isoflavones in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 18, 335–348.
- Bryden, W. L. (2012). Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*, 173(1–2), 134–158. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.014>

- Cantley, T. C., Redmer, D. A., Osweiler, G. D., & Day, B. N. (1982). Effect of zearalenone mycotoxin on luteal function in gilts. *Journal of Animal Science*, 55, 104.
- Cheng, Q., Jiang, S. Z., Li, S. Q., Wang, Y. X., Zhang, C. Y., & Yang, W. R. (2017). Effects of low-dose zearalenone-contaminated diets with or without montmorillonite clay adsorbent on nutrient metabolic rates, serum enzyme activities, and genital organs of growing-laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 26, 367–375.
- Chi, M. S., Mirocha, C. J., Kurtz, H. J., Weaver, G. A., Bates, F., Robison, T., & Shimoda, W. (1980a). Effect of dietary zearalenone on growing broiler chicks. *Poultry Science*, 59, 531–536.
- Chi, M. S., Mirocha, C. J., Weaver, G. A., & Kurtz, H. J. (1980b). Effect of zearalenone on female White Leghorn chickens. *Applied and Environmental Microbiology*, 39, 1026–1030.
- Coppock, R. W., Mostrom, M. S., Sparling, C. G., Jacobsen, B., & Ross, S. C. (1990). Apparent zearalenone intoxication in dairy herd from feeding spoiled acid-treated corn. *Veterinary and Human Toxicology*, 32, 246–248.
- Dacasto, M., Rolando, P., Nachtmann, C., Ceppa, L., & Nebbia, C. (1995). Zearalenone mycotoxicosis in piglets suckling sows fed contaminated grain. *Veterinary and Human Toxicology*, 37, 359–366.
- Dailey, R. E., Reese, R. E., & Brouwer, E. A. (1980). Metabolism of [¹⁴C] zearalenone in laying hens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 286–291.
- Dänicke, S., Ueberschär, K. H., Halle, I., Matthes, S., Valenta, H., & Flachowsky, G. (2002). Effect of addition of a detoxifying agent to laying hen diets containing uncontaminated or *Fusarium* toxin-contaminated maize on performance of hens and on carryover of zearalenone. *Poultry Science*, 81, 1671–1680.
- Devreese, M., Antonissen, G., Broekaert, N., De Baere, S., Vanhaecke, L., De Backer, P., & Croubels, S. (2015). Comparative toxicokinetics, absolute oral bioavailability, and biotransformation of zearalenone in different poultry species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 5092–5098.
- Diekman, M. A., & Green, M. L. (1992). Mycotoxins and reproduction in domestic livestock. *Journal of Animal Science*, 70, 1615–1625.
- Döll, S., Dänicke, S., Ueberschär, K. H., Valenta, H., Schnurrbusch, U., Ganter, M., Klobasa, F., & Flachowsky, G. (2003). Effects of graded levels of *Fusarium* toxin contaminated maize in diets for female weaned piglets. *Archiv für Tierernährung*, 57, 311–334.
- Domaćinović, M., Antunović, Z., Džomba, E., Opačak, A., Baban, M., & Mužić, S. (2015). Specijalna hranidba domaćih životinja. Poljoprivredni fakultet Osijek.
- Duraković, S., & Duraković, L. (2003). Mikologija u biotehnologiji. Kugler, Zagreb.

- Dänicke, S., & Winkler, J. (2015). Invited review: Diagnosis of zearalenone (ZEN) exposure of farm animals and transfer of its residues into edible tissues (carry over). *Food and Chemical Toxicology*, 84, 225–249.
- Edwards, S., Cantley, T. C., Rottinghaus, G. E., Osweiler, G. D., & Day, B. N. (1987a). The effects of zearalenone on reproduction in swine. 1. The relationship between ingested zearalenone dose and anestrus in nonpregnant, sexually mature gilts. *Theriogenology*, 28, 43–49.
- EFSA (2004). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain related to zearalenone as undesirable substance in animal feed. European Food Safety Authority. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.89>
- EFSA (2010). Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *EFSA Journal*, 8, 1557.
- EFSA (2011). Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of zearalenone in food. *EFSA Journal*, 9, 2197.
- EFSA (2017). Risks for animal health related to the presence of zearalenone and its modified forms in feed. *EFSA Journal*, 15(7), 4851. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4851>
- EFSA CONTAM Panel (2011). Scientific opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. *EFSA Journal*, 9(6), 2197. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2197>
- EFSA CONTAM Panel (2014). Scientific opinion on the risks for human and animal health related to the presence of modified forms of certain mycotoxins in food and feed. *EFSA Journal*, 12(12), 3916. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3916>
- EFSA CONTAM Panel (2017). Scientific opinion on the risks for animal health related to the presence of zearalenone and its modified forms in feed. *EFSA Journal*, 15(7), 4851. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4851>
- EFSA FEEDAP Panel (2012). Guidance for the preparation of dossiers for sensory additives. *EFSA Journal*, 10(1), 2534. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2534>
- Farnworth, E. R., & Trenholm, H. L. (1981). The effect of acute administration of the mycotoxin zearalenone on female pigs. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 16, 239–252.
- Fink-Gremmels, J., & Malekinejad, H. (2007). Clinical effects and biochemical mechanisms associated with exposure to the mycoestrogen zearalenone. *Animal Feed Science and Technology*, 137(3–4), 326–341. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.008>
- Gedek, B. (1980). *Kompendium der medizinischen Mykologie*. Paul Parey, Berlin.
- Grenier, B., & Applegate, T. J. (2013). Modulation of intestinal function following mycotoxin ingestion: Meta-analysis of published experiments in animals. *Toxins*, 5, 396–430.

- Gupta, R. C., Mostrom, M. S., & Evans, T. J. (2018). Zearalenone. In: Gupta, R. C. (Ed.), *Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles* (3rd ed., pp. 1055–1060). Elsevier, Academic Press.
- Hagler, W. M., Mirocha, C. J., Pathre, S. V., & Behrens, J. C. (1979). Identification of the naturally occurring isomer of zearalenol produced by *Fusarium roseum* in rice culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 37, 849–853.
- Hennig-Pauka, I., Koch, F. J., Schaumberger, S., Woecchl, B., Novak, J., Sulyok, M., & Nagl, V. (2018). Current challenges in the diagnosis of zearalenone toxicosis as illustrated by a field case of hyperestrogenism in suckling piglets. *Porcine Health Management*, 4, 18. <https://doi.org/10.1186/s40813-018-0095-4>
- Hrvatski zavod za norme (2013). Hrana za životinje – Priprema uzoraka za ispitivanje (ISO 6498:2012; EN ISO 6498:2012). HRN EN ISO 6498.
- Ingram, B., Marin, S., Kiaitsi, E., Magan, N., Verheecke-Vaessen, C., Cervini, C., Rubio-Lopez, F., & Garcia-Cela, E. (2025). *Fusarium graminearum* and zearalenone in wheat: A water activity–temperature model. *Fungal Biology*, 129(4), 101572. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2025.101572>
- Jiang, S. Z., Yang, Z. B., Yang, W. R., Wang, S. J., Liu, F. X., Johnston, L. A., Chi, F., & Wang, Y. (2012). Effect of purified zearalenone with or without modified montmorillonite on nutrient availability, genital organs and serum hormones in post-weaning piglets. *Livestock Science*, 144, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.11.004>
- Kallela, K., & Ettala, E. (1984). The oestrogenic *Fusarium* toxin (zearalenone) in hay as a cause of early abortion in the cow. *Nordisk Veterinærmedicin*, 36, 305–309.
- Katzenellenbogen, B. S., Katzenellenbogen, J. A., & Mordecai, D. (1979). Zearalenone: Characterization of the estrogenic potencies and receptor interactions of a series of fungal beta-resorcylic acid lactones. *Endocrinology*, 105, 35–40.
- Kiessling, K. H., Pettersson, H., Sandholm, K., & Olsen, M. (1984). Metabolism of aflatoxin, ochratoxin, zearalenone, and three trichothecenes by intact rumen fluid, rumen protozoa, and rumen bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 47, 1070–1073.
- Kim, I. H., Son, H. Y., Cho, S. W., Ha, C. S., & Kang, B. H. (2003). Zearalenone induces male germ apoptosis in rats. *Toxicology Letters*, 138, 185–192.
- Kiyagawa, M., Tashiro, F., & Ueno, Y. (1982). Mutual interaction between zearalenone and estrogen receptor in brain. *Proceedings of the Japanese Association of Mycotoxicology*, 12, 28.
- Kordić, B., Pribičević, S., & Muntanola-Cvetković, M. (1992). Experimental study of the effects of known quantities of zearalenone on swine reproduction. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 11, 53–65.
- Kuiper-Goodman, T., Scott, P. M., & Watanabe, H. (1987). Risk assessment of the mycotoxin zearalenone. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 7, 253–306.

- Lindsay, D. G. (1985). Zearanol – a “nature-identical” oestrogen. *Food and Chemical Toxicology*, 23, 767–774.
- Liu, N., & Applegate, T. J. (2020). Zearalenone (ZEN) in livestock and poultry: Dose, toxicokinetics, toxicity and estrogenicity. *Toxins*, 12(6), 377. <https://doi.org/10.3390/toxins12060377>
- Long, G. G., Diekman, M., Tuite, J. F., Shannon, G. M., & Vesonder, R. F. (1982). Effect of Fusarium corn culture containing zearalenone on early pregnancy in swine. *American Journal of Veterinary Research*, 43, 1599–1603.
- Malekinejad, H., Colenbrander, B., & Fink-Gremmels, J. (2006a). Hydroxysteroid dehydrogenases in bovine and porcine granulosa cells convert zearalenone into its hydroxylated metabolites alpha-zearalenol and beta-zearalenol. *Veterinary Research Communications*, 30, 445–453.
- Malekinejad, H., Maas-Bakker, R., & Fink-Gremmels, J. (2006b). Species differences in the hepatic biotransformation of zearalenone. *Veterinary Journal*, 172(1), 96–102. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2005.03.004>
- Miraglia, M., van Egmond, H. P., Brera, C., & Gilbert, J. (1998). Mycotoxins and phycotoxins in chemistry, toxicology and food safety. Alaken Inc., Fort Collins, Colorado, 363–397.
- Mirocha, C. J. (1981). Distribution and metabolism of (3H)-zearalenone in lactating cow. *Proceedings of the American Oil Chemists' Society*, Abstract 207.
- Mirocha, C. J., & Christensen, C. M. (1974). Fungus metabolites toxic to animals. *Annual Review of Phytopathology*, 12, 303–330. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.12.090174.001511>
- Mirocha, C. J., Harrison, J., & Nichols, A. A. (1968). Detection of fungal estrogen (F-2) in hay associated with infertility in dairy cattle. *Applied Microbiology*, 16, 797–798.
- Mirocha, C. J., Pathre, S. V., & Robinson, T. S. (1981). Comparative metabolism of zearalenone and transmission into bovine milk. *Food and Cosmetics Toxicology*, 19, 25–30.
- Mitterbauer, R., Weindorfer, H., Safaie, R., Lemmens, M., Ruckebauer, P., Kuchler, K., & Adam, G. (2003). A sensitive and inexpensive yeast bioassay for the mycotoxin zearalenone and other compounds with estrogenic activity. *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 805–811.
- Mostrom, M. S. (2024). Mycotoxin-associated estrogenism and vulvovaginitis in animals. *MSD Veterinary Manual*. <https://www.msdvetmanual.com/toxicology/mycotoxinoses/mycotoxin-associated-estrogenism-and-vulvovaginitis-in-animals> (pristupljeno 05.05.2026.)
- Naglić, T., Hajsig, D., Madić, J., & Pinter, L. J. (2005). Veterinarska mikrobiologija – Specijalna bakteriologija i mikologija: Mikotoksikoze. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatsko mikrobiološko društvo, Zagreb.
- Narodne novine (2016). Pravilnik o sigurnosti hrane za životinje. Narodne novine d.d., br. 102.
- Narodne novine (2019). Pravilnik o provedbi mjera Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014.–2020. Narodne novine d.d., br. 091.

Narodne novine (2021). Zakon o službenim kontrolama i drugim službenim aktivnostima koje se provode sukladno propisima o hrani, hrani za životinje, o zdravlju i dobrobiti životinja, zdravlju bilja i sredstvima za zaštitu bilja. Narodne novine d.d., br. 052.

Narodne novine (2023). Pravilnik o provedbi izravne potpore i IAKS mjera ruralnog razvoja za 2023. godinu. Narodne novine d.d., br. 025.

Narodne novine (2023). Pravilnik o provedbi izravne potpore i IAKS mjera ruralnog razvoja za 2024. godinu. Narodne novine d.d., br. 157.

Nelson, G. H., Christensen, C. M., & Mirocha, C. J. (1973). Fusarium and estrogenism in swine. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 161, 1276–1277.

Olsen, M., & Kiessling, K. H. (1983). Species differences in zearalenone-reducing activity in subcellular fractions of liver from female domestic animals. *Acta Pharmacologica et Toxicologica*, 52, 287–291.

Osselaere, A., Devreese, M., Goossens, J., Vandenbroucke, V., De Baere, S., De Backer, P., & Croubels, S. (2013). Toxicokinetic study and absolute oral bioavailability of deoxynivalenol, T-2 toxin and zearalenone in broiler chickens. *Food and Chemical Toxicology*, 51, 350–355.

Ožegović, L., & Pepeljnjak, S. (1995). Mikotoksikoze. Školska knjiga, Zagreb.

Palyusik, M., Harrach, B., Mirocha, C. J., & Pathre, S. V. (1980). Transmission of zearalenone into porcine milk. *Acta Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae*, 28, 217–222.

Pepeljnjak, S., Cvetnić, Z., & Šegvić Klarić, M. (2008). Okratoksin A i zearalenon: Kontaminacija žitarica i krmiva u Hrvatskoj (1977–2007) i utjecaj na zdravlje životinja i ljudi. *Krmiva*, 50(3), 147–159.

Peraica, M., & Domijan, A. (2001). Contamination of food with mycotoxins and human health. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 52, 23–35.

Pleadin, J., Frece, J., Lešić, T., Zadravec, M., Vahčić, N., Malenica Staver, M., & Markov, K. (2017). Deoxynivalenol and zearalenone in unprocessed cereals and soybean from different cultivation regions in Croatia. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 10(4), 268–274. <https://doi.org/10.1080/19393210.2017.1345991>

Pleadin, J., Jadrić, M., Kudumija, N., Zadravec, M., Kiš, G., Mihaljević, Ž., Škrivanko, M., & Samardžija, M. (2023). Zearalenone in feed, urine and meat from three pig farms in Croatia. *Veterinarska stanica*, 55(1), 1–11. <https://doi.org/10.46419/vs.55.1.10>

Pleadin, J., Mihaljević, Ž., Barbir, T., Vulić, A., Kmetič, I., Zadravec, M., & Brumen, V. (2015). Natural incidence of zearalenone in Croatian pig feed, urine and meat in 2014. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 8(4), 277–283.

- Pleadin, J., Perši, N., Vulić, A., & Zadavec, M. (2012b). Survey of mycotoxin feed contamination in Croatia. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(2), 167–177. <https://doi.org/10.2298/BAH1202167P>
- Pleadin, J., Zadavec, M., Perši, N., Vulić, A., Jaki, V., & Mitak, M. (2012a). Mould and mycotoxin contamination of pig feed in northwest Croatia. *Mycotoxin Research*, 28(3), 157–162. <https://doi.org/10.1007/s12550-012-0130-2>
- Ramljak, D., Beker, D., & Uremović, M. (1987). Trovanje svinja zearalenolom u Jugoslaviji. *Veterinarski arhiv*, 57, 1–6.
- Rechcigl, M. (1983). *Handbook of naturally occurring food toxicants*. CRC Press, Boca Raton.
- Roine, K., Korpinen, E. L., & Kallela, K. (1971). Mycotoxicosis as probable cause of infertility of dairy cows. *Nordisk Veterinærmedicin*, 23, 628–633.
- Ruhr, L. P., Osweiler, G. A., & Foley, C. W. (1982). Effect of the estrogenic mycotoxin zearalenone on reproductive potential in boars. *American Journal of Veterinary Research*, 44, 483–485.
- Saenz de Rodriguez, C. (1984). Environmental hormone contamination in Puerto Rico. *New England Journal of Medicine*, 310, 1741–1742.
- Shanmugasundaram, R., Lourenco, J., Hakeem, W. A., Dycus, M. M., & Applegate, T. J. (2023). Subclinical doses of dietary fumonisins and deoxynivalenol cause cecal microbiota dysbiosis in broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1106604. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1106604>
- Sherwood, R. F., & Peberdy, J. F. (2007). Effects of zearalenone on the developing male chick. *British Poultry Science*, 14, 127–129.
- Smith, J. E., & Moss, M. O. (1985). *Mycotoxins: Formation, analysis and significance*. John Wiley & Sons, New York.
- Smith, T. K. (1982). Influence of mycotoxins on protein and amino acid utilization. *Federation Proceedings*, 41, 2828–2832.
- Sundlof, S. F., & Strickland, C. (1986). Zearalenone and zeranol: Potential residue problems in livestock. *Veterinary and Human Toxicology*, 28, 242–250.
- Szüts, P., Mesterházy, A., Falkay, G., & Bartók, T. (1997). Early thelarche symptoms in children and their relations to zearalenone contamination in foodstuff. *Cereal Research Communications*, 25, 429–436.
- Šperanda, M., Liker, B., Šperanda, T., Šerić, T., Antunović, Z., Grabarević, Ž., Senčić, Đ., & Steiner, Z. (2005). The effect of clinoptilolite on haematological and biochemical indicators of weaned piglets fed on fodder mixture contaminated by zearalenone. Dostupno na: <http://www.bib.irb.hr/datoteka/252289.SperandaM.doc>

- Šumić, Z. (2009). Mikotoksini. Dostupno na: <http://www.tehnologijahrane.com/mikrobiologija/plesni/mikotoksini>
- Tiemann, U., & Dänicke, S. (2007). In vivo and in vitro effects of the mycotoxins zearalenone and deoxynivalenol on reproductive organs in female pigs: A review. *Food Additives and Contaminants*, 24(3), 306–314.
- Ueno, Y., & Yagasaki, S. (1975). Toxicological approaches to metabolites of *Fusarium*: Accelerating effect of zearalenone on RNA and protein synthesis. *Japanese Journal of Experimental Medicine*, 45, 199–205.
- Vanyi, A., & Szailer, E. (1974). Investigation of cytotoxic effects of F-2 toxin (zearalenone). *Acta Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae*, 24, 407–412.
- Vanyi, A., & Szeky, A. (1980). Fusariotoxicoses. 6. The effect of F2 toxin (zearalenone) on the spermatogenesis of male swine. *Magyar Allatorvosok Lapja*, 35, 242–246.
- Wang, L., Deng, Z., Huang, J., Li, T., Jiang, J., Wang, W., Sun, Y., & Deng, Y. (2024). Zearalenone-induced hepatointestinal toxicity in laying hens: Unveiling the role of gut microbiota and fecal metabolites. *Poultry Science*, 103(11), 104221.
- Weaver, G. A., Kurtz, H. J., Behrens, J. C., Robinson, T. S., Seguin, B. E., Bates, F. Y., & Mirocha, C. J. (1986). Effect of zearalenone on dairy cows. *American Journal of Veterinary Research*, 47, 1826–1828.
- WHO/FAO (2009). Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. *Environmental Health Criteria* 240.
- Wu, K., Ren, C., Gong, Y., et al. (2021). The insensitive mechanism of poultry to zearalenone: A review. *Animal Nutrition*, 7(3), 587–594. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.05.001>
- Wu, L., Qiu, L., Zhang, H., Sun, J., Hu, X., & Wang, B. (2017). Optimization for the production of deoxynivalenol and zearalenone by *Fusarium graminearum* using response surface methodology. *Toxins*, 9(2), 65. <https://doi.org/10.3390/toxins9020065>
- Yang, H. H., Auerlich, R. J., & Helferich, W. (1995). Effects of zearalenone and/or tamoxifen on swine and mink reproduction. *Journal of Applied Toxicology*, 15, 223–231.
- Yuan, T., Wang, J., Li, Y., Yang, M., Li, A., Ren, C., Qi, D., & Zhang, N. (2022). Effects of zearalenone on production performance, egg quality, ovarian function and gut microbiota of laying hens. *Toxins*, 14, 653. <https://doi.org/10.3390/toxins14100653>
- Zinedine, A., Soriano, J. M., Moltó, J. C., & Mañes, J. (2007). Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: An oestrogenic mycotoxin. *Food and Chemical Toxicology*, 45(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.07.030>
- Zollner, P., Jodlbauer, J., Kleinova, M., Kahlbacher, H., Kuhn, T., Hochsteiner, W., & Lindner, W. (2002). Concentration levels of zearalenone and its metabolites in urine, muscle tissue and liver

samples of pigs fed with mycotoxin-contaminated oats. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 24, 2494–2501.

8. Rječnik

Ad hoc – privremeno, za određenu svrhu ili situaciju; bez trajnog ili unaprijed utvrđenog plana.

Alkalija – tvar koja u vodenoj otopini ima bazična svojstva ($\text{pH} > 7$).

Analit – tvar koja se mjeri ili određuje u analitičkom postupku.

Anabolički (pridj.) – koji potiče izgradnju tkiva i sintezu složenih molekula u organizmu.

Apoptoza – programirana smrt stanice, prirodan i kontroliran proces uklanjanja stanica.

Carry over (engl.) – prijenos tvari (npr. mikotoksina) iz hrane u tkiva životinje ili proizvode (mlijeko, meso, jaja).

Citosol – tekuća komponenta citoplazme u kojoj su otopljeni enzimi i molekule.

Citotoksično – štetno ili otrovno za stanice.

Detektibilno – mjerljivo ili uočljivo analitičkom metodom.

Dojne krmače – krmače u razdoblju laktacije koje proizvode mlijeko za prasad.

Estradiol – glavni ženski spolni hormon iz skupine estrogena.

Estrogen – skupina steroidnih hormona važnih za reprodukciju i razvoj ženskih spolnih obilježja.

Estrogeno (pridj.) – koji djeluje slično estrogenu ili oponaša estrogenski učinak.

Estrus – razdoblje spolne aktivnosti kod ženki sisavaca („tjeranje”).

Excel – računalni program za tablične izračune i analizu podataka.

Finišer – završna krmna smjesa u tovu životinja, neposredno prije klanja.

Fitoestrogen – biljni spoj koji ima estrogensko djelovanje.

Fungalni (pridj.) – koji potječe od gljiva ili je s njima povezan.

Glukuronidacija - reakcija konjugacije (faza II metabolizma) u kojoj se na neku tvar veže glukuronska kiselina, kako bi se smanjila toksičnost tvari, povećala topljivost u vodi, te omogućilo izlučivanje mokraćom ili žuči.

Hematotoksično – štetno za krv ili krvotvorne organe.

Hepatotoksično – štetno za jetru.

Hiperestrogenizam – stanje povećane estrogenske aktivnosti u organizmu.

In vivo – lat. „u živom organizmu“; označava procese, pokuse ili reakcije koji se odvijaju unutar živog organizma (npr. u čovjeku, životinji ili biljci), u njihovim prirodnim uvjetima.

Izolat – čista, izdvojena tvar ili mikroorganizam dobiven iz izvornog materijala.

Jažica – mala udubina u mikrotitarskoj ploči u kojoj se provodi analiza.

Konjugat – spoj nastao vezivanjem dviju molekula (npr. enzima i protutijela).

Kontaminant – neželjena tvar prisutna u hrani ili hrani za životinje.

Lakton – organski spoj nastao intramolekularnom esterifikacijom karboksilnih kiselina.

LOAEL - Najniža razina kod koje je uočen štetni učinak (engl. *Lowest Observed Adverse Effect Level*) - Najniža količina tvari za koju je utvrđeno da uzrokuje štetni učinak na izloženoj populaciji.

Mikotoksin – otrovni sekundarni metabolit plijesni.

Mikotoksikoza – bolest ili poremećaj zdravlja uzrokovan unosom mikotoksina.

Mikrobiota – zajednica mikroorganizama koji naseljavaju određeni okoliš (npr. crijeva).

Mikrotitarska ploča – plastična ploča s većim brojem jažica za laboratorijske analize.

Monogastrično (pridj.) – odnosi se na životinje s jednostavnim želucem.

Nazimica – mlada ženka svinje koja još nije oprasila.

Nerast – spolno zreo mužjak svinje.

NOAEL - Razina bez uočenog štetnog učinka (engl. *No Observed Adverse Effect Level*) - Najveća koncentracija ili količina tvari, pronađena eksperimentom ili promatranjem, koja ne uzrokuje štetne promjene morfologije, funkcionalnih sposobnosti, rasta i razvoja organizma.

NOEL - Razina bez uočenog učinka (engl. *No Observed Effect Level*) - Najveća koncentracija ili količina tvari, pronađena eksperimentom ili promatranjem, koja ne uzrokuje nikakve promjene u morfologiji, funkcionalnoj sposobnosti, rastu i razvoju organizma.

Peletirano (pridj.) – oblikovano u pelete, prešane kuglice ili valjke.

Peroksidaza – enzim koji katalizira reakcije oksidacije.

Peroralno - aplikacija (lijeka) kroz usta.

Prekrupa – grubo usitnjeno zrno žitarica.

Pubertetno (pridj.) – koji se odnosi na spolnu zrelost.

Rezorcilna kiselina – organska kiselina koja je strukturno povezana s nekim mikotoksinima.

Superkoncentrat – visokokonzentrirana krmna smjesa bogata hranjivim tvarima.

Supernatant – tekućina koja ostaje iznad taloga nakon centrifugiranja.

Spermatocit – muška spolna stanica u procesu sazrijevanja.

Spermatogeneza – proces stvaranja muških spolnih stanica.

Spermatogonij – početna, nezrela muška spolna stanica.

Starter – početna krmna smjesa za mlade životinje.

Stereoizomer – molekula istog kemijskog sastava, ali drugačijeg prostornog rasporeda.

Sjenaža – konzervirana voluminozna krma dobivena fermentacijom prosušene mase.

Subklinički mastitis – upala vimena bez vidljivih kliničkih znakova.

Tritikale – hibrid pšenice i raži (*tritikale*), žitarica za hranidbu životinja.

Toksikokinetika – proučavanje apsorpcije, raspodjele, metabolizma i izlučivanja toksina.

Toksogeno (pridj.) – koji proizvodi toksine.

Vezikula – mala membranska struktura unutar stanice.

Zearalenon – estrogeni mikotoksin kojeg proizvode plijesni roda *Fusarium*.

9. Skraćenice

CKKSP - Centar za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda

DIRH – Državni inspektorat Republike Hrvatske

EFSA – Europska agencija za sigurnost hrane (*European Food Safety Authority*)

ELISA – imunoenzimska metoda analize (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*)

FAO – Organizacija Ujedinjenih naroda za hranu i poljoprivredu (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)

FSH - folikulostimulirajući hormon

HAPIH – Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu

HVI – Hrvatski veterinarski institut

ISO – Međunarodna organizacija za normizaciju (*International Organization for Standardization*)

LB – donja granica procjene izloženosti (engl. *Lower Bound*)

LC – lijevo cenzurirani podaci (engl. *Left-Censored*)

LOAEL - Najniža razina kod koje je uočen štetni učinak (engl. *Lowest Observed Adverse Effect Level*)

LOD – granica detekcije (engl. *Limit of Detection*)

LOQ – granica kvantifikacije (engl. *Limit of Quantification*)

MB – srednja granica procjene izloženosti (engl. *Middle Bound*)

MPŠR – Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva

N – broja (engl. *Number*)

NN – Narodne novine

NOAEL - Razina bez uočenog štetnog učinka (engl. *No Observed Adverse Effect Level*)

NOEL - Razina bez uočenog učinka (engl. *No Observed Effect Level*)

RASFF – Sustav brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje (engl. *Rapid Alert System for Food and Feed*)

RH – Republika Hrvatska

SAD – Sjedinjene Američke Države (engl. *United States of America*)

TDI – podnošljiv dnevni unos, engl. *Tolerable daily intake*

TMR – ukupni miješani obrok (engl. *Total Mixed Ration*)

UB – gornja granica procjene izloženosti (engl. *Upper Bound*)

UK – Ujedinjeno Kraljevstvo (engl. *United Kingdom*)

WHO – Svjetska zdravstvena organizacija (engl. *World Health Organization*)

ZAL – zearalenol, metabolit zearalenona

ZEL – zearalenol, metabolit zearalenona

ZEN – zearalenon (mikotoksin koji proizvode plijesni roda *Fusarium*)

10. Prilog: Prijedlog za poboljšanje kvalitete podataka o krmivima i krmnim smjesama

Kako bi se poboljšala kvaliteta, ali i iskoristivost prikupljenih podataka o krmivima i krmnim smjesa, te povećao broj podataka koji se mogu koristiti u obradi za potrebe izloženosti životinja, ali i druge potrebe obrade, predlaže se ujednačiti nazive hrane za životinje prema prijedlogu izmjene u tablici 32., za podatke službenih kontrole i u Tablici 33, za podatke iz HAPIH-a. U tablicama 32. i 33. su navedeni nazivi krmiva i krmnih smjesa kako su bili napisani u setu podataka koji je zaprimljen za obradu. Prijedlog izmjene obuhvaća izmjenu dijela naziva koji se odnosi na vrstu i kategoriju životinja, ili bi se trebao promijeniti cijeli naziv, tako da iz njega bude jasno o kojem se krmivu ili krmnoj smjesi radi te za koju je vrstu i kategoriju životinja namijenjena.

Tablica 32 Prijedlog izmjena naziva krmiva i/ili krmnih smjesa za službene kontrole

NAPISANI NAZIV KRMIVA ILI KRMNE SMJESE	IZMJENA	PRIJEDLOG IZMJENE
BROSTARTER 21%	NE	
DOPUNSKA KRMNA SMJESA	DA	napisati preciznije, vrsta i/ili kategorija životinja
DOPUNSKA KRMNA SMJESA TRS 35% ZA TOVNE I RASPLODNE SVINJE	NE	
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA GOVEDA	DA	napisati preciznije, vrsta i/ili kategorija životinja
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA HRANIDBU MUZNIH KRAVA	DA	mliječne krave
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA JUNAD (SG-30)	NE	
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA JUNAD I MLIJEČNA GOVEDA	DA	mliječne krave
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA KRAVE MUZARE (DKS-KM-32)	DA	mliječne krave
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA MLIJEČNA GOVEDA S NAJMANJE 30%SB (GKM-DO)	DA	mliječne krave
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA ODOJKE (SO-DO)	DA	prasad
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA ODOJKE (SO-DO-40)	DA	prasad
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA PILICE U TOVU - SUPER ZA PILICE	DA	tovni pilići
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA PRASAD - SP-DO	DA	prasad
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA SVINJE	DA	napisati preciznije, vrsta i/ili kategorija životinja
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA TOVNE I RASPLODNE SVINJE (ST-DO-35)	NE	

HRANA ZA ŽIVOTINJE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
JECAM	DA	ječam
KRMIVO	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA GOVEDA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA KRAVE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA ODOJKE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA PERAD	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA SVINJE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA TOV JUNADI	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA TOVNE PILICE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNO BRAŠNO	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KUKURUZ	NE	
KUKURUZ - MERKANTILNI	DA	kukuruz
KUKURUZ - SILIRANO ZRNO	DA	silaza kukuruzna, zrno
KUKURUZ PREKRUPA	DA	kukuruz
KUKURUZNI ŠROT	DA	kukuruz
KUKURUZNO BRAŠNO	DA	kukuruz
MJEŠAVINA BILJNIH KRMIVA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
MJEŠAVINA ŽITARICA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
MJEŠAVINA ŽITARICA (PELETIRANA)	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
PIVSKI TROP, SVJEŽI	NE	

POCETNA KRMNA SMJESA ZA PRASAD	DA	prasad
POCETNA KRMNA SMJESA ZA TOV PILICA I (PPT-1)	DA	tovni pilići
POCETNA KRMNA SMJESA ZA TOV PILICA I (PPT-1) (PELETIRANA)	DA	tovni pilići
POTPUNA KRMNA SMJESA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA DOJNE KRMACE	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA KONZUMNE NESILICE	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA KRAVE MUZARE (GK)	DA	mliječne krave
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA KRAVE MUZARE (GKM-2)	DA	mliječne krave
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA ODOJKE - GROVER	DA	prasad
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA PILICE - BROJLER	DA	tovni pilići
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA PILICE U TOVU	DA	tovni pilići
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA PURICE U PORASTU I TOVU (PPUPT-1)	DA	tovni purići
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA SVINJE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA SVINJE U TOVU (ST-1) DO 60 KG	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA TELAD	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA TOV JUNADI (GJ-2) IZNAD 250 KG Ž. V.	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA TOV PILICA (PT-1)	DA	PPT
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA TOV PILICA U PORASTU (PPT-2)	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA TOV PILICA U PORASTU (PPT-2) (PELETIRANA)	NE	
POTPUNA POCETNA KRMNA SMJESA ZA TOV PILICA (PPT-1)	NE	
POTPUNA ZAVRŠNA KRMNA SMJESA ZA TOV PILICA (PPT-3)	NE	
POTPUNA ZAVRŠNA KRMNA SMJESA ZA TOV PILICA (PPT-3) (PELETIRANA)	NE	
PŠENICA	NE	
PŠENICA, KRMNO BRAŠNO	DA	
PŠENICA, POSIJE	DA	pšenične posije

PŠENICNE POSIJE	NE	
RAŽ	NE	
SILAŽA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
SILAŽA - KUKURUZNA	NE	
SJENAŽA	NE	
SOJA - SACMA	DA	sojina sačma
SUNCOKRET - ZRNO	NE	
SUPERKONCENTRAT	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
ŠROT	DA	kukuruz
TRITIKAL	NE	
ZOB	NE	
ZRNJE ŽITARICA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
ŽITARICE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja

Tablica 33 Prijedlog izmjena naziva krmiva i/ili krmnih smjesa za podatke iz HAPIH-a

NAPISANI NAZIV KRMIVA ILI KRMNE SMJESE	IZMJENA	PRIJEDLOG IZMJENE
DOPUNSKA KRMNA SMJESA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA KRMAČE	DA	dojne krmače
DOPUNSKA KRMNA SMJESA ZA SVINJE ZA TOV	NE	
JEČAM	NE	
KONCENTRAT	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA JANJAD	DA	tojna janjad
KRMNA SMJESA ZA KRMAČE	DA	dojne krmače
KRMNA SMJESA ZA KRMAČE I NAZIMICE	DA	dojne krmače
KRMNA SMJESA ZA NAZIMICE	NE	
KRMNA SMJESA ZA OVCE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
KRMNA SMJESA ZA PRASAD	DA	prasad

KRMNA SMJESA ZA SUPRASNE KRMAČE	NE	
KRMNA SMJESA ZA TOV SVINJA	NE	
KUKURUZ	NE	
KUKURUZNA PREKRUPA	DA	kukuruz
MJEŠAVINA ŽITARICA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
POSIJE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
POTPUNA KRMNA SMJESA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA DOJNE KRMAČE	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA KRMAČE	DA	dojne krmače
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA MLIJEČNE KRAVE	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA PRASAD	DA	prasad
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA PRASAD I MLADU PERAD	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA SUPRASNE KRMAČE	NE	
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA SVINJE	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
POTPUNA KRMNA SMJESA ZA SVINJE ZA TOV	NE	
PREKRUPA JEČMA	DA	ječam
PREKRUPA KUKURUZA	DA	kukuruz
PREKRUPA ŽITARICA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
PŠENICA	NE	
SILAŽA CIJELE BILJKE KUKURUZA	NE	
SMJESA	DA	napisati preciznije krmivo, krmnu smjesu i kategoriju i vrstu životinja
SMJESA ZA KRMAČE	DA	dojne krmače
SMJESA ZA KRMAČE I NAZIMICE	DA	dojne krmače
SMJESA ZA NAZIMICE	DA	
TMR	NE	
TRITIKAL	DA	tritikale
TRITIKALE	NE	
ZOB	NE	

ŽITARICE

DA

napisati preciznije krmivo, krmnu
smjesu i kategoriju i vrstu životinja