



UNIVERZA  
V LJUBLJANI

**VF**

Veterinarska  
fakulteta

# SISTEMI ZAGOTAVLJANJA VARNOSTI KRME

Breda Jakovac Strajn, Ana Gotvajn

Učbenik za študente veterinarske medicine  
**Sistemi zagotavljanja varnosti krme**

Avtorici

**izr. prof. dr. Breda Jakovac Strajn, dr. vet. med.**  
**asist. Ana Gotvajn, dr. vet. med.**

Recenzenta

**Prof. dr. Andrej Kirbiš, dr. vet. med., Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta**  
**Prof. dr. Petra Zrimšek, univ. dipl. kem., prof. kem., Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta**

Jezikovni pregled

**Slovenistka Irena Šinkovec**

Oblikovanje

**Luka Milčinski**

Fotografije

**Arhiv Enote za okolje, prehrano, dobrobit in higieno živali, IVHKO, UL VF**

Izdajatelj

**Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta**

Kraj in leto izdaje

**Ljubljana, 2025**

© 2025 Vse pravice pridržane. Nobenega dela te publikacije se ne sme reproducirati ali posredovati v kakršni koli obliki brez predhodnega pisnega soglasja avtorja.

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani  
COBISS.SI-ID 257542147  
ISBN 978-961-96942-2-0 (PDF)

# **SISTEMI ZAGOTAVLJANJA VARNOSTI KRME**

Breda Jakovac Strajn, Ana Gotvajn

# KAZALO

<b>SEZNAM KRATIC</b>	7
<b>SPREMNA BESEDA</b>	8
<b>ZAHVALA</b>	9
<b>1 UVOD</b>	10
<b>1.1 Viri kontaminacije krme</b>	11
1.1.1 Kemijska kontaminacija	11
1.1.2 Mikrobiološka kontaminacija	11
1.1.3 Fizikalna kontaminacija	11
<b>1.2 Kakovost in varnost krme</b>	11
<b>1.3 Ocena varnosti in zaznavanje nevarnosti v krmi</b>	12
1.3.1 Ocena tveganja	13
<b>1.4 Najpomembnejše nevarnosti v krmi</b>	14
1.4.1 Kemijske snovi	15
1.4.2 Mikrobiološke nevarnosti	17
1.4.3 Strupene rastline	17
<b>1.5 Vloga veterinarjev v trajnostnih prehranskih sistemih</b>	18
1.5.1 Pomen pristopa Eno zdravje	18
1.5.2 Varnost hrane in zmanjšanje uporabe antibiotikov	18
1.5.3 Okoljski vidik in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov	18
1.5.4 Krožno gospodarstvo in zmanjševanje odpadkov	18
<b>2 ORGANIZACIJA LABORATORIJEV NA PODROČJU ZAGOTAVLJANJA VARNE KRME (IN HRANE)</b>	20
<b>2.1 Uradni laboratoriji</b>	21
<b>2.2 Laboratorijske metode</b>	22
2.2.1 Standardizacija metod	22
2.2.2 Postopek validacije laboratorijske metode	23
<b>2.3 Medlaboratorijske primerjave</b>	25
<b>3 UPRAVLJANJE VARNOSTI KRME PO NAČELIH SISTEMA HACCP</b>	27
<b>3.1 Pet korakov in sedem načel HACCP</b>	28
3.1.1 Pet korakov HACCP	28
3.1.2 Sedem načel HACCP	29
<b>3.2 Nadzor in preverjanje sistema HACCP v obratu za krmo</b>	31
<b>3.3 Primer HACCP-dokumenta</b>	32
<b>4 OCENA TVEGANJA IN UPORABA SISTEMA HACCP NA PRIMERU MIKOTOKSINOV</b>	35
<b>4.1 Zgodovina mikotoksinov</b>	36
<b>4.2 Pomen mikotoksinov</b>	38
<b>4.3 Mikotoksini – kemijska nevarnost biološkega porekla</b>	39
4.3.1 Maskirani mikotoksini	40

<b>4.4 Bolezni ljudi, povzročene z mikotoksini</b>	40
<b>4.5 Bolezni živali, povzročene z mikotoksini</b>	44
<b>4.6 Analiza tveganja pri pojavu mikotoksinov - načela in koncepti</b>	45
<b>4.7 Ocena tveganja</b>	46
4.7.1 Identifikacija nevarnosti	47
4.7.2 Karakterizacija nevarnosti	49
4.7.3 Ocena izpostavljenosti mikotoksinom	52
4.7.4 Karakterizacija tveganja	54
4.7.5 Ocena tveganja pri živalih zaradi mikotoksinov	55
<b>4.8 Obvladovanje tveganja</b>	58
<b>4.9 Komunikacija o tveganju</b>	60
<b>4.10 Zakonodajni vidik</b>	61
<b>4.11 Ukrepi za preprečevanje škodljivih učinkov mikotoksinov</b>	62
<b>4.12 Zaključne ugotovitve</b>	66
<b>5 NOVI IZZIVI NA PODROČJU ZAGOTAVLJANJA VARNOSTI KRME</b>	68
<b>5.1. Surova prehrana psov in mačk</b>	69
5.1.1 Kaj je surova prehrana?	69
5.1.2 Tveganja, povezana s surovo prehrano	70
5.1.3 Zmanjševanje tveganj surove hrane	71
<b>5.2 Žuželke v hrani in krmi</b>	72
5.2.1 Zakonodajni okvir na področju uporabe žuželk v hrani in krmi	72
5.2.2 IPIFF	74
<b>5.3 Trajnostna uporaba nekdanjih živil (živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi) kot krme – zakonodajni okvir, tveganja in priložnosti</b>	74
5.3.1 Odpadna hrana kot globalni izziv in potencialni vir surovin	74
5.3.2 Zakonodajni okvir in smernice EU za uporabo nekdanjih živil v krmi	75
5.3.3 Druge omejitve pri uporabi nekdanjih živil kot krme	77
5.3.4 Praktični primeri, omejitve in priložnosti uporabe nekdanjih živil v prehrani živali	78
5.3.5 Povezovanje zakonodaje za živila in krmo – pristop »od vil do vilic«	79

# KAZALO TABEL

<b>Tabela 1:</b> Viri toksičnih elementov in njihova bioakumulacija v živalskih tkivih	16
<b>Tabela 2:</b> Shema ocenjevanja tveganja v HACCP	30
<b>Tabela 3:</b> Pregled najpomembnejših mikotoksikoz v zgodovini človeštva	36
<b>Tabela 4:</b> Klasifikacija rakotvornih snovi po IARC	48
<b>Tabela 5:</b> Uporaba HACCP koncepta pri preprečevanju kontaminacije hrane s plesnimi in mikotoksini	64
<b>Tabela 6:</b> Možni načini uporabe žužek kot krme za posamezne živalske vrste	73

# KAZALO SLIK

<b>Slika 1:</b> Razlikovanje med CCP in CP	30
<b>Slika 2:</b> Shematski prikaz poteka proizvodnje z označenimi CCP in CP	33
<b>Slika 3:</b> Diagram poteka od živila do krme iz Smernic za uporabo živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi, v krmi (2018/C 133/02)	76
<b>Slika 4:</b> Makroskopski pregled krme na ostanke pakirnega materiala	78

# SEZNAM KRATIC

<b>AF</b>	Aflatoksini
<b>BEN</b>	Balkanska endemična nefropatija
<b>CCP</b>	Kritične kontrolne točke ( <i>Critical control points</i> )
<b>CEN</b>	Evropski komite za standardizacijo (fr. <i>Comité Européen de Normalisation</i> )
<b>CP</b>	Kontrolne točke ( <i>Control points</i> )
<b>CRM</b>	Certificirani referenčni materiali
<b>DON</b>	Deoksinivalenol ( <i>Deoxynivalenol</i> )
<b>EA</b>	Ergot alkaloidi
<b>EFSA</b>	Evropska agencija za varnost hrane ( <i>European Food Safety Authority</i> )
<b>EURL</b>	Referenčni laboratorij Evropske unije ( <i>European Union Reference Laboratories</i> )
<b>FUM</b>	Fumonizini
<b>HACCP</b>	Sistem analize tveganj in kritičnih kontrolnih točk ( <i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i> )
<b>IPIFF</b>	ang. <i>International Platform of Insects for Food and Feed</i>
<b>ISO</b>	Mednarodna organizacija za standardizacijo ( <i>International Organization for Standardization</i> )
<b>NRL</b>	Nacionalni referenčni laboratorij
<b>NVI</b>	Nacionalni veterinarski inštitut
<b>OTA</b>	Ohratoksin A
<b>RASFF</b>	Sistem hitrega obveščanja za živila in krmo ( <i>Rapid Alert System for Food and Feed</i> )
<b>SOP</b>	Standardni operativni postopek ( <i>Standard operating procedure</i> )
<b>UVHVVR</b>	Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin
<b>ZEA</b>	Zeralenon

# SPREMNA BESEDA

Učbenik *Sistemi zagotavljanja varnosti krme* je namenjen študentom veterinarske medicine in strokovnjakom, ki se pri svojem delu srečujejo z zagotavljanjem varne in kakovostne krme. Veterinarska stroka ima na tem področju pomembno vlogo – varna krma je temelj zdravja in dobrobiti ter varne in trajnostne prehranske verige.

V učbeniku so sistematično predstavljeni temelji zagotavljanja varnosti krme: od poznavanja virov kontaminacije in laboratorijskih metod preskušanja do načel sistema HACCP in ocene tveganja. Posebna pozornost je namenjena validaciji analitskih metod, akreditaciji laboratorijev, organizaciji uradnega nadzora in vlogi nacionalnih ter evropskih referenčnih laboratorijev.

V zadnjem delu učbenika so predstavljeni sodobni izzivi: surova prehrana hišnih živali, vključevanje žuželk in nekdanjih živil (živila, ki niso več namenjena prehrani ljudi) v krmo ter trajnostni pristopi v krožnem gospodarstvu. S tem presega učbenik tradicionalni okvir laboratorijskega dela in spodbuja študente k razumevanju širšega pomena varnosti krme v konceptu Eno zdravje (ang. *One Health*).

Avtorici si želiva, da služi učbenik kot zanesljiv učni in strokovni pripomoček, ki bo študente usmerjal k razumevanju pomena varne krme, k odgovornemu delu v laboratoriju in k razvoju celovitega, trajnostnega pristopa v veterinarski stroki.

Avtorici

# ZAHVALA

Za pomoč in sodelovanje pri pripravi učbenika se iskreno zahvaljujema sodelavcem Inštituta za varno hrano, krmo in okolje Veterinarske fakultete Univerze v Ljubljani, posebna zahvala velja viš. znan. sod. Gabrijeli Tavčar Kalcher.

Srčno se zahvaljujema recenzentoma, prof. Andreju Kirbišu in prof. Petri Zrimšek, za natančen pregled besedila ter dragocene popravke in predloge.

Slovenistki Ireni Šinkovec sva hvaležni za jezikovni pregled besedila, osebju knjižnice pa za temeljit pregled uporabljene literature.

Zahvaljujema se tudi Luku Milčinskemu za oblikovanje dela ter za mirnost, potrpežljivost in nasvete, s katerimi zna polepšati dan.

V učbeniku je tudi del znanja in izkušenj najinih predhodnikov, ki so s svojim delom postavili trdne temelje današnjemu področju varne krme. Z globoko hvaležnostjo jih želiva posebej omeniti: prof. Nestorja Klemenca, prof. Janka Žusta, prof. Uroša Pestevška in prof. Antona Vengušta.

# 1 UVOD

*Varnost krme predstavlja enega temeljnih pogojev za zagotavljanje zdrave prehranske verige, saj neposredno vpliva na zdravje živali in ljudi. Krma, namenjena prehrani živali, mora biti ne le kakovostna, temveč tudi varna, saj lahko kontaminirana krma povzroči zdravstvene težave pri živalih, zastrupitve pri ljudeh ter gospodarsko škodo v kmetijstvu in živilsko-predelovalni industriji.*

Sodobna proizvodnja krme se sooča s številnimi izzivi, vključno s tveganji za kontaminacijo, ki se lahko pojavijo v katerem koli delu proizvodne verige – od pridelave surovin, njihovega transporta, skladiščenja in predelave do končne uporabe. Zato je ključno razumeti vire kontaminacije in sprejeti ustrezne ukrepe za njihovo obvladovanje.

## 1.1 Viri kontaminacije krme

---

Kontaminacija krme je lahko posledica različnih dejavnikov, ki jih lahko delimo v tri glavne kategorije:

### 1.1.1 Kemijska kontaminacija

Kemijska kontaminacija krme nastane zaradi škodljivih snovi, ki lahko negativno vplivajo na zdravje živali ali ljudi. Med najpogostejše vire kemijske kontaminacije sodijo:

- pesticidi in herbicidi – ostanki kemikalij, uporabljenih pri pridelavi poljščin;
- težke kovine (toksični elementi) – kot so: svinec (Pb), kadmij (Cd) in arzen (As), ki se lahko kopičijo v krmi zaradi onesnaženosti tal ali vode;
- mikotoksini – strupene spojine, ki jih proizvajajo plesni, npr. aflatoksini, ki se pogosto pojavljajo v koruzi in drugih žitih;
- zdravila in dodatki – ostanki veterinarskih zdravil ali nepravilno odmerjeni dodatki v krmi.

### 1.1.2 Mikrobiološka kontaminacija

Mikrobiološka kontaminacija krme je povezana s patogenimi mikroorganizmi, ki lahko povzročijo bolezni pri živalih in ljudeh. Poglavitni mikrobiološki viri so:

- bakterije – kot so *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* in *Listeria monocytogenes*;
- glive – plesni, ki lahko onesnažijo krmo ter proizvajajo mikotoksine;
- virusi – nekateri se lahko prenesejo z zaužitjem krme, npr. virus afriške prašičje kuge.

### 1.1.3 Fizikalna kontaminacija

Fizikalna kontaminacija vključuje tujke v krmi, kot so: kosi plastike, kovine, stekla ali kamenja, ki lahko povzročijo mehanske poškodbe živali ali zmanjšajo kakovost krme.

## 1.2 Kakovost in varnost krme

---

Kakovost krme se nanaša na njeno hranilno vrednost, varnost pa pomeni odsotnost kontaminantov, ki bi lahko ogrozili zdravje živali in ljudi. Za zagotavljanje kakovosti in varnosti krme je ključno vzpostaviti nadzorovane proizvodne procese in upoštevati zakonodajne zahteve.

Pomembni koraki za zagotavljanje varne krme vključujejo:

- |   |   |
|---|---|
| <b>1. Spremljanje surovin</b>                   | Redno preverjanje kakovosti surovin pri dobaviteljih.                               |
| <b>2. Ukrepi za preprečevanje kontaminacije</b> | Higiena skladiščenja, nadzor vlage in temperature ter uporaba preverjenih aditivov. |
-

<b>3. Sistem HACCP (ang. <i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i>)</b>	Prepoznavanje in obvladovanje kritičnih točk v proizvodnem procesu.
<b>4. Sodelovanje z laboratoriji</b>	Redno testiranje krme na morebitne kontaminante, kot so: mikotoksini, bakterije in težke kovine.
<b>5. Varnost krme ni le odgovornost proizvajalcev, temveč vseh deležnikov v prehranski verigi</b>	S skupnimi prizadevanji lahko zagotovimo, da ostane krma kakovostna in varna ter prispeva k zdravju živali in ljudi.

Zagotavljanje kakovosti in varnosti krme v Evropski uniji urejajo ključni predpisi:

<b>Uredba (ES) št. 178/2002</b>	Določa splošna načela in zahteve živilske zakonodaje ter vzpostavlja Evropsko agencijo za varnost hrane (EFSA, ang. The European Food Safety Authority). Uvaja tudi koncept sledljivosti po celotni prehranski verigi.
<b>Uredba (ES) št. 183/2005</b>	Določa zahteve glede higiene krme, vključno z obveznostjo vzpostavitve sistema HACCP za proizvajalce, predelovalce in distributerje krme.
<b>Uredba (ES) št. 767/2009</b>	Ureja dajanje krme na trg in označevanje, vključno z zahtevami glede deklaracije in krmnih dodatkov.

Ti predpisi tvorijo celovit sistem, ki zagotavlja, da je krma varna, kakovostna in sledljiva od surovine do končnega izdelka.

## 1.3 Ocena varnosti in zaznavanje nevarnosti v krmi

Ker lahko predstavlja krma za živali vir, skozi katerega vstopajo nevarnosti v prehransko verigo ljudi, je treba varnost oceniti pred uporabo za hranjenje živali. Ocene varnosti so pogosto večplastne in vključujejo tako tveganja za živali kot primarne potrošnike krme, pa tudi tveganja za ljudi, ki lahko posredno zaužijejo ostanke v hrani živalskega izvora. V nekaterih primerih se ocenjujeta tudi tveganje za osebe, ki delajo s krmo in jo mešajo, ter vpliv na okolje.

Za ocenjevanje varnosti krme je pomembno vzpostaviti dovolj splošne smernice, da zajamejo vse sestavine, a hkrati morajo biti dovolj prilagodljive, da omogočajo razlike med posameznimi vrstami sestavin. Ocene se pogosto izvajajo ločeno zaradi specifičnih lastnosti in uporabe posameznih sestavin, ki sestavljajo celovito krmo. Te vključujejo:

- tradicionalna žita, oljarice in njihove stranske proizvode (npr. soja in sojina moka),
- mineralne in vitaminske dodatke (npr. bakrov sulfat in vitamin B<sub>12</sub>),
- stranske proizvode predelave hrane (npr. suhi ostanke pekarskih izdelkov),
- žive mikrobne dodatke in fermentacijske proizvode, prečiščene ali ne (npr. *Lactobacillus acidophilus* in suhi fermentacijski ostanke),

- arome (npr. aldehid C-18), barvila (npr. astaksantin) ter druge sestavine, ki pomagajo pri proizvodnji ali mešanju krme (npr. sredstva proti strjevanju ali veziva).

### 1.3.1 Ocena tveganja

Ocenjevanje krme in sestavin krme mora temeljiti na načelih analize tveganja, ki jih določa *Codex Alimentarius*. To je zbirka mednarodno priznanih standardov, smernic in dobrih praks, ki jih izda Komisija Codexa Alimentarius, in sicer z namenom varovanja zdravja potrošnikov in dobrih praks na področju prehrane. Komisija Codexa Alimentarius je del organizacij FAO (ang. *Food and Agriculture Organization*) in WHO (ang. *World Health Organization*) (<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/en/#c453333>).

Ocena tveganja za mikrobiološke in kemijske nevarnosti v krmi in njenih sestavinah bi morala biti razvita ob upoštevanju ustreznih dokumentov Codexa, kot so:

- načela in smernice za izvajanje mikrobiološke ocene tveganja,
- načela analize tveganja, ki jih uporablja Codexov odbor za ostanke pesticidov,
- načela analize tveganja, ki jih uporablja Codexov odbor za ostanke veterinarskih zdravil v hrani,
- načela analize tveganja, ki jih uporabljajo Codexovi odbori za aditive in onesnaževala v hrani.

Analiza tveganja vključuje več faz, ki jih lahko povzamemo na naslednji način:

<b>1. Identifikacija nevarnosti</b>	Pri kemikalijah je treba določiti nevarnosti, ki vključujejo sestavine, nečistoče, nezaželene snovi ter toksične lastnosti ali druge ustrezne parametre ocenjevanja. Pri mikroorganizmih je treba opredeliti relevantne patogene in mikrobiološke značilnosti krme.
<b>2. Karakterizacija nevarnosti</b>	Pri kemikalijah je treba določiti ustrezne referenčne vrednosti, še posebej povezane z izpostavljenostjo po oralni poti (npr. LD <sub>50</sub> (srednji letalni odmerek), ADI (ang. <i>Acceptable daily intake</i> ), in jih upoštevati za vse relevantne vrste, vključno z neciljnimi organizmi. Pri mikrobioloških nevarnostih je treba opredeliti naravo in resnost škodljivih učinkov. Kadar je mogoče, vzpostaviti razmerje med odmerkom in odzivom.
<b>3. Ocena izpostavljenosti</b>	Treba je določiti potencialno izpostavljenost živali in ljudi nezaželenim snovem ali mikroorganizmom, pri čemer se upoštevajo njihova razširjenost in koncentracija v dnevni obroki krme ali v posamezni sestavini, prehranski podatki in vplivi predelave.
<b>4. Karakterizacija tveganja</b>	Tveganje se opredeli z združevanjem informacij o naravi škodljivih učinkov in možnosti izpostavljenosti, pri čemer se upoštevajo tudi dejavniki negotovosti.

Korak identifikacije nevarnosti identificira nezaželene snovi in mikroorganizme, ki se lahko naravno pojavijo ali vstopijo v krmo med predelavo, prevozom ali skladiščenjem. Treba je ugotoviti pogostost njihovega pojavljanja ter koncentracijo v sestavinah in v končnem izdelku. To je še posebej pomembno pri kompleksnih sestavinah, kot so stranski proizvodi drugih industrij.

Primeri nezaželenih snovi in mikroorganizmov vključujejo:

- težke kovine (Cd, Pb, As, živo srebro (Hg)),
- dioksine, dibenzofurane in PCB-je (poliklorirani bifenili),
- ostanke veterinarskih zdravil,
- pesticide,
- mikotoksine,
- patogene bakterije.

Ocena izpostavljenosti je korak, v katerem se določi koncentracija, pogostost in trajanje izpostavljenosti živali in ljudi nevarnim snovem ali mikroorganizmom. Izpostavljenost se razlikuje glede na sestavo izdelka, načine uporabe in specifične scenarije tveganja.

Če obstaja možnost bioakumulacije snovi v živalskih tkivih, so priporočeni poskusi hranjenja za oceno prenosa ostankov iz krme v hrano živalskega izvora. Študije bi morale zajemati osnovno spojino in njene možne metabolite. Pri mikrobni onesnaževalih so lahko potrebne raziskave o prenosu patogenov z živali na hrano živalskega izvora.

Vendar pa poskusov hranjenja ni vedno mogoče izvesti za vse možne scenarije (npr. različne vrste živali, spol ali življenjske faze). V takih primerih se lahko uporabijo toksikokinetični modeli, ki omogočajo napovedovanje prenosa potencialnih ostankov ali patogenov iz krme v hrano.

## 1.4 Najpomembnejše nevarnosti v krmi

Seznam nevarnosti, ki vplivajo na varnost hrane, je zelo obsežen. Merila za izbiro nevarnosti, ki so trenutno pomembne v krmi, vključujejo:

**Pomen nevarnosti za javno zdravje**

**Pogostost pojavljanja nevarnosti**

**Vpliv nevarnosti na mednarodno trgovino s hrano in krmo**

Med drugim se upoštevajo naslednje vrste krme in njenih sestavin:

- dopolnilne in popolne krmne mešanice,
- žita in oljnice (cela zrna in moko), stranski proizvodi sadja in zelenjave, vključno z olji,
- krma iz travinja, vključno s travo, senom in silažo,
- neposredno sušeni proizvodi (npr. ostanki pekarskih izdelkov),
- stranski proizvodi biogoriv (npr. destilirana zrna s topnimi snovmi – DGS, suha destilirana zrna s topnimi snovmi – DDGS, glicerol),
- stranski proizvodi živilske industrije,
- minerali, vključno z elementi v sledovih in vezivi,
- živalski stranski proizvodi, vključno z mesno in kostno moko ter maščobami,
- krmila iz vodnih organizmov, vključno z ribjo moko, lupinarji, ribjimi stranskimi proizvodi, morskimi algami in krilom,
- fermentacijski, biomasni in suhi proizvodi,

- živi mikrobi,
- dodatki za silažo.

## 1.4.1 Kemijske snovi

### 1.4.1.1 Dioksini, dibenzofurani in dioksinom podobni PCB-ji (dioksini)

Zaradi njihove razširjenosti v okolju lahko pride do kontaminacije krme z dioksini iz različnih virov. Po Belgijski krizi z dioksini leta 1999 so ti postali ključni dejavnik pri zagotavljanju varnosti krme. Od takrat so bili zabeleženi številni primeri kontaminacij iz nepričakovanih virov. Izkazalo se je, da se dioksini lahko nahajajo v nekaterih surovinah (npr. glineni minerali), nastajajo med toplotno obdelavo (npr. neposredno sušeni pekarski odpadki) ali pa so posledica uporabe obdelanega lesa v živinoreji. Prav tako so bili zaznani v travniških obrokkih, sušeni travi in obrokkih, pridelanih v bližini virov onesnaženja (npr. termoelektrarn na premog).

Dioksini in dioksinom podobni PCB-ji sodijo v dve sorodni skupini strupenih spojin, pri čemer ima vsaka svojo toksičnost, izraženo s faktorjem toksične ekvivalence (TEF, ang. *Toxic equivalency factor*).

Domneva se, da je večina izpostavljenosti ljudi dioksinom posledica uživanja živil živalskega izvora, saj se dioksini kopičijo v telesu živali zaradi njihovega vnosa s krmo. Ker se dioksini učinkovito nalagajo v maščobnem tkivu, lahko tudi zelo nizke ravni v krmi v celotni življenjski dobi živali povzročijo nesprejemljive ostanke v mesu, mleku in jajcih. Za oceno prenosa dioksinov v živalska tkiva so bili razviti toksikokinetični modeli. Nadzor vsebnosti dioksinov je v krmi ključen za zmanjšanje njihove navzočnosti v prehranski verigi. Rezultati presejalnih programov so pokazali, da lahko dioksini vstopajo v krmo z mineralnimi viri (npr. glineni minerali, recikliran bakrov sulfat, cinkov oksid) ter stranskimi proizvodi živilske in ribje industrije (npr. ribja moka, ribja olja).

Nujno je razviti ali izboljšati cenovno dostopne in natančne presejalne metode ter izvajati študije izpostavljenosti v krmi in hrani za pravilno oceno tveganja.

### 1.4.1.2 Mikotoksini: aflatoksin B<sub>1</sub>

V zadnjem desetletju je bilo izvedenih več študij o mikotoksinih. Med najpogostejšimi in najpomembnejšimi so aflatoksin B<sub>1</sub>, ohratoksin A, zearalenon, fumonizin B<sub>1</sub>, deoksinivalenol ter toksina T-2 in HT-2.

Pri oceni vpliva mikotoksinov na varnost hrane je treba poudariti predvsem tiste, ki se lahko prenašajo iz krme v živila živalskega izvora, saj ti predstavljajo pomemben vir izpostavljenosti za ljudi. Čeprav se nekateri mikotoksini lahko prenesejo v meso, mleko in jajca, je aflatoksin B<sub>1</sub> še posebej problematičen, saj se v mleku pojavi v obliki aflatoksina M<sub>1</sub>.

Pomembno je poudariti, da živali, ki uživajo krmo, onesnaženo z aflatoksini, ne kažejo nujno kliničnih znakov zastrupitve.

**Krma, najbolj dovzetna za kontaminacijo z aflatoksini, vključuje:**

**žita (zlasti koruza)**

**bombažna semena**

**arašide**

**kokosove tropine**

Ker kontaminacija z aflatoksini ni enakomerno porazdeljena, je nujno uporabljati ustrezne vzorčevalne metode. Krma z visoko vsebnostjo aflatoksinov ne sme biti uporabljena za

molzne krave ali druge živali, ki proizvajajo mleko za prehrano ljudi, prav tako ne sme biti uporabljena za druge rejne živali.

Obstajajo dokazi, da se mikotoksini lahko koncentrirajo v DDGS, ki nastanejo med predelavo žit v etanol.

### 1.4.1.3 Težke kovine (toksični elementi)

Cd je vseprisoten onesnaževalec, ki ga najdemo v številnih krmilih in sestavinah krme, zlasti v mineralnih dodatkih, in v krmi, pridelani v bližini rudarskih ali industrijskih območij. As in Hg sta elementa, ki se naravno pojavljata v okolju, zato ju lahko najdemo tudi v različnih vrstah krme, predvsem v krmi morskega izvora. Pb je pogosta težka kovina, ki lahko kontaminira krmo zaradi onesnažene zemlje, vode ali uporabe določenih mineralnih dodatkov.

**Tabela 1:** Viri toksičnih elementov in njihova bioakumulacija v živalskih tkivih

Toksični elementi	Viri	Bioakumulacija v živalskih tkivih
<b>Arzen (As) (anorganski)</b>	Morske alge, ribji izdelki, mineralni dodatki	Ribe
<b>Kadmij (Cd)</b>	Mineralni dodatki (fosfati, cinkovi viri), krmila z območij, blizu rudnikov in industrijskih objektov, organska gnojila	Ledvice in jetra (najvišje vrednosti v školjkah, lososu, gobah; nizke vrednosti v mlečnih izdelkih, mesu, jajcih in perutnini)
<b>Svinec (Pb)</b>	Onesnažena tla, stare barve s svincem, voda iz svinčenih cevi, akumulatorji, mineralni dodatki (bakrov sulfat, cinkov sulfat, cinkov oksid)	Kosti, možgani, ledvice
<b>Živo srebro (Hg)/metil živo srebro</b>	Industrijsko onesnaženje, ribja moka	Jetra, ledvice, ribe, morski sesalci

### 1.4.1.4 Veterinarska zdravila

Ostanki veterinarskih zdravil lahko kontaminirajo krmo na več načinov:

- z uporabo sestavin živalskega izvora, kot sta mesna in kostna moka ali ribja moka. Ta vir kontaminacije ni zelo pomemben;
- z navzkrižno kontaminacijo v obratih za proizvodnjo krme, ko krmila za živali, ki niso namenjena zdravljenju, pridejo v stik s krmili, ki vsebujejo veterinarska zdravila. To se lahko zgodi zaradi neustreznega čiščenja med proizvodnimi cikli.

Za preprečevanje takšne kontaminacije je treba upoštevati Kodeks dobrih praks za uporabo veterinarskih zdravil (GPVD, ang. *Good practice in the use of veterinary drugs*), ki vključuje stroge smernice za preprečevanje prenosa ostankov zdravil v krmo.

Posebno pozornost je treba nameniti nezakoniti uporabi zdravil v krmi, ki lahko vodi do nevarnih ostankov v mesu, mleku ali jajcih. Med znanimi primeri so:

- kloramfenikol in nitrofurani v kozicah,
- kloramfenikol v mleku v prahu.

Pri proizvodnji etanola se za preprečevanje bakterijske kontaminacije fermentacijskega postopka lahko uporabljajo antibiotiki. Ti se lahko med sušenjem stranskega produkta (DDGS) skoncentrirajo, zato obstaja tveganje, da jih živali vnesejo s krmo in da to posredno vpliva tudi na zdravje ljudi.

#### 1.4.1.5 Organo-klorirani pesticidi

Organo-klorirani pesticidi še vedno onesnažujejo okolje, poleg tega pa se ponekod še vedno uporabljajo, kar lahko povzroči kontaminacijo živalske krme.

Te spojine se kopičijo v maščobnem tkivu živali in lahko povzročijo onesnaženje živil živalskega izvora, ne da bi se pri tem pojavili očitni klinični simptomi pri živalih. Kontaminirano meso lahko predstavlja resno tveganje za zdravje ljudi, saj so organo-klorirani pesticidi izjemno obstojni in se v telesu zelo počasi razgrajujejo.

### 1.4.2 Mikrobiološke nevarnosti

Glavni viri mikrobioloških nevarnosti v krmi so:

**Onesnaženi pašniki**

**Krma iz travinja**

**Živalski in rastlinski  
beljakovinski obroki**

Mikrobiološke nevarnosti je zelo težko razvrstiti po pomembnosti. Za natančnejšo opredelitev vloge posameznih patogenov pri prenosu bolezni na ljudi s hrano živalskega izvora so potrebne dodatne raziskave.

#### 1.4.2.1 *Brucella sp.*

V državah z visoko stopnjo okužbe z brucelozo lahko okužene živali (prežvekovalci) abortirajo na pašnikih, od koder se pridobiva seno in krma. Znano je, da posteljica okuženih živali vsebuje visoke koncentracije teh bakterij. Če se takšna krma uporablja za molzne živali, lahko brucele prehajajo v mleko. Zato predstavlja nepasterizirano mleko tveganje za javno zdravje.

#### 1.4.2.2 *Salmonela sp.*

Salmonele še vedno veljajo za globalno tveganje za javno zdravje. Čeprav je jasno, da okužba pri živalih omogoča prenos patogena na ljudi z živil živalskega izvora, trenutno primanjkuje znanstvenih podatkov o neposredni povezavi med okuženo krmo in okužbo živine z enakimi sevi salmonele, ki se pozneje pojavijo v mesu, mleku in jajcih.

#### 1.4.2.1 Endoparaziti

Nekateri endoparaziti, kot so *Echinococcus*, *Toxoplasma gondii*, *Cysticercus* in *Trichinella*, ogrožajo zdravje ljudi. Razvojne oblike teh parazitov, ki povzročajo okužbe, lahko kontaminirajo krmo in s tem tudi prehransko verigo ljudi.

### 1.4.3 Strupene rastline

Na travnatih pašnikih rastejo po vsem svetu številne strupene rastline. Čeprav so njihovi toksični učinki dobro dokumentirani, še vedno primanjkuje podatkov o njihovem metabolizmu, ostankih v mesu in mleku ter določenih mejnih vrednostih (MRL, ang. *Maximum residue level*) in ADI.

Tveganje kontaminacije s toksini strupenih rastlin se lahko zmanjša z upoštevanjem dobrih kmetijskih praks.

## 1.5 Vloga veterinarjev v trajnostnih prehranskih sistemih

---

Veterinarji so svetovalci rejcem in nosilci prenosa znanja, saj prispevajo k izboljšanju zdravja in dobrobiti živali, nadzoru bolezni ter varnosti hrane. S sodelovanjem pri zakonodaji, znanstvenih raziskavah in inovacijah zagotavljajo skladnost prehranskih sistemov s trajnostnimi načeli.

### 1.5.1 Pomen pristopa Eno zdravje

Pristop Eno zdravje povezuje zdravje ljudi, živali in okolja. Veterinarji s spremljanjem bolezni pri živalih zmanjšujejo tveganje zoonoz, izboljšujejo biovarnost in sodelujejo pri razvoju cepiv ter alternativnih terapevtskih pristopih.

### 1.5.2 Varnost hrane in zmanjšanje uporabe antibiotikov

Veterinarji igrajo osrednjo vlogo v prehranski verigi – od kmetije do potrošnika. Njihovo strokovno znanje je ključno pri zagotavljanju varne hrane in nadzoru kakovosti proizvodov živalskega izvora. Poseben poudarek je na zmanjševanju uporabe antibiotikov v živinoreji, s čimer se zmanjšuje tveganje za razvoj odpornosti mikroorganizmov proti protimikrobnim zdravilom.

### 1.5.3 Okoljski vidik in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov

Veterinarji sodelujejo pri razvoju trajnostnih praks v kmetijstvu, kot so: izboljšane metode hranjenja živali, zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in boljša raba virov. Pomagajo pri prilagajanju živinoreje na podnebne spremembe, predvsem pri preprečevanju novih bolezni in zagotavljanju dobrobiti živali v rejah.

### 1.5.4 Krožno gospodarstvo in zmanjševanje odpadkov

Veterinarji podpirajo učinkovito rabo živalskih stranskih proizvodov, razvoj alternativnih virov beljakovin in zmanjšanje izgube živil. S spodbujanjem inovacij, kot je uporaba žuželk za krmo, prispevajo k bolj trajnostnemu prehranskemu sistemu.

Veterinarji so ključni akterji v trajnostnem razvoju prehranskih sistemov. Njihova vloga pri nadzoru bolezni, varnosti hrane, zmanjšanju uporabe antibiotikov ter varovanju okolja je nepogrešljiva. FVE (Skupščina evropskih veterinarjev, ang. *Federation of Veterinarians of Europe*) poziva k nadaljnjemu sodelovanju med veterinarsko stroko, kmetijskim sektorjem in odločevalci za doseganje ciljev trajnostnega razvoja.

---

## Literatura

- (1) CAC/RCP 54-2004. Codex Alimentarius Code of Practice on Good Animal Feeding. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004: 8 str. <https://www.fao.org/feed-safety/resources/resources-details/en/c/1054052/> (13. 11. 2025).

- (2) European Food Safety Authority. Introduction of a Qualified Presumption of Safety (QPS) approach for assessment of selected microorganisms referred to EFSA: opinion of the Scientific Committee (Question No EFSA-Q-2005-293) EFSA J 2007; 587: 1–16. doi:10.2903/j.efsa.2007.587
- (3) Evropski parlament. Uredba Evropskega parlamenta in Sveta (ES) št. 183/2005 z dne 12. januarja 2005 o zahtevah glede higiene krme. Ur List EU 2005; L 35: 1-22. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0183> (6. 11. 2025).
- (4) FAO. Animal Feed Impact on Food Safety: report of the FAO/WHO Expert Meeting FAO Headquarters. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/57c0c5f7-008f-4108-a2d3-0021968c006e/content> (6. 11. 2025).
- (5) FAO. Codex Alimentarius: International Food Standards. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/en/#c453333> (28. 10. 2025).
- (6) FVE. Veterinarians commit to sustainable food systems. Brussels: Federation of Veterinarians of Europe, 2021. [https://fve.org/cms/wp-content/uploads/018-Veterinarians-commit-to-sustainable-food-systems\\_GA-2021\\_adopted\\_FINAL.pdf](https://fve.org/cms/wp-content/uploads/018-Veterinarians-commit-to-sustainable-food-systems_GA-2021_adopted_FINAL.pdf) (6. 11. 2025).
- (7) National Academy of Sciences. Mineral tolerance of animals. 2nd revised ed. Washington: National Academic Press, 2005. <https://natureslogic.com/wp-content/uploads/2018/01/NRC-2005.pdf> (6. 11. 2025).

# 2 ORGANIZACIJA LABORATORIJEV NA PODROČJU ZAGOTAVLJANJA VARNE KRME (IN HRANE)

*Laboratorijsko mrežo za uradni nadzor hrane in krme sestavljajo uradni laboratoriji in nacionalni referenčni laboratoriji (NRL), ki jih določi Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (UVHVVR, v nadaljevanju: Uprava) ter referenčni laboratoriji Evropske unije (EURL), ki jih določi Evropska komisija.*

## 2.1 Uradni laboratoriji

---

V uradnih laboratorijih izvajamo laboratorijske preiskave vzorcev krme, vode in drugih vzorcev, ki jih odvezamo v okviru uradnega nadzora krme. Z vzorčenjem in laboratorijskimi analizami preverjamo skladnost krme z zahtevami zakonodaje ter ocenjujemo njeno varnost. Tako zagotavljamo nadzor nad izvajanjem obveznosti nosilcev dejavnosti na področju krme in prispevamo k varni prehranski verigi.

---

**Skladnost** Skladnost je izpolnjevanje pogojev, določenih s predpisi, ki urejajo zdravstveno varstvo živali in zoonoze, zaščito živali, živalske proizvode in varnost krme ter rezidua in uporabo zdravil v veterinarski medicini.

---

**Rezidua** Rezidua so ostanki dovoljenih substanc, ki lahko v preseženih količinah v živilih, določenih s predpisi Evropske skupnosti, predstavljajo tveganje za zdravje ljudi, ter prepovedane in nedovoljene substance.

Zakon o veterinarskih merilih skladnosti navaja, da morajo biti v državi zagotovljeni laboratoriji za izvajanje vseh analiz za potrebe uradnega veterinarskega nadzora, predpisanega z zakonodajo, ki ureja področje veterinarske dejavnosti. Takšne laboratorijske analize lahko izvajajo le imenovani laboratoriji. To so odobreni laboratoriji, ki za izvajanje posameznih laboratorijskih analiz v okviru uradnega veterinarskega nadzora pridobijo koncesijo generalnega direktorja Uprave v skladu s predpisi na področju veterinarstva. Za pridobitev statusa odobrenega laboratorija mora ta izpolnjevati pogoje za izvajanje posameznih preiskav in diagnostike glede prostorov, opreme, uporabljenih standardov, postopkov, strokovnega kadra, usposobljenega osebja in referenc ter mora biti vključen v medlaboratorijske primerjave. Izpolnjevanje teh pogojev izkazuje laboratorij z Akreditacijsko listino, ki jo izda Slovenska akreditacija (<https://www.vf.uni-lj.si/zagotavljanje-kakovosti>) ali akreditacijski organ druge države, ki jo priznava Slovenska akreditacija. Za opravljanje preiskav za uradni nadzor mora biti laboratorij torej akreditiran v skladu s standardom ISO/IEC 17025 (*Splošne zahteve za usposobljenost preskuševalnih in kalibracijskih laboratorijev*), s čimer zagotavlja kakovostne in primerljive rezultate analiz. V skladu z zahtevami standarda morajo biti vsi postopki v laboratoriju (npr. sprejem in priprava vzorcev, analizni postopki, prikaz rezultatov analiz, kalibracije in preverjanje aparatov, usposabljanje izvajalcev analiz, ...) opisani in dokumentirani. Analizni postopki morajo biti pred uporabo validirani. Tako dokažemo, da je postopek glede na svoje značilnosti (merilno območje merjenja, pravilnost, natančnost, meja zaznavnosti, meja vrednotenja) primeren za predvideno uporabo (za določeno vrsto vzorca). Pri validaciji preverjamo parametre, kot so: linearnost, izkoristek, ponovljivost in znotraj laboratorijske obnovljivost postopka, meja zaznavnosti in meja vrednotenja oziroma meja odločitve (CC<sub>a</sub>, ang. *decision limit*), sposobnost zaznavanja (CC<sub>β</sub>, ang. *detection capability*) ter robustnost analiznega postopka.

Tudi na Veterinarski fakulteti imamo akreditirane, odobrene in imenovane laboratorije, ki delujejo v okviru Nacionalnega Veterinarskega Inštituta (NVI) (<https://www.vf.uni-lj.si/nacionalni-veterinarski-institut>). NRL za krmo določi Uprava za vsak EURL. Med njimi najdemo na primer EURL za mikotoksine in rastlinske toksine (Nizozemska), EURL za živalske proteine v krmi (Belgija) in EURL za transmisivne spongiformne encefalopatije (Italija).

V izjemnih primerih, ko ni mogoče določiti NRL med imenovanimi laboratorijemi v državi, lahko generalni direktor Uprave za NRL določi NRL druge države članice.

NRL sodelujejo z EURL pri programih usposabljanja in medlaboratorijskih primerjalnih preskusih, ki jih organizirajo EURL. Njihova glavna naloga je izvajanje analiz po referenčnih metodah, ki jih določi EURL, Evropska komisija oziroma Uprava. Poleg tega usklajujejo dejavnosti uradnih laboratorijev, jih oskrbujejo z referenčnim materialom in zagotavljajo usposabljanje osebja uradnih laboratorijev. Organizirajo tudi medlaboratorijske primerjalne preskuse ali preskuse strokovne usposobljenosti med uradnimi laboratoriji, če je za posamezne preiskave imenovanih več kot en uradni laboratorij, in razširjajo informacije, ki jih dobijo od EURL. V okviru svojih nalog zagotavljajo Upravi znanstveno, strokovno in tehnično pomoč za izvajanje večletnih nacionalnih načrtov in usklajenih programov nadzora, pri izbruhih okužb z živili ali pri drugih neskladnostih oziroma incidentih, povezanih z varnostjo hrane.

## 2.2 Laboratorijske metode

Uradni laboratoriji za preiskave vzorcev uporabljajo laboratorijske metode, predpisane z zakonodajo. V Uredbi (EU) 2017/625 (Uredba o izvajanju uradnega nadzora) je predpisana tudi kaskada za uporabo metod. Prva izbira so metode, skladne s pravili Unije, ki določajo te metode (uradne metode) ali merila učinkovitosti zanje. Uradne metode za analizo krme so zbrane v Uredbi Komisije (ES) št. 152/2009 o določitvi metod vzorčenja in analitskih metod za uradni nadzor krme z vsemi dopolnitvami. Kadar uradna metoda ne obstaja, se uporabljajo standardizirane metode, skladne z mednarodno sprejetimi pravili, vključno s tistimi, ki jih je sprejel Evropski komite za standardizacijo (CEN, fr. *Comité Européen de Normalisation*). Lahko pa se uporabijo protokoli ali metode, ki jih priporočajo EURL, ter metode, določene v nacionalni zakonodaji, ali tiste, ki jih priporočajo NRL. V primeru, da prej navedene laboratorijske metode ni, se lahko uporabi metoda, razvita in validirana s študijami za validacijo metod, ki se izvedejo znotraj enega laboratorija ali med več laboratoriji, in sicer v skladu z mednarodno sprejetimi znanstvenimi protokoli.

V primeru, da so laboratorijske analize, preskusi ali diagnostika nujno potrebni, ni pa na voljo nobene opisane metode, lahko NRL uporablja, do validacije ustrezne metode v skladu z mednarodno sprejetimi znanstvenimi protokoli, druge metode.

### 2.2.1 Standardizacija metod

Razvoj in objavo standardiziranih metod v laboratorijih urejajo različne mednarodne organizacije.

Globalne organizacije na področju standardizacije metod:

- **Mednarodna organizacija za standardizacijo** (ISO, ang. *International Organization for Standardization*) – Odbor TC 34/SC 10 »Krmila za živali« obravnava kemijske, biokemijske, fizikalne in mikroskopske metode, medtem ko TC 34/SC 9 določa mikrobiološke metode.
- **Evropski komite za standardizacijo** (CEN), zlasti odbor TC 327 (»Krmila za živali – metode vzorčenja in analiziranja«).
- **AOAC International** (ang. *Association of Official Analytical Chemists*) – razvija in validira metode analiziranja za varnost hrane in krme.

Za zagotavljanje enotne uporabe teh metod je ključno, da so validirane s sodelovalnimi študijami, ki preverijo njihovo učinkovitost v različnih laboratorijih.

V primerih, ko novejšje standardizirane metode še niso na voljo, lahko laboratoriji izvajajo lastno validacijo in akreditacijo metod v skladu s standardom ISO/IEC 17025 (*Splošne zahteve za usposobljenost preskuševalnih in kalibracijskih laboratorijev*).

Za zagotavljanje sledljivosti meritev se priporoča uporaba certificiranih referenčnih materialov (CRM) kot dela zagotavljanja kakovosti in uporaba programov medlaboratorijskih primerjav (PT, ang. *Proficiency testing*), ki preverjajo sposobnost laboratorijev za pravilno izvajanje analiz. Vendar so

CRM-ji in programi PT omejeni na razmeroma majhno število kombinacij analit - matriks, zato takšni viri še niso na voljo za mnoge spojine.

Glede na Uredbo (EU) št. 2017/625 veljajo za analitske metode določena merila. Za analitske metode in rezultate meritev bi morala veljati naslednja merila:

- točnost (pravilnost in natančnost),
- uporabnost (matriks (material za analizo) in koncentracijsko območje),
- meja zaznavnosti,
- meja določljivosti,
- natančnost,
- ponovljivost,
- obnovljivost,
- izkoristek,
- selektivnost,
- občutljivost,
- linearnost,
- merilna negotovost,
- druga merila, ki se lahko izberejo po potrebi.

### **2.2.2 Postopek validacije laboratorijske metode**

V primerih uporabe nestandardnih merilnih postopkov laboratorijske preiskave mora biti metoda validirana.

Validacija je po definiciji potrjevanje ali dokazovanje skladnosti česa z obstoječimi standardi, zahtevami.

V Uredbi (EU) št. 2017/625 (Uredba o izvajanju uradnega nadzora) je navedeno, da lahko uradni laboratorij poleg metod, ki jih je uporabljal, ko je dobil akreditacijo, vključi prilagojene različice teh metod ali nove metode na podlagi validacije, ki jo opravi laboratorij sam.

Za ustrezno načrtovanje validacije je potrebno dobro pripraviti standardne operative postopke (SOP, ang. *Standard operating procedure*) za metodo. SOP pomenijo dokumentirane postopke, ki opisujejo, kako izvajati preskuse ali dejavnosti. Vsaka posamezna preskusna laboratorijska enota ali področje mora imeti za dejavnosti, ki potekajo v njej, ves čas na voljo veljavne SOP-e. V laboratorijih za nadzor s področja krme so to na primer »SOP o prejemu, identifikaciji, označevanju in shranjevanju vzorcev«, »SOP o uporabi, vzdrževanju, čiščenju in umerjanju naprav«. Priprava ustreznega SOP-a je odgovornost odgovorne osebe laboratorija, pogosto pa pri tem sodeluje več strokovnjakov.

Pri pripravi SOP-a in načrta za validacijo je potrebno upoštevati možen vpliv različnih dejavnikov na dobljen rezultat meritev. Nanje vpliva sam postopek (izbira vrste metode, število meritev, čas meritve, izbira inštrumentov in ustrezna izbira ali priprava programa za obdelavo rezultatov). Na meritve lahko vplivajo tudi pogoji analize (ločljivost, ponovljivost, umerjanje, temperatura), pogoji okolja (temperatura, vlaga, vibracije, tlak) in lastnost merjene snovi (površina, dimenzije, masa, čistost, prisotnost nečistoč). Nenazadnje pa na meritve vpliva tudi usposobljenost osebja, ki mora imeti ustrezno znanje in izkušnje za izvajanje dela. Tudi v postopku validacije metode moramo vsa merila preveriti in glede na vrsto vzorca in metode tudi ustrezno zabeležiti.

### **Točnost**

Točnost opredeljujeta pojma pravilnost in natančnost. Pravilnost izraža, kako blizu je rezultat (določena vrednost meritve) njegovi pravi oziroma pričakovani referenčni vrednosti. Natančnost pa nam pove, kakšna je variabilnost med ponavljajočimi meritvami, opravljenimi pod istimi pogoji. Natančnost ovrednotimo na dva načina s ponavljanjem meritev – pod pogoji ponovljivosti in obnovljivosti (znotraj laboratorija in med laboratoriji):

**Ponovljivost** primerja rezultate večkratnega ponavljanja analizne metode ali testa, ki jih izvaja ista oseba z isto opremo v krajšem časovnem intervalu na eni lokaciji.

**Obnovljivost** primerja rezultate večkratnih ponovitev analizne metode v različnih pogojih, npr. v daljšem časovnem obdobju, z različno opremo, različnimi izvajalci ali v drugem laboratoriju (prava obnovljivost).

---

### **LOD in LOQ**

**LOD** (meja zaznavnosti, ang. *Limit of detection*) je najnižja koncentracija preiskovane snovi, ki jo z določeno metodo še zaznamo, ni pa nujno, da jo lahko tudi kvantitativno določimo.

**LOQ** (meja določljivosti, ang. *Limit of quantification*) je najnižja koncentracija preiskovane snovi v vzorcu, ki jo za določeno metodo lahko kvantitativno določimo s sprejemljivo natančnostjo in točnostjo.

---

### **Selektivnost**

Selektivnost je zmožnost analiznega postopka v, da določi analizirano snov v prisotnosti drugih sestavin vzorca (pomeni, da loči analit od drugih snovi v vzorcu).

---

### **Izkoristek**

Izkoristek analizne metode pomeni delež snovi, ki jo dobimo iz vzorca z analizno metodo in ovrednotimo, v primerjavi s celotno količino, prisotno v vzorcu. Izrazimo ga v odstotkih. Izgube so posledica večjega števila korakov v metodi (npr. čiščenje vzorca, nepopolna ekstrakcija, itd.). Uredba (ES) št. 152/2009 o določitvi metod vzorčenja in analitskih metod za uradni nadzor krme predpisuje, da ob podajanju rezultata le tega korigiramo za izkoristek. Popravek ni potreben, če je stopnja izkoristka 90–110 %.

---

---

**Ocena odstopanja**

Ocena odstopanja (razlika med izmerjeno in pravo vrednostjo) je eden najtežjih elementov validacije metod. Pri tem si laboratorij lahko pomaga z referenčnim materialom. To je material ali snov, ki je dovolj homogena in katere ena ali več lastnosti je dovolj dobro ugotovljenih, da se lahko uporablja za kalibracijo naprave, ocenjevanje merilne metode ali za pripisovanje vrednosti materialom. CRM pa je po definiciji referenčni material s priloženim certifikatom, katerega ena ali več vrednosti določene lastnosti je certificiranih s postopkom, ki vzpostavlja sledljivost do točne realizacije enote, v kateri so vrednosti te lastnosti izražene in pri kateri vsako certificirano vrednost spremlja negotovost z navedeno stopnjo zaupanja.

---

**Merilna negotovost**

Merilna negotovost označuje raztros vrednosti, ki jih je mogoče upravičeno pripisati merjenim rezultatom. Merilno negotovost lahko označimo kot interval okrog izmerjene vrednosti, v katerem z neko verjetnostjo (običajno 95 %) leži prava vrednost merjene snovi (ki je ne poznamo).

Ustreznost metode in določene validacijske parametre (natančnost) nato pridobi laboratorij in preveri z medlaboratorijsko primerjavo.

## 2.3 Medlaboratorijske primerjave

Medlaboratorijska primerjava (ILC/PT, ang. *Inter-laboratory comparison/Proficiency testing*) pomeni organizacijo, izvedbo in ovrednotenje rezultatov merjenja ali preskušanja istih ali podobnih vzorcev, ki jih opravita dva ali več laboratorijev skladno z vnaprej določenimi pogoji.

Glavni namen medlaboratorijskih primerjav je oceniti usposobljenost laboratorijev za izvajanje specifičnih preskusov, meritev ali kalibracij. Medlaboratorijske primerjave so eno izmed najpomembnejših orodij, s katerimi spremlja laboratorij in obvladuje kakovost izvajanja akreditiranih dejavnosti in rezultatov ter njihovo primerljivost z rezultati drugih laboratorijev, ki delujejo na istem področju. Rezultati medlaboratorijskih primerjav omogočajo identifikacijo morebitnih problemov in so še posebej pomembni za verifikacijo dela laboratorija ob vpekljavi sprememb ali uvajanju novih dejavnosti.

Sodelovanje v ustreznih medlaboratorijskih primerjavah, če so te na voljo, je tudi eden od pogojev za pridobitev in vzdrževanje akreditacije laboratorija.

---

## Literatura

- (1) Ačko B. Merilna negotovost in zagotavljanje sledljivosti meritev z internim umerjanjem. In: 18. Dnevi akreditacije. Ljubljana: Slovenska akreditacija, 2016.
- (2) Brulc K. Medprocesna analitika za spremljanje sinteze 1-hidroksi-3,5-dimetiladamantana s plinsko kromatografijo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, 2013. Magistrska naloga.
- (3) Evropska komisija. Izvedbena uredba Komisije (EU) 2023/2782 z dne 14. decembra 2023 o določitvi metod vzorčenja in analiznih metod za nadzor vsebnosti mikotoksinov v živilih ter razveljavitvi Uredbe

- (ES) št. 401/2006. Ur List EU 2023; L 2023/2782: 1–44. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=OJ:L\\_202302782](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302782) (6. 11. 2025).
- (4) Evropska komisija. Uredba Komisije (ES) št. 152/2009 z dne 27. januarja 2009 o določitvi metod vzorčenja in analitskih metod za uradni nadzor krme (Besedilo velja za EGP). Ur List EU 2009; L54: 1–130. <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/152/2025-05-14> (13. 11. 2025).
- (5) Evropski parlament. Uredba (EU) 2017/625 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 15. marca o izvajanju uradnega nadzora in drugih uradnih dejavnosti, da se zagotovi uporaba zakonodaje o živilih in krmi, pravil o zdravju in dobrobiti živali ter zdravju rastlin in fitofarmaceutskih sredstvih, ter o spremembi uredb (ES) št. 999/2001, (ES) št. 396/2005, (ES) št. 1069/2009, (ES) št. 1107/2009, (EU) št. 1151/2012, (EU) št. 652/2014, (EU) 2016/429 in (EU) 2016/2031 Evropskega parlamenta in Sveta, uredb Sveta (ES) št. 1/2005 in (ES) št. 1099/2009 ter direktiv Sveta 98/58/ES, 1999/74/ES, 2007/43/ES, 2008/119/ES in 2008/120/ES ter razveljavitvi uredb (ES) št. 854/2004 in (ES) št. 882/2004 Evropskega parlamenta in Sveta, direktiv Sveta 89/608/EGS, 89/662/EGS, 90/425/EGS, 91/496/EGS, 96/23/ES, 96/93/ES in 97/78/ES ter sklepa Sveta 92/438/EGS (Uredba o uradnem nadzoru). Ur List EU 2017; L 95: 1–142. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/625/oj/slv> (6. 11. 2025).
- (6) FAO. Animal Feed Impact on Food Safety: report of the FAO/WHO Expert Meeting FAO Headquarters. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/57c0c5f7-008f-4108-a2d3-0021968c006e/content> (6. 11. 2025).
- (7) GOV.SI. Laboratoriji na področju hrane in krme. Ljubljana: Uprava Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, 2025. <https://www.gov.si teme/laboratoriji-na-podrocju-hrane-in-krme/> (10. 10. 2025).
- (8) Hrastelj N. Od vzorčenja do rezultata meritve: preverjanje, validacija in merilna negotovost. In: Dan akreditacije 2018. Ljubljana: Slovenska akreditacija, 2018.
- (9) ISO 5725-1:2023. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions. Geneva: International Organization for Standardization, 2023.
- (10) Pravilnik o načelih dobre laboratorijske prakse. Ur List RS 2000; 10(38): 4513–8. <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2000-01-1857> (21. 7. 2025).
- (11) Prevod EA 04/14: izbira in uporaba referenčnih materialov. Ljubljana: Slovenska akreditacija, 2005: 13 str.
- (12) SIST EN ISO/IEC 17025:2017. Splošne zahteve za usposobljenost preskuševalnih in kalibracijskih laboratorijev (ISO/IEC 17025:2017). Ljubljana: Slovenski inštitut za standardizacijo, 2017: 30 str.
- (13) Slovar slovenskega knjižnega jezika. 2. dopolnjena in deloma prenovljena izd. Ljubljana: Založba ZRC, 2014. [www.fran.si](http://www.fran.si) (23. 6. 2025).
- (14) Zakon o veterinarskih merilih skladnosti (ZVMS). Ur List RS 2005; 15(93): 9632–54. <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2012-01-3528> (9. 9. 2025).

# 3 UPRAVLJANJE VARNOSTI KRME PO NAČELIH SISTEMA HACCP

*HACCP je sistem analize tveganj in določitve kritičnih kontrolnih točk. Namenjen je prepoznavanju, vrednotenju in obvladovanju morebitnih tveganj in s tem zagotavljanju višje ravni varnosti hrane in krme. Tveganja predstavljajo biološke, fizikalne in kemijske nevarnosti, ki ogrožajo surovine ter se pojavljajo pri ravnanju s surovinami, proizvodnji, distribuciji, shranjevanju in uživanju končnega izdelka.*

Sistem vključuje pet korakov in sedem načel ter zahteva upoštevanje SOP in navodil, ki zmanjšujejo tveganja v povezavi z varnostjo hrane in krme. Pomembno je zavedanje in sprejetje dejstva, da uporaba sistema HACCP ni možna pri vseh nosilcih dejavnosti poslovanja s krmo. Za nekatere dejavnosti poslovanja s krmo namreč ni mogoče opredeliti kritičnih kontrolnih točk (CCP, ang. *Critical control points*), prav tako lahko v nekaterih primerih dobra praksa nadomesti spremljanje CCP.

Za razliko od tradicionalnega uradnega oziroma inšpekcijskega nadzora na koncu proizvodnega procesa HACCP deluje kot integriran preventivni sistem, ki zagotavlja varnost hrane in krme v vseh fazah njene proizvodnje in distribucije ter zmanjšuje tveganje za zdravje ljudi, živali in okolje. Gre za logičen, znanstveno utemeljen sistem nadzora, ki omogoča:

- identifikacijo in oceno vseh možnih nevarnosti fizikalnega, kemijskega ali mikrobiološkega izvora v celotnem proizvodnem procesu,
- določitev ukrepov za njihovo preprečevanje in nadzor,
- zagotavljanje uspešne in učinkovite izvedbe teh ukrepov.

Sistem HACCP ne nadomešča uradnega inšpekcijskega nadzora, vendar dopolnjuje dobre prakse pridelave, dobre higienske in kmetijske prakse ter s tem sledi zakonsko določenim ciljem varnosti hrane in krme, ki se preverja z zunanjim pravno zavezujočim inšpekcijskim nadzorom.

## 3.1 Pet korakov in sedem načel HACCP

Sistem HACCP vključuje pet korakov in sedem načel, ki jih lahko delimo na dve osnovni fazi: pripravo in izvedbo.

### 3.1.1 Pet korakov HACCP

1. Oblikovanje HACCP ekipe, sestavljene iz strokovnjakov različnih področij.
2. Opis proizvoda (proizvodna specifikacija), kjer se zabeležijo njegove osnovne značilnosti.
3. Opredelitev namena proizvoda in identifikacija ciljne skupine.
4. Priprava diagrama, ki grafično prikazuje proizvodni proces.
5. Preverjanje in potrditev tega shematičnega prikaza tehnološkega postopka.

Po teh petih korakih sledi uporaba sedmih načel HACCP.

### 3.1.2 Sedem načel HACCP

#### 1. načelo HACCP: Analiza in ocena tveganja

Potrebno je identificirati vse nevarnosti (biološke, fizikalne in kemijske), ki jih je možno preprečiti, odpraviti ali zmanjšati na sprejemljiv nivo. Identifikacija se mora vršiti na vseh stopnjah proizvodnje, skladiščenja in distribucije. Posebno tveganje predstavljajo:

<b>Nabava surovin</b> (vključno z dostavo)	<b>Shranjevanje</b> osnovnih surovin in proizvodnja krme ter njihovo shranjevanje	<b>Oddaja krme</b> (vključno s prevozom)
---	---	---

Ob tem je še posebej pomembno upoštevati tveganja, ki izhajajo iz bioloških, fizikalnih in kemijskih nevarnosti.

Med najpogostejše **biološke nevarnosti** sodijo plesni (zlasti tiste, ki tvorijo toksine), bakterije (npr. *Clostridium spp.*, *Salmonella spp.*) ter drugi povzročitelji, kot so: paraziti (npr. povzročitelj toksoplazmoze), nematodi in škodljivci v skladiščih.

Med **fizikalne nevarnosti** uvrščamo tujke: steklo, kovinski ali plastični koščki.

**Kemijske nevarnosti** zajemajo različne kontaminante, med njimi dioksine in furane, PCB, težke kovine, ostanke fitofarmaceutskih sredstev, zdravil, biocidov, pomožnih snovi za obdelavo, čistilnih sredstev in maziv. V krmi se lahko pojavijo tudi naravne toksične snovi, kot so: rastlinski strupi in mikotoksini.

Poleg tega lahko nepravilna doziranja, zlasti pri krmnih dodatkih (npr. vitamini, elementi v sledovih, aminokisliline), s premajhno ali preveliko vsebnostjo, negativno vplivajo na zdravje živali, krmljenih s takšno krmo. Prekomerno dodajanje krmnih dodatkov lahko povzroči njihovo kopičenje v organizmu živali, kar lahko vodi do prenosa ostankov teh snovi v prehransko verigo ljudi z uživanjem živil živalskega izvora.

#### 2. načelo HACCP: Identifikacija CCP

Drugo načelo HACCP je prepoznavna in določitev CCP. To so točke v postopku, na katerih je mogoče nadzorovati potencialna tveganja.

Nevarnosti, prepoznane v posameznih fazah proizvodnje, skladiščenja ali distribucije, se nato ovrednotijo. Vrednotenje vključuje oceno verjetnosti pojava posamezne nevarnosti in presojo njenega pomena za zdravje ljudi in živali. Podrobnejša razčlenitev nevarnosti omogoča tveganju prilagojen pristop pri njihovem nadzoru in obvladovanju.

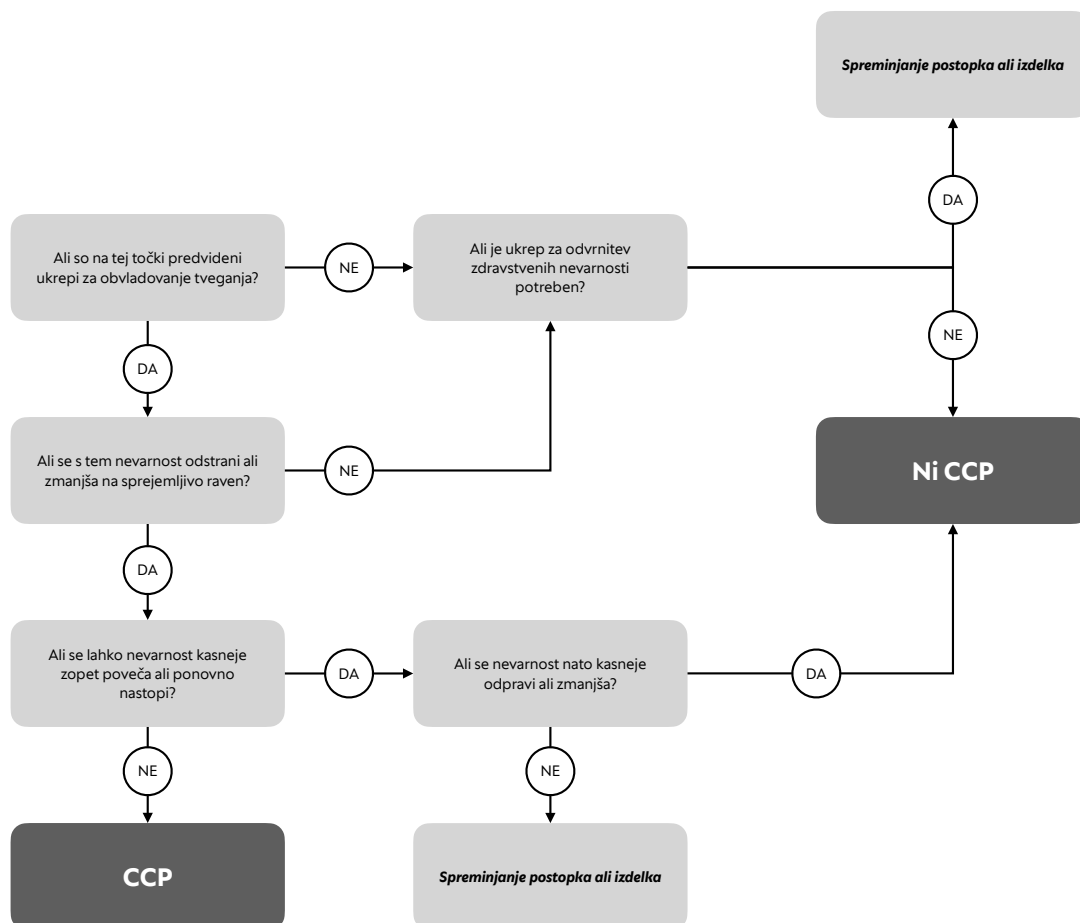
Pomembno je ločevanje CCP od »zgolj« kontrolnih točk (CP, ang. *Control points*). Pri CP ukrepamo v okviru običajnega sistema kakovosti. Zato je nujno ločevanje med CCP in CP, saj ni smiselno, da bi se z določitvijo prevelikega števila CCP omejevalo delovanje obrata.

Osrednji kriteriji za določitev CCP so:

- da je mogoče prepoznati nevarnost za zdravje ljudi in živali,
- da je mogoče nevarnost obvladovati ali zmanjšati z ustreznim ukrepom,
- da je mogoče nevarnost odstraniti ali zmanjšati v kasnejši fazi postopka.

Ugotavljanje CCP se izvaja s pomočjo drevesa odločanja in ocenjevanja tveganja (Slika 1 in Tabela 2).

### Razlikovanje med kritično kontrolno točko (CCP) in kontrolno točko (CP) (Drevo odločitev)



Slika 1: Razlikovanje med CCP in CP

Tabela 2: Shema ocenjevanja tveganja v HACCP

Vpliv	Verjetnost		
	majhna	srednja	velika
velik	+++	++++	+++++
srednji	++	+++	++++
majhen	+	++	+++
	neznatno	srednje	veliko

+ Ukrepi niso potrebni

++ Previdnostni ukrepi zadoščajo

+++ CCP vrednotenje (večinoma gre za CP, ki jo je mogoče obvladati s splošnimi kontrolnimi ukrepi)

++++(+) CCP vrednotenje s pomočjo CCP drevesa odločitev

### **3. načelo HACCP: Določitev kritičnih meja**

Za vsako CCP je treba določiti kritično mejo, to je mejno vrednost, na podlagi katere se presoja skladnost postopka. Če je kritična meja presežena, ni več zagotovljena varnost proizvoda.

### **4. načelo HACCP: Vzpostavitev sistema za nadzor (monitoring) vsake CPP**

Četrto načelo HACCP določa vzpostavitev postopkov za spremljanje oziroma nadzor CCP. To se izvaja z namenom ugotavljanja, ali proces poteka znotraj določenih kritičnih mej.

### **5. načelo HACCP: Določitev korektivnih ukrepov**

Sledi določitev korektivnih ukrepov za primere, ko nadzor nad CCP pokaže, da proces ni več pod nadzorom. Pri proizvodnji krme za živali ti ukrepi vključujejo higienske prakse v objektih za sprejem in skladiščenje surovin ter končnih mešanic. Podatki, pridobljeni s spremljanjem posamezne CCP, morajo omogočati prepoznavanje trendov, ki kažejo na potrebo po pravočasnem ukrepanju. HACCP koncept mora na ugotovljeno nevarnost specifično »odgovoriti«. Ukrepi, namenjeni obvladovanju nevarnosti, morajo te po možnosti odpraviti, preprečiti ali zmanjšati na predpisano, sprejemljivo raven. Pri tem je treba upoštevati, da kontrolni postopki z rezultati, ki časovno preveč zaostajajo, praviloma niso ustrezni, saj odklon od norme zaznajo prepozno in ga ni mogoče pravočasno odpraviti.

Zato mora sistem HACCP predvideti ustrezne in izvedljive korektivne ukrepe. Ti se lahko nanašajo le na popravek posameznega postopka ali pa vključujejo zavrnitev celotne proizvodne serije.

### **6. načelo HACCP: Sistem lastnega nadzora**

Določiti je treba sistem lastnega nadzora kot dokazilo za to, da HACCP sistem učinkovito deluje.

### **7. načelo HACCP: Vodenje evidenc**

Sedmo in zadnje načelo vključuje vodenje evidenc in dokumentacije o vseh postopkih, ukrepih in korektivnih dejavnostih, in sicer v skladu z navedenimi načeli.

## **3.2 Nadzor in preverjanje sistema HACCP v obratu za krmo**

Preverjanje sistema HACCP v okviru uradnega nadzora krme zajema oceno vzpostavitve, izvajanja in učinkovitosti sistema v posameznem obratu ter ugotavljanje skladnosti z zakonodajnimi zahtevami in smernicami dobre prakse.

Pri tem se posebej preverja naslednje:

- ali obstaja popoln HACCP-načrt,
- ali je sistem ustrezno dokumentiran ter so CCP jasno opredeljene in nadzorovane,
- ali je sistem vključen v sistem vodenja kakovosti in prepoznan kot njegov specializirani del,
- ali je vzpostavljen sistem za izvajanje korektivnih ukrepov in se ti dejansko izvajajo,
- ali se HACCP koncept vzdržuje ter sproti prilagaja novim proizvodnim postopkom.

Iz dokumentacije mora biti razvidno, kateri kontrolni ukrep je določen za posamezno CCP in glede na katere kritične meje se ocenjuje učinkovitost ukrepov.

Pri preverjanju je treba odgovoriti na naslednja vprašanja:

- Kdo izvaja ukrepe?
- Kaj se spremlja?
- Kje se spremlja?
- Kako se nadzoruje?
- Kdaj se nadzoruje?
- Kako se ponovno vzpostavi normalno stanje?
- Kaj se zgodi z neustreznimi izdelki?
- Kako so ukrepi dokumentirani?

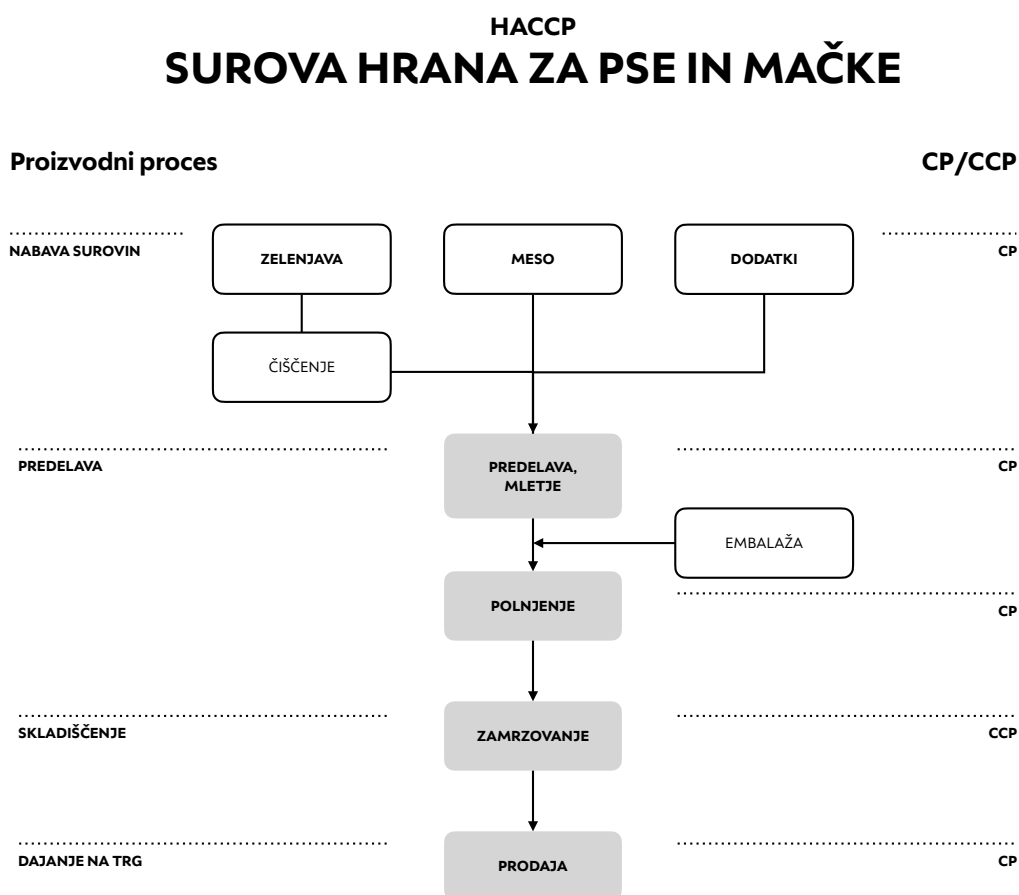
### 3.3 Primer HACCP-dokumenta

Za boljšo ponazoritev so v nadaljevanju predstavljeni najpomembnejši deli HACCP-dokumenta manjšega podjetja, ki se ukvarja s proizvodnjo krme, to je surove hrane za pse in mačke.

Vsebina HACCP-dokumenta:

1. Splošne informacije o podjetju, o registraciji in odobritvi obrata.
2. Opis HACCP-skupine (osebja), ustreznih kompetenc, dokazil izobraževanj ter načrta za kontinuirano izobraževanje s področja HACCP. Ta del ustreza prvemu koraku oblikovanja HACCP-sistema.
3. Opis izdelka (*»zamrznjena surova hrana za pse in mačke«*): opisane so vse sestavine, ki se uporabljajo v končnih izdelkih, prav tako pa so opredeljena razmerja med njimi. Navedene so informacije o dobaviteljnih posameznih surovin. Ta točka je skladna z drugim korakom HACCP-sistema.
4. Opis opreme in proizvodnih prostorov ter opis procesa: v tem poglavju je opisan postopek nabave sestavin, proces predelave, pakiranje in shranjevanje krme ter opredelitev roka uporabe izdelka. Ob tem je predložen še načrt vzorčenja in evidentiranja vzorcev. Ta del spada v četrty in peti korak HACCP-sistema.
5. Obvladovanje tveganj procesa in ukrepi: v tem poglavju je shematično prikazan potek proizvodnje, označene so CP in CCP (Slika 2). Ta in nadaljnja poglavja sledijo sedmim načelom HACCP-sistema. Opisani so pogoji, ki jih morajo surovine izpolnjevati pri prevzemu (npr. temperatura surovega mesa), način kontrole (merjenje temperature, pregled mesa in zelenjave za morebitne nečistoče) ter ukrepi ob morebitnih odstopanjih (ohlajanje ali zavrnitev surovine, čiščenje zelenjave). Sledljivost živil je zagotovljena z ustreznim vodenjem evidenc v določenem informacijskem sistemu. Opredeljen je najdaljši dopusten čas od nabave do predelave ter način shranjevanja med transportom (npr. zamrzovanje). V nadaljevanju je opisan postopek predelave (mletje, mešanje), pakiranja in deklariranja izdelkov. Opredeljena so tveganja (mikrobiološka, ostanki embalaže, ustrezna temperatura med postopki), načini kontrole in mejne vrednosti (npr. temperatura med predelavo, ki je krma ne sme presežati). Sledijo korektivni ukrepi, kot sta hlajenje ali dodajanje zamrznjenega mesa v mešalec. CCP v tem postopku predstavlja skladiščenje izdelka – zamrzovanje. Pri tem obstaja tveganje za razrast mikroorganizmov ob neustrezni temperaturi, zato so določeni: način kontrole (redno spremljanje in beleženje

temperature v zamrzovalniku), mejna vrednost ter varnostni ukrepi (npr. v primeru okvare zamrzovalne opreme se izdelki nemudoma premeščajo v delujočo napravo). V nadaljevanju je opisan program vzorčenja krme – surove hrane za pse in mačke. Navedene so vrste analiz in pa izvajalci laboratorijskih preiskav. Surova hrana za pse in mačke mora izpolnjevati mikrobiološke standarde, določene v veljavni zakonodaji (Uredba Komisije (EU) št. 2020/762). Podrobno so predstavljeni načrt vzorčenja, analize in mejne vrednosti spremljanih parametrov. Dodani so tudi ukrepi ob ugotovljenih odstopanjih od predpisov ter drugi varnostni ukrepi, kot sta ustrezni opozorili lastnikom glede rokovanja s surovo hrano in poudarek na pomenu ohranjanja hladne verige po nakupu in prevzemu izdelka. Opredeljeni so tudi postopki umika in odpoklica krme v primeru neskladnosti ali ugotovljene nevarnosti. Skladno s smernicami je izdelan tudi diagram procesa (Slika 2) z označenimi CCP in CP.



**Slika 2:** Shematski prikaz poteka proizvodnje z označenimi CCP in CP

6. Sledijo poglavja, ki obravnavajo zagotavljanje ustrezne higiene in vodenje evidenc:
  - Program in načrt čiščenja prostorov, opreme in delovnih površin, v katerih so navedene vrste uporabljenih čistil, sistem čiščenja, časovnica izvajanja po posameznih prostorih ter načrt odstranjevanja odpadkov.

- Program in načrt za preprečevanje pojava škodljivcev, ki vključuje redno preverjanje stanja, shemo postavitve vab za glodavce, vodenje evidenc ter ukrepe ob pojavi mrčesa.
  - Program in načrt spremljanja delovanja termometrov ter nadzor ustreznosti temperature v vseh prostorih, zlasti pri prevzemu surovin in med njihovim shranjevanjem (npr. v zamrzovalnikih).
7. V zaključnem poglavju o verifikaciji HACCP-sistema je opisan načrt preverjanja skladnosti HACCP-sistema z dejanskim stanjem in veljavno zakonodajo ter določen časovni okvir izvajanja preverjanja.

Predstavljen primer HACCP-dokumenta sledi korakom in ustreza načelom sistema HACCP. Dokument podrobno navaja vse potrebne podatke ter omogoča jasn pregled nad proizvodnim procesom, kar zagotavlja podjetju učinkovit nadzor in pravočasno ukrepanje z namenom zagotavljanja varnosti proizvedene krme.

---

## Literatura

- (1) FAO. Food Safety Risk Analysis: a guide for national food safety authorities. Vol. 87. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. <https://www.fao.org/4/a0822e/a0822e.pdf> (13. 10. 2025).
- (2) FAO. Introduction to hazard analysis and critical control point HACCP. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations ; 2023. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a56f938c-7e92-4ffe-a901-f4494a2eeb64/content> (13. 10. 2025).
- (3) USDA. Guidebook for the preparation of HACCP plans. Washington: Food Safety and Inspection Service, 2020. [https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media\\_file/2021-03/Guidebook-for-the-Preparation-of-HACCP-Plans.pdf](https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03/Guidebook-for-the-Preparation-of-HACCP-Plans.pdf) (15. 10. 2025).
- (4) UVHVVR. Vodič za kontrolo uporabe HACCP koncepta pri NDPK. Verzija 3. Ljubljana: Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, 2014. [https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/UVHVVR/Varna-krma/Vodic\\_uporaba-HACCP-pri-NDPK.doc](https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/UVHVVR/Varna-krma/Vodic_uporaba-HACCP-pri-NDPK.doc) (14. 10. 2025).

# 4 OCENA TVEGANJA IN UPORABA SISTEMA HACCP NA PRIMERU MIKOTOKSINOV

*Mikotoksini so sekundarni toksični produkti plesni, škodljivi za živali in ljudi. V organizem vstopijo predvsem z zauživanjem krme, lahko pa tudi z inhalacijo ali dermalno. Pojav mikotoksikoze pri živalih je odvisen od količine in od vrste mikotoksina, živalske vrste, zdravstvenega stanja živali ter od dejavnikov okolja. Škodljivi učinki na živalih se kažejo predvsem z nespecifičnimi znamenji, kot so: slabša ješčnost, manjše zauživanje krme, zmanjšana proizvodnja, zaostajanje v rasti in slabša odpornost proti okužbam. Večje količine mikotoksinov lahko povzročijo akutne zastrupitve, ki utegnejo biti smrtne; dolgotrajnejše zauživanje manjših količin mikotoksinov pa je povezano s kroničnimi boleznimi, vključno z nastankom tumorjev.*

Mikotoksini delujejo razmeroma specifično na posamezna tkiva in organe. Najpogosteje so prizadeta prebavila, jetra in ledvice. Nekateri mikotoksini delujejo škodljivo zlasti na krvotvorne organe, krvožilni in živčni sistem ter spolovila.

Obstajajo zelo velike razlike v občutljivosti posameznih živalskih vrst na mikotoksine. Nanjo vplivajo tudi starost, spol, prehransko in imunsko stanje in še vrsta drugih dejavnikov.

## 4.1 Zgodovina mikotoksinov

Izraz mikotoksini izhaja iz grške besede »*mykes-μυχη*« (glive) in latinske besede »*toxicum*« (strup). Domneva se, da so mikotoksini v hrani ljudi in živali že od začetka civilizacije. Obstajajo podatki, da so bili škodljivi učinki uživanja plesnive hrane zabeleženi že pred 5000 leti na Kitajskem. Danes z gotovostjo vemo, da so mikotoksikoze vzročno povezane z več zastrupitvami velikih razsežnosti, ki so povzročile v preteklem tisočletju smrt na sto tisoče ljudi in živali v Evropi in na drugih celinah. V Tabeli 3 je pregled najpomembnejših mikotoksikoz v zgodovini človeštva. Z veliko verjetnostjo se domneva, da so bili mikotoksini vzrok zastrupitve pri ljudeh.

**Tabela 3:** Pregled najpomembnejših mikotoksikoz v zgodovini človeštva

<b>Leto pojava bolezni</b>	<b>Toksikoza</b>	<b>Toksin</b>	<b>Vrsta plesni</b>
<b>994</b>	Ergotizem	Ergot alkaloidi	<i>Claviceps purpurea</i>
<b>1890</b>	Kardialni beri-beri	Citreoviridin	<i>Penicillium citreonigrum</i>
<b>1013 in 1944</b>	Alimentarna toksična aleukija	Trihoteceni (T-2 toksin)	<i>Fusarium sporotrichioides</i>
<b>1952</b>	Balkanska endemska nefropatija	Ohratoksin A	<i>Penicillium verrucosum</i>
<b>1960</b>	Neznana bolezen puranov	Aflatoksin	<i>Aspergillus flavus</i>
<b>1989</b>	Leukoencefalomalacija konj, pljučni edem pri prašičih	Fumonizin	<i>Fusarium verticillioides</i> (syn. <i>moniliforme</i> ), <i>F. proliferatum</i>

Zastrupitve ljudi in živali, ki jih povzročajo toksini rženega rožička (ergot alkaloidi), sodijo med najstarejše mikotoksikoze v zgodovini človeštva, opisane že v 16. stoletju. Bolezen je znana kot »*ogenj svetega Antona*« (ang. *St. Anthony's fire*) zaradi burnih občutkov, ki so jih doživljali številni obiskovalci svetišča svetega Antona v Franciji, in sicer v upanju, da bodo ozdraveli.

»Ljudje so ležali na ulicah, zvijali se od bolečin in stokali, nekateri so imeli peno na ustih in simptome epileptičnega napada, medtem ko so drugi bruhalo in kazali znake halucinacij. Mnogi so kričali: 'Gorim! Gorim!'. Moški, ženske in otroci so umirali v neznošnjem agonalnem trpljenju.«

To so bile besede, ki so jih uporabljali kronisti iz 10. stoletja, da bi opisali bolezen ljudi, ki je prizadela številne dele Evrope leta 943. Danes je znano, da je bolezen »*ogenj svetega Antona*« posledica konzumacije rži, kontaminirane s toksini plesni *Claviceps purpurea* in *C. fusiformis*.

Bolezen je dosegla epidemijske razsežnosti v številnih delih Evrope in domneva se, da je povzročila smrt več kot 40.000 ljudi. Razlog za tako katastrofalno epidemijo je bilo uživanje ržene moke, kontaminirane z ergot alkaloidi, ki je bila prevladujoče žito v prehrani ljudi v severni in zahodni Evropi vse do odkritja Amerike. Potem so: krompir, fižol, koruza in predvsem pšenica postali najpogostejši viri prehrane. Zastrupitve z ergot alkaloidi se še vedno občasno pojavljajo v nekaterih državah Azije in Afrike.

Konec 19. stoletja so italijanski raziskovalci opazili povezavo med konzumacijo plesnive koruze in pojavom bolezni, zlasti pri otrocih. Japonski raziskovalci so v začetku 20. stoletja opozorili na povezavo med uživanjem plesnivega riža (*yellow rice toxins*) in razvojem različnih bolezni, vključno z akutnim srčnim beriberijem. Akutni srčni beriberi (penicilintoksikoza), zabeležen na Japonskem, to je ob koncu 19. in v začetku 20. stoletja; ter pojav alimentarne toksične aleukije (ATA) v različnih delih Rusije ob koncu 19. stoletja in med drugo svetovno vojno zaradi uporabe žit, kontaminiranih s plesnimi *Fusarium* vrste, predstavljajo ene najpomembnejših endemskih bolezni, ki jih povzročajo mikotoksini v zgodovini človeštva.

V ZDA so leta 1890 opazili primer izgube dlake in kopitne roževine pri govedu in konjih zaradi krmljenja s krmo, kontaminirano s plesnimi vrste *Fusarium*. V Rusiji so leta 1932 zabeležili pogin deset tisoč konj in goveda zaradi stahibotriotoksikoze. To so zabeležili tudi na Madžarskem pri konjih, govedu in prašičih; leta 1934 pa so na srednjem zahodu ZDA zabeležili pogin 5000 konj zaradi bolezni, imenovane »*moldy corn disease*«.

Čeprav so bili škodljivi učinki zauživanja plesnive hrane ali krme znani že od nekdaj, specifični toksin ni bil znan. Izbruh neznane bolezni puranov (»*turkey X disease*«), ki je leta 1960 v Angliji v enem mesecu povzročil množično poginjanje več kot 100.000 puranov in približno 20.000 drugih vrst perutnine zaradi akutne nekroze jeter in hiperplazije žolčnih kanalov, je spodbudil znanstvenike, da so vzrok tako množičnega poginjanja in velike gospodarske škode poiskali v hrani. Leto kasneje (1961) je bil iz kulture gliv *Aspergillus flavus* izoliran toksin (*aflatoxin*), za katerega domnevamo, da je kot kontaminant arašidove moke iz Brazilije povzročil tako množično poginjanje.

Odkritje aflatoksinov velja za prelomnico v zgodovini mikotoksinov. V zadnjih 40 letih je bilo zbranih veliko podatkov o mikotoksinih in toksigenih plesnih. Danes je znanih na tisoče sekundarnih metabolitov plesni, od katerih kažejo nekateri izrazito aktivnost proti živim organizmom (antibiotiki, mikotoksini, fitotoksini). Število doslej znanih mikotoksinov se giblje med 170 in 3000, od katerih je približno 400 kemijsko identificiranih in velja, da imajo toksične lastnosti. Zaradi svoje biološke aktivnosti so nekateri mikotoksini predmet zanimanja toksikologov tudi z vojaškega vidika, nekateri (trihoteceni) pa so bili razvrščeni med kemično orožje nekaterih svetovnih armij in domneva se, da so bili uporabljeni kot bojni strupi na območjih jugovzhodne Azije (*yellow rain*).

Čeprav so skoraj vsi mikotoksini citotoksični, saj poškodujejo različne celične strukture in vplivajo na vitalne celične procese, kot so sinteza DNK, RNK in beljakovin, ter zavirajo dihanje v mitohondrijih, so številne raziskave pokazale, da le 20 do 30, glede na njihovo razširjenost, predstavljajo medicinski, prehranski, gospodarski in ekološki pomen. To so toksini, ki so večinoma produkti plesni iz rodov *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* in *Claviceps* in so znani kot hepatotoksini, nefrotoksini, mielotoksini, dermatoksini, gonadotoksini, toksini živčno-mišične povezave ter toksini, ki delujejo na več organov, predvsem na ledvice in jetra. Specifičnost organov za delovanje posameznih mikotoksinov je povezana s specifično porazdelitvijo mikotoksinov v ciljnih organih, različno občutljivostjo ciljnih celic glede na fazo razvoja celice ter nastajanjem toksičnih vmesnih produktov med fazo biotransformacije mikotoksinov.

Z gospodarskega vidika so mikotoksini eden najpomembnejših kontaminantov v prehranski verigi. Njihovi negativni učinki se odražajo na varnosti hrane, zdravju ljudi in produktivnosti živali in tudi na nacionalnem gospodarstvu in mednarodni trgovinski izmenjavi.

## 4.2 Pomen mikotoksinov

Bolezni ljudi, ki jih povzroča kontaminirana hrana, predstavljajo enega največjih problemov, s katerimi se sooča sodobno človeštvo. Mikotoksini so strupeni sekundarni metaboliti, ki jih proizvajajo predvsem saprofitske plesni rodov *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* in *Claviceps*, pri čemer vstopajo v hrano za ljudi in živali s sporami, konidiji in fragmenti micelija. V organizem ljudi in živali mikotoksini najpogosteje vstopajo s kontaminirano hrano. Uživanje hrane, kontaminirane z mikotoksini, lahko povzroči simptome akutne zastrupitve ali še pogosteje kronične intoksikacije, ki imajo teratogene, kancerogene, estrogene in imunosupresivne učinke.

Čeprav je do danes znanih več kot 400 mikotoksinov predstavljajo zaradi svoje razširjenosti in toksičnosti največji medicinski, prehranski, ekološki in ekonomski problem aflatoksini, ohratoksin A, trihoteceni, zearalenon, fumonizini, tremorgenimi mikotoksini in ergot alkaloidi.

Posebnost mikotoksinov, v primerjavi z drugimi toksini, je njihova nepredvidljivost v hrani, saj se pogoji za okužbo, razvoj plesni in sintezo toksinov spreminjajo glede na podnebne in druge dejavnike. Razširjenost mikotoksinov po skoraj vseh delih sveta je povezana z drugo značilnostjo plesni – nekatere vrste plesni lahko sintetizirajo različne mikotoksine, medtem ko lahko posamezni mikotoksini nastanejo kot produkt metabolizma več vrst plesni. Zato je sočasna prisotnost več mikotoksinov v kontaminirani hrani zelo pogosta, kar potrjuje domnevo, da so ljudje in živali pogosto izpostavljeni hkratnemu delovanju več mikotoksinov, običajno v nizkih koncentracijah.

Dejavniki, ki vplivajo na kolonizacijo plesni in sintezo mikotoksinov, vključujejo dejavnike okolja (ekstrinzični), kamor sodijo pogoji skladiščenja, in jih je mogoče nadzorovati, medtem ko je ostale zunanje dejavnike, kot so podnebne spremembe, ali notranje (intrinzične) dejavnike, kot so: specifičnost in variacije posameznih vrst plesni ter nestabilnost toksigenih lastnosti plesni, zelo težko nadzorovati. Raziskave dejavnikov okolja (makro in mikro), ki ugodno vplivajo na okužbo, rast plesni in sintezo toksinov, ter raziskave kontaminacije hrane za ljudi in živali s plesnimi in mikotoksini so še vedno pomanjkljive zaradi pomanjkanja ustreznih analitičnih postopkov. Podatki o potencialnih interakcijah in škodljivih učinkih, ki nastanejo zaradi sočasnega delovanja več mikotoksinov na organizem ljudi in živali, so prav tako še vedno nezadostni.

Zaradi dokazanega kancerogenega, teratogenega in mutagenega učinka nekaterih mikotoksinov ter za analizo kemijskih nevarnosti in oceno tveganja številne nacionalne in mednarodne agencije, kot so: WHO, FAO, Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC, ang. *International Agency for Research on Cancer*) in EFSA, izvajajo stalne aktivnosti in programe za izboljšanje monitoringa, preprečevanja in nadzora kontaminacije hrane za ljudi in živali z mikotoksini.

Ekonomski pomen mikotoksinov se kaže v povečanju stroškov zdravljenja ljudi in živali, zmanjšanju produktivnih rezultatov pri živalih, vključno s pogini, neposrednih in posrednih škodah zaradi odstranjevanja kontaminirane hrane, vlaganju v raziskave in izvajanju preventivnih ukrepov za preprečevanje negativnih učinkov mikotoksinov v hrani na zdravje ljudi in živali.

Z namenom izboljšanja javnega zdravja je zakonsko urejena vsebnost mikotoksinov v hrani za ljudi in živali, to je v več kot 100 državah po svetu.

Upoštevač že navedeno, lahko rečemo, da mikotoksini negativno vplivajo ne le na varnost hrane, zdravje ljudi in produktivnost živali, temveč tudi na nacionalno gospodarstvo in mednarodno trgovinsko izmenjavo. Posebno tveganje predstavlja možnost, da se v organizmih živali, ki so uživale kontaminirano krmo, nahajajo ostanki mikotoksinov in/ali njihovih presnovkov v različnih koncentracijah, kar lahko povzroči škodljive učinke tudi pri ljudeh. Tako mikotoksini iz živil živalskega izvora prehajajo v prehransko verigo ljudi.

## 4.3 Mikotoksini – kemijska nevarnost biološkega porekla

Globalni pomen mikotoksinov in njihova opredelitev kot nevarnosti temeljita na sporadičnih epidemijah, ki se še vedno pojavljajo v določenih delih sveta, ter na njihovi povezavi s pojavom določenih bolezni pri ljudeh in živalih v posameznih delih sveta. Mikotoksikoze pri ljudeh in živalih so opredeljene kot bolezni, ki jih povzroča kontaminirana hrana (alimentarne intoksikacije), mikotoksine sintetizirajo izključno plesni (biotoksini), bolezni niso infekcijske in niso kontagiozne, klinični simptomi pa najpogosteje izginejo po zamenjavi kontaminirane hrane ali krme.

Ljudje in živali so nenehno izpostavljeni hkratnemu delovanju več mikotoksinov, in to najpogosteje v nizkih koncentracijah. Podatki o potencialnih interakcijah in škodljivih učinkih, ki nastanejo zaradi sočasnega delovanja več mikotoksinov na organizem ljudi in živali, so še vedno nezadostni.

Opredelitev in klasifikacija mikotoksinov sta zelo zapletena postopka. Zaradi razlik v kemijski strukturi, biosintetskem izvoru in različnih bioloških učinkih klasifikacijske sheme večinoma odražajo znanstveno področje, ki mu pripadajo raziskave. Najbolj sprejemljive so delitve, ki jih uporabljajo klinični strokovnjaki glede na to, na katere organe delujejo mikotoksini (hepatotoksini, nefrotoksini, nevrotoksini, imunosupresivi), molekularni biologi glede na biološke učinke mikotoksinov (teratogeni, mutageni, karcinogeni, alergeni agensi), mikologi pa glede na rodove plesni, ki jih sintetizirajo (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* in *Claviceps* toksini).

Danes je znanih na tisoče sekundarnih metabolitov plesni, od katerih nekateri izkazujejo izrazito aktivnost proti živim organizmom. Sekundarni metaboliti nimajo biokemijskega pomena za rast plesni, temveč plesnim zagotavljajo kompetitivno prednost pred drugimi organizmi. Glede na ciljne organizme so sekundarni metaboliti razvrščeni v antibiotike (ki delujejo na bakterije), fitotoksine (ki delujejo na rastline) in mikotoksine (ki delujejo na vretenčarje in druge živalske vrste). Število sekundarnih metabolitov ocenjujemo na približno 3000, od katerih je približno 400 kemijsko identificiranih in opredeljenih kot mikotoksini.

Mikotoksini so po kemijski strukturi raznolike, relativno stabilne organske spojine z majhno molekularno maso (200–700 Da), ki strukturno variirajo od preprostih C4-spojnin (npr. moniliformin) do kompleksnih spojin, kot so: fomopsini in tremorgenini mikotoksini. Večina mikotoksinov je lipotopnih, zato se kopičijo v maščobnih tkivih rastlin in živali, medtem ko so v vodi netopni (z izjemo fumonizinov). Skoraj vsi mikotoksini so citotoksični, saj poškodujejo različne celične strukture in interferirajo z vitalnimi celičnimi procesi, kot so: sinteza RNA, DNA, proteinov ter blokada respiratorne verige. Kljub veliki raznolikosti mikotoksinov jih

je le približno 20–30 zaradi svoje toksičnosti in pogoste pojavnosti predmet intenzivnega znanstvenega preučevanja.

### 4.3.1 Maskirani mikotoksini

Sredi osemdesetih let 20. stoletja se je prvič pojavila hipoteza o t. i. maskiranih in/ali konjugiranih mikotoksinih, ki je temeljila na pojavih klinično izraženih mikotoksikoz pri živalih, pri čemer vsebnost mikotoksinov v krmi ni bila v korelaciji z opazovanimi simptomi. Ta pojav so pripisali neidentificiranim konjugiranim oblikam mikotoksinov in pigmentom plesni *Fusarium graminearum*, kot je aurofusarin, ki hidrolizirajo v prebavnem traktu živali. Med presnovo lahko rastline transformirajo mikotoksine v konjugirane oblike, pri čemer sta v naravi najpogostejše opažena zearalenon glukozid in deoksinivalenol DON (deoksinivalenol) 3-glukozid. Vezani mikotoksini so s kovalentnimi ali nekovalentnimi vezmi povezani z ogljikovimi hidrati ali proteini, zato jih je treba pred analizo sprostiti iz matriksa s kemijsko ali encimsko obdelavo. Šele nato jih je mogoče dokazati s standardnimi analitičnimi tehnikami.

Med trihoteceni so v naravnih pogojih najpogostejše dokazane maskirane oblike mikotoksinov acetilni derivati DON, kot sta 3-acetil-DON (3ADON) in 15-acetil-DON (15ADON). Pogosto so sočasno z DON v kontaminiranih žitih. Ocenjujejo, da je razmerje med 3ADON in DON razmeroma stabilno, okoli 20 %, čeprav so v določenih regijah in obdobjih zabeleženi tudi primeri razmerja 3ADON/DON, in sicer do 46 % ali celo 70 %. Ugotovljeno je bilo, da se med tehnološko obdelavo hrane konjugirane oblike trihotecenov sproščajo zaradi encimske razgradnje polisaharidov. Ta pojav je pogost pri proizvodnji piva, kar vodi do povečane vsebnosti DON v končnem izdelku. Med drugimi maskiranimi, glukozidnimi, oblikami fuzarijskih toksinov so indentificirali fuzarenon-X-glukozid, nivalenol-glukozid in 3-O-glukozide (T-2 in HT-2 toksina), to je najpogostejše kot kontaminante pšenice in ovsa, vendar v manjšem obsegu.

Konjugirane oblike fumonizinov so prvič zabeležili leta 2003. V analiziranih vzorcih koruznih kosmičev so ugotovili tako proste kot s proteini vezane oblike fumonizinov. Rezultati analiz so pokazali, da je bila vsebnost FB<sub>1</sub> (fumonizina B<sub>1</sub>) po alkalni hidrolizi 2,6-krat višja. Razlogi, zakaj so konjugirane oblike mikotoksinov manj ali skoraj netoksične za žive organizme, so povezani s kemijsko strukturo mikotoksinov, ki ima ključno vlogo pri njihovi toksičnosti. Strukturne spremembe, kot so odpiranje laktonskega ali epoksidnega obroča, lahko vodijo do tvorbe manj toksičnih ali netoksičnih spojin, v nekaterih primerih pa tudi do bolj toksičnih metabolitov, kot sta aflatoksikol in zearalenol. Mikotoksini so relativno termostabilne spojine, ki jih ne uničijo konvencionalni postopki priprave hrane.

## 4.4 Bolezni ljudi, povzročene z mikotoksini

Mikotoksini vstopajo v prehransko verigo na direkten in/ali indirektnen način. Direktna pot, ki je pri ljudeh redkejša, vključuje uživanje hrane, kontaminirane s plesnimi in/ali mikotoksini, medtem ko indirektna pot nastane zaradi uživanja hrane, ki je bila podvržena tehnološki obdelavi, vendar določena količina mikotoksinov ostane v končnem izdelku. Najpomembnejši vir mikotoksinov v prehrani ljudi so živila rastlinskega izvora, medtem ko so živila živalskega izvora (mleko, meso, jajca in njihovi izdelki), ki nastanejo zaradi prehrane živali s krmo, kontaminirano z mikotoksini, redkejši vir kontaminacije v prehranski verigi.

### Aflatoksini (AF)

Dokazano kancerogeno in citotoksično delovanje aflatoksinov ter vloga aflatoksina B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) pri razvoju primarnega raka jeter (PLC; primarni jetrnocelični karcinom; ang. *Primary liver*

cancer) so pri ljudeh predmet številnih raziskav že od njihovega odkritja. AFB<sub>1</sub> ni le kancerogen, temveč deluje tudi teratogeno, hepatotoksično, mutageno in imunosupresivno. AF se v jetrih biotransformirajo s pomočjo jetrnih encimov, predvsem citokroma P-450, pri čemer nastajajo kancerogeni metabolit AFB<sub>1</sub>-8,9-epoksid ter v manjši meri mutageni metaboliti AFM<sub>1</sub>, AFQ<sub>1</sub> in AFP<sub>1</sub>. Ciljni organ delovanja aflatoksinov so jetra, vendar obstajajo dokazi, da lahko aflatoksini povzročijo tudi nastanek tumorjev v drugih organih, kot sta debelo črevo in ledvice. Simptomi aflatoksikoze vključujejo akutno nekrozo jeter, proliferacijo žolčnih vodov, edem ter letargijo.

Kronična izpostavljenost aflatoksinom ima resne zdravstvene posledice. Po podatkih globalne ocene tveganja (*Global Burden of Aflatoxin-Induced Hepatocellular Carcinoma: A Risk Assessment*) kronična izpostavljenost aflatoksinom prispeva k približno 25000–155000 primerom hepatocelularnega karcinoma (raka jeter) letno po svetu, kar predstavlja do 28 % vseh primerov. Povezava med pojavom PLC in izpostavljenostjo visokim koncentracijam AF (1,4 µg/kg) s hrano je jasno dokazana pri posameznikih, okuženih z virusom hepatitisa B in/ali C v delih Afrike in Azije, pri čemer stopnja smrtnosti presega milijon smrti letno. Obsežne raziskave v Sudanu, Gani, Keniji in Nigeriji potrjujejo, da AF in njihovi metaboliti prehajajo skozi posteljico.

Kwashiorkor je bolezen otrok, opažena v severni Afriki in drugih regijah zaradi hude oblike nedohranjenosti, ki je posledica pomanjkanja beljakovin v prehrani kljub zadostnemu ali celo presežnemu vnosu kalorij iz ogljikovih hidratov. Raziskovalci menijo, da mikotoksini sodelujejo v multifaktorski patogenezi bolezni.

Simptomi Reyevega sindroma vključujejo encefalopatijo in poškodbe parenhimskih organov, predvsem jeter in ledvic. Ciroza jeter in jetrne spremembe, ugotovljene pri otrocih v Indiji, so enake tistim, ki jih povzroča AFB<sub>1</sub>. Ostanke AF v koncentraciji od 1 do 4 mg/kg so dokazali v jetrih otrok, umrlih zaradi Reyevega sindroma. Podobno kot pri drugih primerih domnevajo, da je bolezen multifaktorske narave, pri čemer je ciroza jeter pri otrocih v Indiji verjetno posledica sinergističnega učinka AFB<sub>1</sub> in visokega vnosa bakra (Cu) s hrano in vodo.

Pri otrocih v Gambiji, ki so bili izpostavljeni visokim odmerkom AFB<sub>1</sub> s hrano, so opazili zmanjšano sintezo imunoglobulinov razreda A (IgA). IgA predstavljajo 13 % plazemskih imunoglobulinov in imajo ključno vlogo pri humoralni imunosti ter zaščiti pred mikroorganizmi. Poleg tega AFB<sub>1</sub> vpliva tudi na celično imunost, kar vodi v zmanjšano odpornost organizma proti bakterijskim okužbam.

Po podatkih WHO je rak debelega črevesa (kolorektalni rak) na drugem mestu po smrtnosti zaradi malignih obolenj. Tako kot pri drugih oblikah raka se tveganje za nastanek povečuje s starostjo in dolžino izpostavljenosti kancerogenim dejavnikom (kumulativni učinek). Mikotoksikoze sodijo med alimentarne intoksikacije, zato je kolorektalna regija močno izpostavljena toksičnim učinkom mikotoksinov, kar lahko prispeva k razvoju patoloških sprememb kancerogenega tipa. *In vitro* študije na različnih celicah debelega črevesa, izpostavljenih AFB<sub>1</sub>, DON in FB<sub>1</sub>, so pokazale, da mikotoksini povzročajo poškodbe celic prebavnega trakta. Ta spoznanja podpirajo ugotovitve o bolezni ATA, ki je bila dvakrat zabeležena v nekdanji Sovjetski zvezi (1932 in 1947) kot posledica uživanja žit, kontaminiranih s plesnimi rodu *Fusarium*. Simptomi ATA so vključevali gastrointestinalne motnje, povezane s krvavitvami sluznice prebavil.

Glede na raziskave, ki povezujejo prisotnost mikotoksinov v hrani z nastankom omenjenih vrst raka, je nadaljnje preučevanje mikotoksinov na tem območju znanstveno in strokovno utemeljeno.

## **Ohratoksin A (OTA)**

Obstajajo jasni dokazi, da je OTA etiološki dejavnik določenih bolezni pri ljudeh. Raziskave zadnjih let kažejo na povezavo med pojavom kroničnega intersticijskega nefritisa in visoko izpostavljenostjo OTA s hrano. Analize sprememb ledvic so pokazale izrazito podobnost med opisano mikotoksično nefropatijo pri prašičih in boleznijo pri ljudeh, znano kot balkanska endemična nefropatija (BEN). BEN je degenerativna, ireverzibilna bolezen ledvic s smrtnim izidom, prisotna v določenih delih Evrope in severne Afrike.

V starejših raziskavah je opisano, da bolezen najpogosteje prizadene ženske, stare med 30 in 50 let, vendar se je starostna meja dvignila na 60 let. Pri bolnikih z BEN je bilo ugotovljeno povečano število kromosomskih aberacij na X kromosomu, nikoli pa na Y kromosomu, kar bi lahko pojasnilo večjo pogostost bolezni pri ženskah. Pri obolelih za BEN so identificirali kromosomske aberacije na lokaciji 3q25 in drugih delih kromosoma 3.

BEN je bila prvič opisana leta 1957 na podlagi opažanj v osrednji Srbiji. Kasnejše raziskave so pokazale, da ima Srbija najvišjo stopnjo obolevnosti za BEN, s skupno 366 prizadetimi naselji, od tega 91 endemičnih in 275 potencialno endemičnih. Etiologija bolezni ostaja eden najpomembnejših nerešenih problemov kljub številnim raziskavam o možni vlogi genetskih dejavnikov, okoljskih vplivov in imunskih mehanizmov. Trenutni podatki kažejo, da so trije ključni dejavniki lahko glavni povzročitelji BEN:

### **Mikotoksini kot primarni povzročitelj:**

Hipoteza, da je endemična nefropatija posledica kronične mikotoksikoze, povzročene z OTA, je spodbudila intenzivne raziskave kontaminacije živil z OTA ter analize različnih organov in tkiv z endemičnih območij. Številne študije potrjujejo povezavo med izpostavljenostjo OTA in pojavom BEN ter visoko incidenco tumorjev zgornjih sečil v regijah, kjer je bolezen endemična. Raven OTA v krvi bolnikov z BEN in število primerov tumorjev zgornjih sečil sta bila višja kot pri prebivalcih neendemičnih območij. Po ugotovitvah WHO je prisotnost OTA v prehrani ljudi in živali na območjih, kjer se BEN pojavlja endemično, povezana s slabimi pogoji shranjevanja živil. Poleg delovanja OTA se domneva, da bi lahko pri patogenezi BEN sodelovali tudi drugi toksini, ki jih izločajo plesni rodu *Penicillium* (zlasti *Penicillium polonicum*), njihovi nefrotoksični učinki so bili dokazani pri eksperimentalnih živalih.

---

### **Virusi kot možen etiološki dejavnik:**

Kot drugi možni povzročitelji BEN so bili predlagani virusi, predvsem koronavirusi.

---

### **Polciklični aromatski ogljikovodiki in težke kovine:**

Kot tretji možni dejavnik se omenjajo vodotopne organske snovi iz skupine polcikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) in aromatskih aminov. Raziskave kažejo, da v nekaterih krajih, kjer je bila BEN dokazana, vsebnost OTA v hrani ni bila višja kot v neendemičnih območjih, kar nakazuje, da bi lahko PAH imeli pomembnejšo vlogo v etiologiji BEN kot OTA. Podobnost patohistoloških sprememb v ledvicah prašičev, pri katerih so bili ugotovljeni ostanki toksičnih kovin, in sicer s spremembami pri bolnikih z BEN, kaže na možen vpliv nefrotoksičnih kovin v pitni vodi (npr. Cd, krom (Cr), mangan (Mn), kobalt (Co) ter na morebitno vlogo pomanjkanja selena (Se) kot predispozicijskega dejavnika.

V zadnjih letih se vse bolj uveljavlja hipoteza o vlogi aristoholične kisline pri razvoju nefropatije, ki je pogosto povezana s tumorji zgornjega dela sečil. Aristoholična kislina je naravni toksin – alkaloid rastline rumeni podraščec (*Aristolochia clematitis* L.). Ta rastlina uspeva kot plevel na travnikih, vinogradih, njivah in ob vodotokih. Je odporna proti suhim, a rodovitnim tлом in v regiji Balkana raste predvsem v nižinskih predelih, to je do 800 m nadmorske višine. Zemljepisna razširjenost te rastline sovпада z območij, kjer se pojavlja endemična nefropatija.

Poleg vloge pri razvoju endemične nefropatije se OTA obravnava kot možen povzročitelj raka testisov pri ljudeh. Rak testisov najpogosteje prizadene belce, stare med 14 in 34 let, pri čemer se stopnja obolevnosti geografsko precej razlikuje. Raziskave, izvedene v 20 državah, so pokazale statistično značilno korelacijo med pojavnostjo raka testisov in uživanjem kave ter svinjine na prebivalca ( $r = 0,49$ ;  $p < 0,03$  za kavo in  $r = 0,54$ ;  $p < 0,01$  za svinjino). Najvišja stopnja obolevnosti je bila zabeležena na Danskem (7,8/100.000 prebivalcev na leto) in v nekdanji Vzhodni Nemčiji (5,9/100.000 prebivalcev na leto). Visoka incidenca v severni Evropi, če jo primerjamo s srednjo in južno Evropo, je povezana z visoko stopnjo kontaminacije žit z OTA v tem delu Evrope. Poleg žit so z OTA pogosto kontaminirani tudi svinjina in mesni izdelki, še posebej tisti, ki vsebujejo kri, jetra in ledvice.

Danska sodi med največje svetovne proizvajalce svinjine in hkrati med največje potrošnike tega mesa. Poleg tega vključuje njihova prehrana velike količine rži, ki je pogosto kontaminirana z OTA. Kritična izpostavljenost za razvoj raka testisov najverjetneje nastopi že med nosečnostjo (*in utero*) ali v obdobju dojenja. Materino mleko pogosto vsebuje OTA. V raziskavi na Švedskem je bil OTA dokazan v 58 % vzorcev materinega mleka (koncentracija 10–40 ng/mL), v norveški študiji pa v 33 % vzorcev (koncentracija 10–130 ng/mL). Dokaz ostankov OTA v materinem mleku kaže na stalno izpostavljenost prebivalstva OTA s hrano rastlinskega in živalskega izvora.

Tudi kokošja jajca lahko predstavljajo vir OTA v prehranski verigi. OTA inducira poškodbe DNK v testisih, ki lahko med puberteto zaradi vpliva spolnih hormonov prerastejo v maligno tkivo.

Poleg nefrotoksičnosti OTA deluje teratogeno, imunosupresivno in genotoksično pri različnih vrstah živali. Novejše raziskave kažejo, da OTA lahko prispeva k razvoju nevrodegenerativnih bolezni, kot sta Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen.

### **Fumonizini (FUM)**

Pojav plesni *Fusarium moniliforme* v hrani povezujemo že več kot dve desetletji, in sicer s pojavi bolezni pri ljudeh in živalih s smrtnim izidom. Fumonizin B<sub>1</sub> (FUMB<sub>1</sub>) je bil izoliran v raziskavah v Južni Afriki, kjer je bila kontaminacija hrane s plesnijo *F. moniliforme* povezana z resnimi zdravstvenimi motnjami pri živalih. Kasnejše raziskave so potrdile te ugotovitve, pri čemer so bile določene bolezni zanesljivo povezane s sekundarnimi metaboliti plesni *F. verticillioides* (prej *F. moniliforme*) in *F. proliferatum*: leukoencefalomalacija pri konjih (ELEM), edem pljuč pri prašičih (PPE) in rak na požiralniku pri ljudeh.

Nadaljnje raziskave bodo ključne za boljše razumevanje mehanizmov toksičnosti fumonizinov in njihovega vpliva na zdravje ljudi in živali.

## 4.5 Bolezni živali, povzročene z mikotoksini

Najpomembnejši mikotoksini, ki imajo učinek na zdravje živali, so: AF, DON, FUMB<sub>1</sub>, trihoteceni, zearalenonom (ZEA), OTA in ergot alkaloidi (EA).

Poleg tega obstajajo mikotoksini, za katere so znani škodljivi učinki, vendar jih zaradi pomanjkanja zanesljivih analitičnih metod ni mogoče ustrezno oceniti, npr.: alternarijski toksini, citrinin, sterigmatocistin in fomopsin.

Mikotoksini povzročajo škodljive učinke s štirimi glavnimi mehanizmi:

1. Zmanjšan vnos hrane ali zavračanje hrane.
2. Spremembe v sestavi hranil in motnje v absorpciji ter presnovi hranil.
3. Motnje v delovanju endokrinega in eksokrinega sistema.
4. Različni biološki učinki, med katerimi so najpomembnejši:
  - *kancerogenost (sposobnost povzročanja raka),*
  - *teratogenost (povzročanje prirojenih okvar),*
  - *mutagenost (povzročanje genetskih mutacij),*
  - *imunospresija (zmanjšanje imunskega odziva).*

Eden prvih znakov kronične mikotoksikoze je upočasnjena rast ter slabši proizvodni rezultati pri živalih. Podatki kažejo, da mikotoksini pri brojlerjih in prašičih v pitanju v povprečju zmanjšajo vnos krme za približno 12 % ter prirast pri brojlerjih za okoli 14 %. Mikotoksini so odgovorni tudi za številne bolezni rib, pogosto s smrtnim izidom, kar povzroča znatne ekonomske izgube v ribogojstvu.

**AF** so med najbolj raziskovanimi mikotoksini, saj povzročajo tako akutne kot kronične zastrupitve pri številnih vrstah živali. Akutna aflatoksikoza pri sesalcih se kaže z letargijo, ataksijo (motnjami koordinacije gibanja), kožnimi spremembami, izpadanjem dlake ter povečanimi in zamaščenimi jetri. Kronična aflatoksikoza povzroča nespecifične simptome, značilne tudi za druge bolezni: zmanjšano plodnost, upočasnjeno rast, slabšo konverzijo hrane ter nižjo kakovost mesa in klavnih lastnosti. Pri kokoših nesnicah ta ne vpliva na kakovost jajčne lupine, vendar povzroči približno 5-odstotni padec proizvodnje jajc in zmanjšan izvalitveni odstotek.

**OTA:** študije iz Evrope, Skandinavije in Severne Amerike so pokazale, da je OTA glavni etiološki dejavnik nefropatije pri prašičih. Makroskopske spremembe pri ohratoksikozi vključujejo blede, sivo obarvana ledvica z videzom »kuhanega tkiva«, ki so blago povečana ali nespremenjena, brez jasne razmejitev med skorjo in sredico. Pri nesnicah povzroča OTA zmanjšanje nesnosti za 61–71 % in pogoste deformacije jajčne lupine. Motnje pri operjenosti in pigmentaciji kože pri aflatoksikozi in ohratoksikozi so povezane s pomanjkljivo absorpcijo in presnovo vitaminov. Poleg tega vplivajo mikotoksini AF, OTA in trihoteceni na koagulacijo krvi, povečujejo nagnjenost h krvavitvam ter povzročajo petehialne krvavitve v mišicah.

**DON** in njegova derivata 3-acetil-DON ter 15-acetil-DON so pogosto prisotni v rastlinskih živilih po vsem svetu. Gre za primarni fuzarijski mikotoksin, ki povzroča resne zdravstvene težave pri prašičih, kar vodi do ekonomskih izgub v intenzivni reji. Učinki DON pri prašičih vključujejo zavračanje hrane že pri 2–5 mg/kg krme, drisko in bruhanje pri več kot 20 mg/kg, reproduktivne motnje in v hudih primerih smrt. Neposredni učinki vključujejo motnje v presnovi, zaviranje sinteze beljakovin (blokada elongacije in terminacije) in citotoksičnost. Majhne količine DON se v serumu pojavijo že 8 ur po zaužitju, popolnoma pa se izločijo v 72

urah. Perutnina je relativno odporna na DON; zavračanje hrane se pojavi le pri zelo visokih koncentracijah (16–20 mg/kg krme).

**Trihoteceni** iz skupine A (T-2 in HT-2 toksin) so redkejši, vendar zelo toksični. Povzročajo nekrotične lezije na sluznici ustne votline in prebavil, bruhanje, drisko, anoreksijo, hematološke in imunske motnje ter v hudih primerih smrt. T-2 toksin pri prašiči primarno prizadene imunski sistem, pri perutnini pa povzroča oralne lezije. Učinki trihotecenov tipa A vključujejo pri perutnini zmanjšanje nesnosti do 72 %, povečanje lomljivosti jajčnih lupin za 3–15 % ter distrofične in nekrotične spremembe v jetrih. Trihoteceni so vodotopni mikotoksini, ki se hitro izločajo iz organizma; po 24 urah so v tkivih prisotni le še v sledovih.

**FUM:** so povezani z dvema usodnima boleznima pri živalih: ELEM in PPE. Delujejo tako, da motijo presnovo sfingolipidov, kar prizadene tudi kardiovaskularni sistem. Zanje je značilna počasna absorpcija v prebavilih, hitro širjenje in izločanje iz telesa ter nizka verjetnost za nastanek ostankov v tkivih. Pri konjih povzroča FB<sub>1</sub> v koncentraciji 10 mg/kg krme klinične znake in smrt pogosto več tednov po zaužitju. Prizadeta je siva možganska substanca (frontalni, parietalni, okcipitalni reženi), smrtnost dosega do 100 %, nevrološki simptomi pa vključujejo ataksijo, slepoto in ekscitacijo. FB<sub>1</sub> je tudi hepatotoksičen – povzroča centrolobularno nekrozo, periportalno fibrozo, vakuolizacijo in proliferacijo žolčnih kanalov.

**ZEA:** povzroča resne reprodukcijske motnje pri prašičih zaradi estrogenega učinka. Pri plemenskih svinjah se pojavljata hiperestrogenizem ter hiperemija in edem vulve (vulvovaginitis). Pri merjascih se pojavljajo znižanje ravni testosterona, atrofija testisov in zmanjšan libido. Visoke koncentracije ZEA lahko povzročijo prolaps vagine in rektuma, abortuse ter povečano neonatalno smrtnost. ZEA inhibira sintezo folikel stimulirajočega hormona (FSH), kar vpliva na ovulacijo, in ima luteotropni učinek, ki povzroča zadrževanje rumenega telesca in lažno brejost. Perutnina je relativno odporna na ZEA zaradi naravno višje ravni estrogenih hormonov. V nekaterih državah se sintetični derivati ZEA (zeranol) uporabljajo kot spodbujevalci rasti pri govedu in ovcah.

**EA:** Čeprav je ergotizem pri ljudeh zaradi sodobne priprave hrane skoraj izkoreninjen, še vedno predstavlja pomemben veterinarski problem. Najbolj občutljive vrste so prežvekovalci, prašiči in perutnina. Klinični znaki vključujejo gangreno, abortuse, konvulzije, prenehanje laktacije, hipersenzitivnost in ataksijo. Ker krmne mešanice vsebujejo različne sestavine, je ocena individualne toksičnosti ergot alkaloidov otežena.

## 4.6 Analiza tveganja pri pojavu mikotoksinov - načela in koncepti

Da bi dosegli visoko raven zaščite zdravja ljudi, morajo biti ukrepi, ki se uporabljajo v skladu s pravnimi akti o varnosti hrane, utemeljeni z analizo tveganja. Ta je znanstveno podprt proces, ki vključuje tri ločene, a sistemsko povezane elemente:

*Oceno tveganja*

*Obvladovanje tveganja*

**Medsebojno komunikacijo o tveganju med usemi deležniki, vključenimi v varnost hrane**

Da bi ohranili znanstveno objektivnost, sta ocena in obvladovanje tveganja funkcionalno ločena procesa. V kontekstu varnosti hrane se nevarnost (ang. *hazard*) opredeljuje kot kemijski, biološki ali fizikalni dejavnik v hrani ali stanje hrane, ki lahko potencialno povzroči škodljive učinke na zdravje ljudi. Po drugi strani pa tveganje pomeni verjetnost škodljivega vpliva na zdravje ter resnost njegovega vpliva kot posledico obstoja nevarnosti.

## 4.7 Ocena tveganja

---

Ocena tveganja je kvalitativna analiza obstoječega znanja o potencialni nevarnosti določenih agensov za zdravje ljudi. Določa se na podlagi vseh znanstvenih dokazov, ki jih zagotavljajo relevantne mednarodne organizacije na področju varnosti hrane, kot so:

- Skupni strokovni odbor Svetovne zdravstvene organizacije za dodatke v hrani (JECFA, ang. *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* – ustanovljen pri WHO/FAO),
- Agencija za varstvo okolja (US EPA),
- Agencija za hrano in zdravila (US FDA),
- EFSA, ki je v EU odgovorna za takšne aktivnosti.

Znanstveno delo EFSA usmerja njen znanstveni odbor, ki ga sestavlja deset znanstvenih svetovalnih panelov, v katerih sodelujejo vodilni strokovnjaki na svojih področjih:

- Panel za zdravje in dobrobit živali (*Animal Health and Welfare - AHAW Panel*),
- Panel za prehranske dodatke in hranilne vire, dodane hrani (*Food Additives and Nutrient Sources Added to Food - ANS Panel*),
- Panel za biološke nevarnosti, vključno z BSE-TSE povezanimi tveganji (*BIOHAZ Panel*),
- Panel za materiale, ki prihajajo v stik s hrano, encime, arome in tehnološke dodatke (*Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids - CEF Panel*),
- Panel za kontaminante v prehranski verigi (*Contaminants in the Food Chain - CONTAM Panel*),
- Panel za dodatke in snovi, ki se uporabljajo v krmi za živali (*Additives and Products or Substances used in Animal Feed - FEEDAP Panel*),
- Panel za gensko spremenjene organizme (*Genetically Modified Organisms - GMO Panel*),
- Panel za dietetične izdelke, prehrano in alergije (*Dietetic Products, Nutrition and Allergies - NDA Panel*),
- Panel za zdravje rastlin (*Panel on Plant Health - PLH Panel*),
- Panel za sredstva za varstvo rastlin in njihove ostanke (*Plant Protection Products and their Residues - PPR Panel*).

Znanstveni odbor EFSA obravnava interdisciplinarna vprašanja, medtem ko posamezni paneli opravljajo oceno tveganja in zagotavljajo strokovne smernice v specifičnih tematikah. Za oceno tveganja kontaminantov v prehranski verigi je odgovoren CONTAM Panel.

### **Ocena tveganja vključuje štiri medsebojno povezane faze:**

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>1. Identifikacija nevarnosti</b> | Temelji na ugotovitvah, ali mikotoksin predstavlja nevarnost za zdravje ljudi in pod katerimi pogoji določen mikotoksin predstavlja nevarnost ter vodi do določenih bolezni. |
|-------------------------------------|--|
-

<b>2. Karakterizacija nevarnosti</b>	Kvalitativna in/ali kvantitativna ocena škodljivih učinkov, ki nastanejo zaradi zaužitja mikotoksinov, in odziva organizma na toksični agens (dose-response analiza).
<b>3. Ocena izpostavljenosti</b>	Kvalitativna in/ali kvantitativna analiza pogostosti, intenzitete in trajanja zaužitja mikotoksina.
<b>4. Karakterizacija tveganja</b>	Integracija prvih treh korakov - s ciljem določiti verjetni škodljivi učinek na ciljno populacijo.

Glavne lastnosti kakovostno izvedene ocene tveganja vključujejo: znanstveno utemeljeno metodologijo, transparentnost, ponovljivost in multidisciplinarni pristop. Zaradi različnih značilnosti nevarnosti je ocena tveganja specifična glede na to, ali gre za mikrobiološka, kemijska ali fizikalna tveganja.

Zato se metodologije ocene tveganja nenehno izpopolnjujejo. Uporaba harmoniziranih načel analize tveganja olajšuje mednarodno trgovino med državami.

#### 4.7.1 Identifikacija nevarnosti

Identifikacija nevarnosti je proces, ki zajema kvalitativno oceno škodljivih učinkov mikotoksinov na organizem, sistem ali (sub)populacijo. Pri tem procesu je treba odgovoriti na dve ključni vprašanji:

**Kakšno vrsto in naravo škodljivih učinkov imajo mikotoksini na žive organizme?**

**Pod katerimi pogoji lahko ta nevarnost nastane?**

Epidemiološke študije kažejo, da so bili mikotoksini lahko povzročitelji številnih bolezni v zgodovini človeštva. To so kasneje potrdile tudi naprednejše analitične tehnike.

Med boleznimi, ki jih je povzročila izpostavljenost mikotoksinom, spadajo:

- ergotizem,
- bolezen rumenega riža (*Yellow rice disease*),
- alimentarna toksična aleukija (ATA),
- neznana bolezen puranov (*Turkey-X disease*),
- hepatocelularni karcinom (HCC),
- balkanska endemska nefropatija (BEN),
- leukoencefalomalacija konj (ELEM),
- pljučni edem pri prašičih (PPE),
- ezofagealni rak.

Za nekatere izmed teh bolezni obstajajo dokazi o vzročni povezavi z mikotoksini, medtem ko za druge velja le močan sum. Danes velja prepričanje, da so mikotoksini primarni povzročitelji določenih bolezni epidemičnih razsežnosti, zlasti v nerazvitih državah Afrike, Latinske

Amerike in Azije. Ocenjujemo, da je do 500 milijonov ljudi izpostavljenih ravnem mikotoksinov, ki povečujejo stopnjo smrtnosti in obolevnosti.

**Identifikacija nevarnosti temelji na podatkih iz različnih virov, vključno z:**

*Opazovanjem ljudi in domačih živali med epidemijami*

*In vitro in in vivo laboratorijskimi raziskavami*

Eden najpomembnejših zdravstvenih problemov, povezanih z izpostavljenostjo mikotoksinom, je pojav raka jeter (hepatocelularni karcinom) in debelega črevesa (kolorektalni rak).

IARC je leta 2020 izvedla sistematični pregled epidemioloških študij o izpostavljenosti mikotoksinom in tveganju za nastanek raka pri ljudeh. Ta pregled je potrdil povezavo med aflatoksinom in tveganjem za nastanek raka jeter, kar je skladno s prejšnjimi klasifikacijami IARC (Tabela 4). Poleg tega je bil poudarjen pomen nadaljnjih raziskav o rakotvornosti drugih mikotoksinov, kot so: ZEA, FUMB<sub>1</sub>, DON in OTA, saj je bilo do takrat opravljenih le malo epidemioloških študij na ljudeh, ki bi preučevale povezavo med temi mikotoksini in tveganjem za nastanek raka.

Rezultati ocene so pokazali, da:

- aflatoksin spada v skupino 1 (dokazano rakotvorni za človeka);
- OTA in FUM spadata v skupino 2B (možni rakotvorni za človeka);
- Trihoteceni in ZEA so uvrščeni v skupino 3 (neklasificirani kot rakotvorni, vendar s potencialno škodljivimi učinki na zdravje).

Poleg teh mikotoksinov so predmet nadaljnjih mednarodnih evalvacij tudi patulin, sterigmatocistin, EA in alternarijski toksini.

**Tabela 4:** Klasifikacija rakotvornih snovi po IARC

Skupina	Značilnosti
<b>1</b>	Snov je kancerogena za človeka (obstaja dovolj dokazov o kancerogenih učinkih pri ljudeh).
<b>2A</b>	Snov je verjetno kancerogena za človeka (obstajajo omejeni dokazi o kancerogenosti za človeka, vendar dovolj dokazov o kancerogenosti pri eksperimentalnih živalih; številni dokazi kažejo na podobne mehanizme kancerogeneze pri ljudeh in živalih).
<b>2B</b>	Obstaja možnost, da je snov kancerogena za človeka (obstajajo omejeni dokazi o kancerogenosti pri ljudeh in nezadostni dokazi o kancerogenosti pri eksperimentalnih živalih).
<b>3</b>	Snov ni mogoče razvrstiti kot kancerogeno za človeka (dokazi o kancerogenosti pri ljudeh so nezadostni, dokazi pri živalih pa nezadostni ali omejeni).
<b>4</b>	Snov verjetno ni kancerogena za človeka (ni dokazov o kancerogenih učinkih pri ljudeh in živalih).

#### 4.7.2 Karakterizacija nevarnosti

Karakterizacija nevarnosti vključuje kvalitativno in/ali kvantitativno oceno škodljivih učinkov, ki nastanejo zaradi vnosa mikotoksinov, ter oceno odziva na odmerek (ang. *dose-response*), ki temelji na:

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>1. razpoložljivih podatkih:</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>– epidemiološke študije</li><li>– eksperimenti na živalih</li></ul>   |
| <b>2. vrstah učinkov:</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>– toksični učinki s pragom toksičnosti (nekancerogene spojine)</li><li>– toksični učinki brez praga toksičnosti (kancerogene spojine)</li></ul> |
| <b>3. vrsti ekstrapolacij:</b>     | <ul style="list-style-type: none"><li>– ekstrapolacija podatkov iz živalskih modelov na ljudi</li><li>– ekstrapolacija podatkov iz visokih odmerkov na nizke odmerke</li></ul>        |

V procesu karakterizacije nevarnosti oziroma pri toksikoloških študijah preučujemo toksikodinamiko in toksikokinetiko mikotoksinov.

- |  |  |
|--|--|
| <b>Toksikodinamika mikotoksinov vključuje vpliv mikotoksinov na:</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>– funkcionalne spremembe,</li><li>– morfološke spremembe,</li><li>– mutagenost,</li><li>– kancerogenost,</li><li>– imunotoksičnost,</li><li>– nevrotoksičnost,</li><li>– reprodukcijo.</li></ul> |
|--|--|

- |   |   |
|---|---|
| <b>Toksikokinetika mikotoksinov obsega naslednje procese:</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>– absorpcija,</li><li>– distribucija,</li><li>– biotransformacija,</li><li>– eliminacija.</li></ul> |
|---|---|

Pri načrtovanju toksikološke študije na živalih je treba upoštevati osnovne genetske in paragenetske dejavnike, ki lahko vplivajo na potek in izid eksperimenta. To vključuje:

- izbiro ustrezne vrste živali,
- izbiro optimalnega seva eksperimentalnih živali,
- pogoje in način bivanja živali,
- prehrano,
- podobnost metabolizma s človeškim,
- način aplikacije testirane snovi,
- trajanje testiranja,
- velikost vzorca (število živali v eksperimentu),

- vključitev pozitivnih in negativnih kontrolnih skupin.

Vrednotenje toksikoloških raziskav glede vpliva kemijskih snovi na zdravje ljudi in živali ter njihovo vplivanje na okolje temelji na sodelovanju treh organizacij v okviru WHO:

1. Mednarodni program za kemijsko varnost (IPCS, ang. *International Programme on Chemical Safety*)
2. IARC
3. Skupni strokovni odbor FAO/WHO za aditive v hrani in kontaminante (JECFA)

Znotraj EU je bila leta 2002 ustanovljena EFSA, ki z delom v Znanstvenem panelu za kontaminante v prehranski verigi (EFSA CONTAM Panel) zagotavlja znanstvene nasvete in tehnično podporo pri zakonodaji EU, ki vpliva na varnost hrane za ljudi in živali.

Glede na toksikokinetiko in toksikodinamiko mikotoksinov se pri oceni nevarnosti uporabljajo naslednji termini:

1. Maksimalni netoksični odmerek (NOAEL, ang. *No Observable Adverse Effect Level*)
  - Najvišji odmerek, pri katerem niso pri najbolj občutljivih eksperimentalnih živalih opažene negativne morfološke ali funkcionalne spremembe.
  - Ta odmerek ne vpliva na rast, razvoj ali življenjsko dobo organizma.
2. Referenčni odmerek (RfD)
  - Ocena dnevne izpostavljenosti celotne humane populacije, vključno z občutljivimi skupinami, ki verjetno ne bo povzročila škodljivih učinkov skozi življenje.

$$\text{RfD} = \frac{\text{NOAEL}}{\text{SF} \times \text{MF}}$$

- SF (varnostni faktor),
  - MF (modifikacijski faktor, vrednosti med 1–10, odvisno od kakovosti podatkov).
3. Akutni referenčni odmerek (ARfD)
    - Ocena količine snovi v hrani, izražene na telesno maso (mg/kg), ki se lahko zaužije v kratkem časovnem obdobju (običajno v enem dnevu) brez tveganja za zdravje.
  4. Sprejemljiv dnevni vnos (ADI)
    - Določena količina kontaminanta ali aditiva, izražena v mg/kg telesne mase na dan, ki se lahko dnevno zaužije vse življenje, brez pričakovanih škodljivih učinkov.
    - Sprejemljiv dnevni vnos mikotoksinov temelji na ekstrapolaciji podatkov iz poskusov na živalih.

$$\text{ADI (mg/kg t.m.)} = \frac{\text{NOAEL}}{\text{SF}}$$

Varnostni faktor (SF) se upošteva zaradi:

- razlik med ljudmi in laboratorijskimi živalmi (1–10-kratni faktor zaradi različne občutljivosti).

- variabilnosti znotraj humane populacije (nosečnice, otroci, starejši, bolni posamezniki).
  - skupni varnostni faktor običajno znaša 100 (10× zaradi ekstrapolacije podatkov s testov na živalih in 10× zaradi variabilnosti v občutljivosti ljudi).
5. Maksimalni tedenski toksični vnos (MTWI, ang. *Maximum Tolerable Weekly Intake*)
- Uporablja se za snovi s kumulativnimi lastnostmi, ki se kopičijo v organizmu in lahko povzročijo dolgoročne učinke.
6. ALARA koncept (ang. *As low as reasonably achievable*)
- Uporablja se pri zaščiti pred aflatoksinom in temelji na dejstvu, da varen odmerek aflatoksinov ne obstaja.
  - Tveganje za škodljive posledice se povečuje s povišanjem odmerka ne glede na to, kako majhno je povečanje.

Ti parametri so ključni pri določanju zakonskih omejitev za mikotoksine v živilih ter pri razvoju strategij za zmanjšanje izpostavljenosti prebivalstva.

Mikotoksini povzročajo širok spekter motenj v organizmu, od biokemijskih sprememb do funkcionalnih in morfoloških poškodb občutljivih celic in tkiv, kar vodi v pojav kliničnih simptomov mikotoksikoze in v hudih primerih v smrt oziroma pogin živali. Izraženost toksičnih učinkov pri ljudeh in živalih je odvisna od več dejavnikov, vključno od:

- vrste organizma (različne živali imajo različno občutljivost na mikotoksine);
- mehanizmov delovanja mikotoksina (*toksikodinamika*);
- metabolnih posebnosti organizma (*toksikokinetika*);
- odgovorov obrambnih mehanizmov telesa.

Te razlike so najbolj očitne pri prežvekovalcih in neprežvekovalcih. Mikroflora v vampu prežvekovalcev ima sposobnost detoksikacije mikotoksinov, kar pomeni, da so prežvekovalci načeloma bolj odporni na mikotoksine v krmi v primerjavi z neprežvekovalci. Nekatere študije kažejo, da imajo lahko pasemske in genetske razlike, celo znotraj iste pasme, vpliv na biološke učinke mikotoksinov pri ljudeh in živalih. Ti podatki nakazujejo, da individualna genetska nagnjenost lahko vpliva na občutljivost organizma za mikotoksine.

Na osnovi vseh podatkov in raziskav je znana regresijska krivulja konverzije AFB<sub>1</sub> v AFM<sub>1</sub> v mleku krav, hranjenih s popolnimi krmnimi mešanici, ki so vsebovale približno maksimalno dovoljeno koncentracijo AFB<sub>1</sub>, in sicer 20 µg/kg.

Enačba, ki opisuje to krivuljo, je naslednja:

$$\text{AFM}_1(\text{ng/kg}) = 10,95 + 0,787 \times (\mu\text{g AFB}_1 \text{ vnesenega v enem dnevu})$$

Koeficient korelacije regresijske krivulje je 0,956 ( $r^2 = 0,915$ ).

Prav tako je na podlagi vsebnosti AFM<sub>1</sub> v mleku mogoče ekstrapolirati vsebnost AFB<sub>1</sub> v krmni mešanici za prehrano molznic:

$$\text{AFB}_1(\mu\text{g/kg}) = \frac{\text{AFM}_1(\text{ng/kg}) \times 100}{1,6 \times 1000}$$

### 4.7.3 Ocena izpostavljenosti mikotoksinom

Tveganje, povezano z mikotoksini, je odvisno od njihovih toksikoloških učinkov in stopnje izpostavljenosti ljudi in živali. Medtem ko so toksikološki učinki večinoma znani in enaki po vsem svetu, se stopnja kontaminacije hrane z mikotoksini bistveno razlikuje med regijami.

Ocena izpostavljenosti je kompleksen proces, ki zahteva multidisciplinarni pristop. Pri ocenjevanju se vključujejo:

- toksikologija,
- analitska kemija,
- prehranska znanost (nutricionistika),
- matematično-statistične metode.

**Obstajata dva glavna pristopa za ocenjevanje izpostavljenosti mikotoksinom:**

***Deterministični model***

***Probabilistični model***

**Deterministični model:** v tem modelu se izpostavljenost izračuna po naslednji enačbi:

$$\text{Izpostavljenost (ng/kg t.m./dnevno)} = \frac{\text{vsebnost mikotoksinov x količina zaužitega živila}}{\text{t.m.}}$$

Vsi vnosi iz različnih živil se seštejejo, da se oceni skupna prehranska izpostavljenost (TDS, ang. *Total Diet Study*).

**Probabilistični model:** ta model upošteva kvalitativne in kvantitativne variacije, kot so:

- količina zaužite hrane,
- stopnja kontaminacije različnih vrst hrane,
- dodatni dejavniki, ki vplivajo na prehrano (npr. sezonske in kulturne razlike).

Cilj probabilističnega modela je realnejša ocena izpostavljenosti. Izraža se kot mg mikotoksinov/kg telesne mase/dan.

Primerjava metod: deterministični pristop temelji na fiksnih vrednostih vsebnosti mikotoksinov v hrani in povprečne porabe hrane. Probabilistični pristop pa upošteva spremenljivke, ki vplivajo na prehranske vzorce (starost, geografske in sezonske razlike, kulturni in ekonomski dejavniki). Ker deterministični model ne upošteva individualnih variacij, se vse bolj uveljavlja probabilistični model, ki ponuja bolj realistično oceno tveganja.

Podatki o povprečni porabi hrane so na voljo v Sistemu globalnega monitoringa življenjskega okolja / bazi podatkov o prehranski porabi ([GEMS/Food - Home](#)).

V Evropski uniji ima pomembno vlogo SCOOP (*Scientific Cooperation on Questions relating to Food*), ki zbira podatke o porabi določenih vrst živil na znanstvenih osnovah.

Za natančno oceno izpostavljenosti prebivalstva mikotoksinom so ključni podatki o stopnji kontaminacije (koncentraciji mikotoksinov v posameznih vrstah hrane). Te pridobivamo iz več virov, med drugim:

- sistematičnega monitoringa in uradnega nadzora,
- sistemov globalnega spremljanja prehrane (*GEMS* (ang. *Global Environment Monitoring System*)/*Food database*),
- znanstvene literature in rezultatov raziskav,
- študija celotne diete (TDS).

Na ravni EU je EFSA odprla stalni poziv za nacionalne organizacije, raziskovalne ustanove, podjetja v prehranski industriji in druge deležnike, da predložijo podatke o mikotoksinih v živilih ([Annual call for continuous collection of chemical contaminants occurrence data in food and feed | EFSA](#)).

**Za učinkovito zbiranje podatkov in izvajanje kontrolnih ukrepov so bistveni naslednji elementi:**

<b>Natančen načrt vzorčenja</b>	<b>Pravilno vzorčenje</b>	<b>Uporaba validiranih analitičnih metod za določanje mikotoksinov</b>
---------------------------------	---------------------------	--

Sistemska toksikološka analiza (STA, ang. *Systematic Toxicological Analysis*) zahteva metode, ki omogočajo:

- enostavno, zanesljivo in ponovljivo detekcijo mikotoksinov,
- dovolj visoko specifičnost in hitrost analize,
- istočasno zaznavanje več toksikološko pomembnih spojin.

Mednarodne organizacije, kot sta AOAC in CEN (evropski ekvivalent ISO), predpisujejo standardizirane analitične metode za mikotoksine, ki se nenehno posodabljujejo (smo omenjali v poglavju 2.2.1 – ORGANIZACIJA LABORATORIJEV NA PODROČJU ZAGOTAVLJANJA VARNE KRME (IN HRANE), Standardizacija metod).

**Analitična procedura vključuje tri ključne faze:**

<b>Vzorčenje</b>	<b>Priprava vzorca</b>	<b>Analitične metode</b>
------------------	------------------------	--------------------------

**Vzorčenje:** cilj vzorčenja je zagotoviti reprezentativen vzorec, ki odraža lastnosti celotne serije hrane ali krme. Nepravilno vzorčenje je ena izmed najpogostejših napak pri analizi mikotoksinov in lahko povzroči do 90 % napak pri analizi.

- Mikotoksini so neenakomerno porazdeljeni v skladiščениh žitih, kar pomeni, da neustrezno vzorčenje vodi do netočnih rezultatov.
- Pri določitvi kriterijev za vzorčenje je treba upoštevati:
  - *zaščito potrošnikov (izogibanje lažno negativnim rezultatom, ki bi omogočili prehajanje kontaminirane hrane na trg);*
  - *zaščito proizvajalcev (izogibanje lažno pozitivnim rezultatom, ki bi povzročili ekonomsko škodo).*

Postopek vzorčenja: vzorčenje za preiskavo na mikotoksine je mednarodni problem, ki ga urejajo EU direktive (691/2013, izvedbena uredba 2024/771).

**Priprava vzorca:** po pravilnem vzorčenju je treba laboratorijski vzorec pripraviti za analizo. Priprava vzorca vključuje več kritičnih korakov:

- ekstrakcija mikotoksinov iz matriksa,
- prečiščevanje vzorca,
- koncentriranje analita pred analizo.

Učinkovitost teh korakov neposredno vpliva na natančnost in zanesljivost rezultatov, zato se uporabljajo validirane metode, skladne z mednarodnimi standardi (opisano v poglavju 2.2.2 – ORGANIZACIJA LABORATORIJEV NA PODROČJU ZAGOTAVLJANJA VARNE KRME (IN HRANE), Postopek validacije laboratorijske metode).

#### **4.7.4 Karakterizacija tveganja**

Karakterizacija tveganja vključuje kvalitativno in, če je mogoče, kvantitativno oceno primerjave stopnje izpostavljenosti določenega organizma, sistema ali (sub)populacije z vrednostmi, določenimi pri oceni nevarnosti (dejanski vnos v primerjavi s sprejemljivim dnevnim vnosom; PDU, ang. *Predicted (Probable) Daily Intake*).

Tveganje se izraža kot indeks ogroženosti (HI, ang. *Hazard Index* ali RI, ang. *Risk Index*):

$HI = \text{povprečna ali maksimalna dnevna doza} / \text{PDU ali RfD}$

- $HI < 1 \rightarrow$  brez tveganja
- $HI > 1 \rightarrow$  tveganje obstaja
- $HI > 4 \rightarrow$  alarmantna situacija

#### **Ali obstaja akutna toksična doza za AFM<sub>1</sub>?**

V zvezi z akutno toksičnostjo za AFM<sub>1</sub> ni natančno določene akutne toksične doze, saj je njegova toksičnost običajno kronična (dolgotrajna izpostavljenost vodi do poškodb jeter in povečanega tveganja za raka). Akutna toksična doza AFB<sub>1</sub> pri ljudeh je pri 20–120 µg/kg telesne mase/dan (smrtonosna pri dolgotrajni izpostavljenosti). Najbolj znana zastrupitev: leta 2004 je v Keniji 125 ljudi umrlo zaradi zaužitja močno kontaminirane koruze (do 4,4 mg/kg AFB<sub>1</sub>).

#### 4.7.5 Ocena tveganja pri živalih zaradi mikotoksinov

V okviru koncepta Eno zdravje, ki je skupna pobuda WHO in Svetovne organizacije za zdravje živali (prej OIE, zdaj WOAH, ang. *World Organisation for Animal Health*), je integriran pristop k varnosti hrane (od farme do mize; od vil do vilic) osredotočen tudi na zdravje in dobrobit živali. V tem pristopu je živalska krma prva stopnja v prehranski verigi. Nadzor krme in določitev mejnih vrednosti (MTL, ang. *Maximum tolerable level*) za prisotnost kemijskih kontaminantov ni pomemben le za zaščito zdravja živali, ampak tudi za preprečevanje kopičenja ostankov mikotoksinov v tkivih živali, ki bi lahko vstopili v prehransko verigo.

Čeprav se ocena tveganja za ljudi in živali izvaja ločeno, so uporabljeni enaki principi in metode.

Cilj identifikacije in karakterizacije nevarnosti je določitev MNTD (ang. *Maximum Non-Toxic Dose*) za vsako živalsko vrsto in kategorijo, in sicer ob upoštevanju podatkov o toksikokinetiki mikotoksinov. Vendar morfološke in fiziološke razlike med vrstami ter variacije znotraj iste vrste bistveno otežujejo oceno tveganja pri živalih v primerjavi z ljudmi, predvsem pri kvalitativni in kvantitativni oceni nevarnosti.

Za boljše razumevanje NOAEL in MNTD:

- NOAEL se uporablja v oceni tveganja, da določi najvišji odmerek brez škodljivih učinkov.
- MNTD je širši koncept in pomeni najvišji odmerek, ki ne povzroči nobene toksičnosti.
- MNTD je običajno nižji ali enak NOAEL.

Razumevanje toksikokinetike mikotoksinov je ključno za oceno njihove toksičnosti. Vključuje:

- poti vnosa mikotoksinov v organizem,
- stopnjo absorpcije,
- porazdelitev v različnih organih,
- metabolne spremembe,
- izločanje mikotoksinov in njihovih metabolitov.

Največje razlike v občutljivosti na mikotoksine so med prežvekovalci (ruminanti) in neprežvekovalci (monogastrične živali):

##### **Prežvekovalci**

*so bolj odporni, saj njihova mikroflora v vampu lahko razgradi nekatere mikotoksine*

##### **Neprežvekovalci**

*so bolj občutljivi, ker mikotoksini vstopijo neposredno v prebavni trakt in kri*

Faktorji, ki vplivajo na absorpcijo in biološko izkoristljivost mikotoksinov pri monogastričnih živalih:

- pH-vrednost v prebavnem traktu (kislo v želodcu, bazično v črevesju),
- molekulska masa (manjše molekule se hitreje absorbirajo),
- koncentracijski gradient (višja koncentracija poveča absorpcijo),
- topnost v vodi ali maščobah (liposolubilni mikotoksini se lažje kopičijo v maščobnem tkivu),

- prisotnost aktivnega transporta (nekateri spojine potrebujejo specifične transportne beljakovine),
- saturacijski gradient (absorpcija je lahko omejena pri visokih koncentracijah).

Vse te morfološke in fiziološke razlike med vrstami vplivajo na stopnjo toksičnosti mikotoksinov in so ključne pri oceni tveganja v prehranski verigi.

**Absorpcija mikotoksinov pri konjih:** konji so izključni rastlinojedi (herbivori), ki s pomočjo črevesne mikroflore v debelem črevesju razgrajujejo celulozo. Med fermentacijskimi procesi lahko pride do sproščanja konjugiranih oblik mikotoksinov, običajno vezanih na sladkorne molekule (glukoziidi). V tej obliki so mikotoksini biološko neaktivni ali manj toksični in jih standardne analitične metode težko zaznajo.

**Absorpcija mikotoksinov pri vsejedih in mesojedih živalih:** pri omnivorih (vsejedih) in karnivorih (mesojedih) se absorpcija večinoma odvija v tankem črevesju, manjši del pa v debelem črevesju. Pri teh vrstah se absorbirajo tudi spojine, ki vstopajo v enterohepatično recirkulacijo, kar pomeni, da se del mikotoksinov znova sprosti v prebavni trakt in podaljšuje njihovo toksično delovanje.

Tudi psi in mačke imajo v obroku rastlinske komponente - pri psih lahko delež rastlinskih beljakovin predstavlja do 60 % vseh zaužitih beljakovin. Zaradi tega so potencialno izpostavljeni mikotoksinom, ki so običajno v živilih rastlinskega izvora.

**Prežvekovalci** so strogi rastlinojedci, pri katerih mikroflora v vampu, sestavljena iz bakterij in praživali, omogoča razgradnjo kompleksnih polisaharidov (npr. celuloze,  $\beta$ -D-glukanov) in beljakovin v bakterijske beljakovine ter hlapne maščobne kisline. Nekateri mikotoksini, kot so ZEA, OTA, trihoteceni, FUM, se lahko v določeni meri razgradijo v vampu v manj toksične ali netoksične spojine. V siriščniku poteka prebava podobno kot pri monogastričnih živalih. Ta način prebave omogoča, da so prežvekovalci bolj odporni na mikotoksine v hrani v primerjavi z monogastričnimi živalmi.

Teleta spadajo v občutljivo kategorijo, saj njihov prebavni sistem še ni popolnoma razvit, zato lahko mikotoksini v krmi povzročijo toksične učinke.

### **Biotransformacija in eliminacija mikotoksinov**

Poleg morfoloških in fizioloških posebnosti prebavnega trakta pri živalih igrajo pomembno vlogo tudi biotransformacijski encimi in transmembranski transporterji v tkivih. Ti procesi vplivajo na:

- porazdelitev mikotoksinov v organizmu,
- biotransformacijo v manj ali bolj toksične metabolite,
- eliminacijo mikotoksinov in njihovih metabolitov,
- prisotnost ostankov mikotoksinov v tkivih.

Biotransformacija ima ključni pomen, saj določa, ali se bo mikotoksin detoksificiral ali bo postal še bolj toksičen. Jetra so glavni organ za biotransformacijo mikotoksinov. Ključno vlogo

ima družina encimov citokroma P450 (CYP). Ti niso specifični samo za mikotoksine, temveč imajo ključno vlogo tudi pri presnovi, in sicer:

**Endogene spojine**

*(steroidi, žolčne kisline, maščobne kisline, prostaglandini)*

**Eksogene spojine**

*(zdravila, toksini iz okolja, strupene sestavine rastlin)*

Mikotoksini in tudi druge toksične spojine lahko inducirajo ali zavirajo encime P450, kar lahko povzroči:

**Pospešen metabolizem,**

*kar lahko vodi bodisi v detoksifikacijo ali pa v nastanek bolj toksičnih spojin*

**Upočasnen metabolizem,**

*kar lahko upočasni nastanek toksičnih metabolitov, a hkrati tudi podaljša prisotnost strupenih snovi v telesu*

Če so toksini ali njihovi metaboliti zelo reaktivni, lahko prizadenejo jetra, še preden se porazdelijo po telesu ali se inaktivirajo.

Toksičnost mikotoksinov lahko preučujemo na štirih ravneh:

1. na nivoju celotnega organizma,
2. na nivoju specifičnih ciljnih organov,
3. na nivoju celic,
4. na molekularni ravni.

Ključni mehanizmi toksičnosti mikotoksinov:

- motnje v delovanju beljakovin (encimi, receptorji, transportni in depo beljakovine);
- oksidativni stres in lipidna peroksidacija (nastanek prostih radikalov);
- poškodbe DNK, ki lahko privedejo do mutacij in kancerogeneze;
- bioaktivacija mikotoksinov (nastanek reaktivnih metabolitov, ki lahko poškodujejo celične strukture);
- kovalentna vezava mikotoksinov in reaktivnih metabolitov na celične makromolekule (DNA, RNA, beljakovine);
- interakcije z bioelementi, ki vplivajo na celične funkcije;
- motnje pri transportu ionov, kar lahko vodi v neravnovesje elektrolitov;
- motnje v homeostazi kalcija (Ca), ki lahko vplivajo na krčenje mišic in signalizacijo v celicah;
- disfunkcija mitohondrijev, kar lahko vodi do pomanjkanja celične energije (ATP);
- imunske motnje, ki lahko povzročijo bodisi imunosupresijo bodisi prekomerno aktivacijo imunskega sistema;
- indukcija apoptoze ali nekroze, kar vodi v smrt prizadetih celic.

Razumevanje mehanizmov toksičnosti ima ključno vlogo v toksikologiji, saj omogoča osnovno razlago vpliva mikotoksinov na strukturne in fiziološke spremembe v organizmu.

Ocena izpostavljenosti živali mikotoksinom vključuje dva ključna parametra:

1. količino zaužite krme,
2. vsebnost mikotoksinov v posameznih krmilih in popolnih krmnih mešanica.

V EU so države članice zakonsko zavezane poročati o rezultatih monitoringa krme.

Direktiva EU 2002/32/EC vključuje seznam nezaželenih snovi v krmi, za katere je znano, da imajo škodljive učinke. Nekatere so bile povezane z znanimi incidenti (dioksini v perutninskem mesu in jajcih ter melamin v mleku).

Če toksična snov ni zakonsko regulirana v okviru 2002/32/EC, se ocena tveganja opravi na podlagi znanstvene literature in dokumentiranih primerov zastrupitev.

Precejšen izziv pri pripravi ocene tveganja za živali so podatki o količini zaužite krme, pogosto premalo natančni zaradi številnih dejavnikov. Ti so:

- starost živali,
- produkcijski status (npr. mlečne krave v primerjavi s pitanci, nesnice v primerjavi z brojlerji),
- sistem reje (intenzivna, polintenzivna, ekstenzivna reja).

Kljub omenjenim težavam je EFSA razvila podporne sisteme za ocenjevanje izpostavljenosti živali kontaminantom iz krme, pri katerih upošteva:

- uporabo standardiziranih postopkov za oceno izpostavljenosti živali;
- upoštevanje prehranskih standardov za različne živalske vrste in kategorije;
- primerjava podatkov o vsebnosti mikotoksinov v posameznih krmilih z ocenami vnosa krme;
- interpretacija rezultatov za oblikovanje preventivnih ukrepov.

Ta pristop je bil nedavno razvit za ZEA, T-2 toksin in HT-2 toksin.

Analizirani podatki se nato statistično obdelajo, kar omogoča določitev najprimernejših preventivnih ukrepov za zmanjšanje tveganja zaradi izpostavljenosti mikotoksinom pri živalih.

## 4.8 Obvladovanje tveganja

Obvladovanje tveganja je v okviru *Codex Alimentarius* opredeljeno kot proces vrednotenja različnih alternativ v luči rezultatov ocene tveganja, če je potrebno, izbira in implementacija ustreznih kontrolnih ukrepov, vključno s pravnimi predpisi.

Cilji obvladovanja tveganja:

- določitev pomena ocenjenega tveganja in njegova primerjava s stroški za njegovo zmanjšanje ter pričakovanimi koristmi (*cost-benefit* analiza);

- primerjava ocenjenega tveganja s širšo družbeno koristjo, ki nastane v primerih, ko do tveganja ne pride;
- vzpostavitev političnih in institucionalnih mehanizmov za zmanjšanje tveganja.

Obvladovanje tveganja ima tudi preventivno vlogo, ki se dosega z razvojem standardov, smernic in priporočil za varnost hrane, kot jih določa *Codex Alimentarius*.

Sistemi za obvladovanje tveganj v varnosti hrane se delijo na generične in zasebne standarde.

### **Generični standardi**

<b>GAP</b> ( <i>Good Agricultural Practices</i> )	Sistem pravil za kmetijske proizvajalce, ki zagotavlja minimalne standarde za pridelavo in skladiščenje hrane.
<b>GMP+</b> ( <i>Good Manufacturing Practice</i> )	Certifikat za proizvajalce hrane in krme za živali.
<b>Global G.A.P./organska certificiranja</b>	Standardi za kmetijske proizvajalce.
<b>HACCP sistem</b>	Znanstveni, racionalni in sistematični pristop k identifikaciji, oceni in nadzoru tveganj v prehranski verigi za zagotavljanje varnosti hrane.
<b>ISO 9000</b>	Standard, usmerjen v zagotavljanje kakovosti.
<b>ISO 15161:2001</b>	Navodila za implementacijo ISO 9001:2000 v živilski industriji (kombinira ISO 9001:2000 in HACCP).  Koristen model za izboljšanje poslovanja v prehranski industriji.
<b>ISO 22000</b>	Standard za upravljanje varnosti hrane, primeren za vse organizacije v prehranski verigi, to je ne glede na velikost in kompleksnost.

Za izboljšanje kakovosti dobaviteljev, zagotavljanje skladnosti in preprečevanje pomanjkljivosti izdelkov so bili razviti tudi številni zasebni standardi za hrano.

Najpomembnejši zasebni standardi:

- GFSI (*Global Food Safety Initiative*),
- BRC/IoPP (*British Retail Consortium – Food Standard*),
- Dutch HACCP Code,

- EFSIS Standard (*European Food Safety Inspection Standard*),
- IFS (*International Food Safety*),
- SQF 2000 (*Safety Quality Food*),
- Eurep-Gap (*Euro-Retailer Produce Work Group*).

Pri razvoju pristopa k obvladovanju tveganja je treba upoštevati karakterizacijo nevarnosti, izhajajočo iz procesa ocene tveganja.

Ključni koraki pri odločanju o obvladovanju tveganja:

- vzpostavitev varnih postopkov v proizvodnji hrane (ravnanje in prakse),
- zagotavljanje kakovostne predelave hrane,
- vzpostavitev sistemov za nadzor in zagotavljanje kakovosti hrane,
- uporaba standardov varnosti hrane za preprečevanje nevarnosti v prehranski verigi.

Učinkovito obvladovanje tveganja zagotavlja varno hrano, zmanjšuje verjetnost kontaminacije in povečuje zaupanje potrošnikov v prehranski sistem.

## 4.9 Komunikacija o tveganju

Komunikacija o tveganju je tretja in zadnja komponenta v procesu analize tveganja. *Codex Alimentarius* jo opredeljuje splošno kot »interaktiven proces izmenjave informacij in mnenj o tveganju med ocenjevalci tveganja, upravljavci tveganja in drugimi zainteresiranimi deležniki«.

V bistvu pomeni komunikacija o tveganju interaktivni proces izmenjave informacij in mnenj med posamezniki, skupinami in institucijami. Poteka v realnem času, z namenom informiranja javnosti o rezultatih strokovnih in znanstvenih raziskav o nevarnostih v hrani in oceni tveganja za:

- celotno prebivalstvo ali
- določene ranljive skupine, kot so:
  - *otroci,*
  - *starejši,*
  - *nosečnice,*
  - *osebe z oslabljenim imunskim sistemom (t. i. YOPI, ang. young, old, pregnant, immune-suppressed).*

Komunikacijo izvajata javni in zasebni sektor, ki uporabljata pri tem sodobne komunikacijske in informacijske tehnologije.

Namen komunikacije o tveganju:

**Podajanje informacij o potrebnih ukrepih za preprečevanje, zmanjšanje ali minimalizacijo tveganja**

**Vzpostavljanje in izvajanje sistemov ter standardov za varnost hrane**

Učinkovita komunikacija o tveganju pomaga preprečevati neutemeljene afere, širjenje panike in senzacionalistične objave, ki lahko škodujejo nacionalnemu gospodarstvu in mednarodni trgovini. Priporočila za oblikovanje smernic za komunikacijo o tveganju so dostopna na spletnih straneh in publikacijah WHO.

## 4.10 Zakonodajni vidik

Zaradi dokazane toksičnosti in kancerogenosti določenih mikotoksinov so zakonsko določene maksimalno dovoljene količine (MDK) mikotoksinov v hrani. Zakonska regulativa v EU se nenehno posodablja in izboljšuje, pri čemer se upoštevajo znanstvena dognanja in tehnološki napredki. Strogi zakonski predpisi v razvitih državah pogosto ovirajo svobodno trgovino, zlasti z državami v razvoju, zaradi česar ostajajo velike količine hrane, kontaminirane z mikotoksini, v lokalni porabi.

Na določanje MDK mikotoksinov v hrani vplivajo znanstveni, strokovni in socialno-ekonomski dejavniki. Najpomembnejši so:

- dostopnost toksikoloških podatkov o mikotoksinih;
- podatki o razširjenosti in izpostavljenosti ljudi in živali mikotoksinom;
- poznavanje porazdelitve mikotoksinov v vzorcih hrane;
- razvitost analitičnih metod za zaznavanje mikotoksinov;
- skladnost z mednarodno zakonodajo, ki mora podpirati prosto trgovino in pretok kapitala;
- zagotavljanje zadostne količine hrane za prebivalstvo.

Prva dva dejavnika sta ključna za analizo tveganja v okviru identifikacije nevarnosti in ocene izpostavljenosti. Temeljita na določitvi sprejemljivega dnevnega vnosa (PDU), povprečni količini dnevno zaužite hrane (Q) in povprečni telesni masi osebe (60 kg).

Enačba za izračun MDK mikotoksinov v posamezni vrsti hrane (K):

$$K \text{ (mg/kg t.m.)} = \frac{\text{PDU} \times 60 \times 1000}{Q}$$

*K predstavlja toksikološko mejo – vrednosti nad K lahko predstavljajo zdravstveno tveganje.*

Tretji in četrti dejavnik sta ključna za zakonsko izvajanje regulative in temeljita na pravilnem vzorčenju ter uporabi ustreznih analitičnih metod.

Zadnja dva dejavnika sta socialno-ekonomske narave, a igrata pomembno vlogo pri določanju MDK za mikotoksine v hrani.

Svetovna trgovinska organizacija (WTO, ang. *World Trade Organization*) ima ključno vlogo pri regulaciji svetovne trgovine. Članice WTO morajo upoštevati Sporazum o uporabi sanitarnih in fitosanitarnih ukrepov (*SPS Agreement*), ki lahko posredno ali neposredno vpliva na mednarodno trgovino.

Po tem sporazumu so države dolžne zagotoviti, da se vsaka sanitarna ali fitosanitarna ureditev:

- uporablja le v obsegu, ki je nujno potreben za zaščito zdravja ljudi, živali in rastlin;
- temelji na znanstvenih načelih ocene tveganja;
- ne ohranja v veljavi brez zadostnih znanstvenih dokazov (t. i. ALOP koncept – *Appropriate Level of Protection*).

RASFF (ang. *Rapid Alert System for Food and Feed*) je evropski sistem za hitro obveščanje in alarmiranje o neposrednih in posrednih tveganjih za zdravje, povezanih s hrano in krmo.

#### Namen RASFF

**Zagotavljanje hitrega obveščanja o zdravstveno neustrezni hrani in krmi, zaznani na trgu**

**Izboljšanje varnosti hrane in zmanjšanje pojava bolezni, ki se prenašajo s hrano**

## 4.11 Ukrepi za preprečevanje škodljivih učinkov mikotoksinov

Čeprav obstaja veliko strategij za preprečevanje ali zmanjšanje škodljivih učinkov mikotoksinov na zdravje ljudi in živali, še vedno ni enotne metode, ki bi bila enako učinkovita za vse mikotoksine v različnih substratih. Preventivni ukrepi na polju in v skladišču zahtevajo multidisciplinaren in integriran pristop. Ta temelji na izbiri ustreznih rastlinskih hibridov, agronomskih praksah, ekologiji plesni, optimalnem času žetve, ustreznih pogojih skladiščenja, procesih predelave in strategijah detoksikacije ob prisotnosti mikotoksinov.

Produkcijo toksinov v prvi vrsti določajo genetski dejavniki, vendar nanjo močno vplivajo tudi okoljski pogoji, v katerih rastejo plesni. Ključni dejavniki so sestava substrata, vlažnost, aktivnost proste vode ( $aw$ ), temperatura, stopnja poškodbe zrn, koncentracija  $O_2$  in  $CO_2$ , pH-okolja, skupno število plesni, delež toksogenih sevov v mikropopulaciji, obremenjenost s sporami, prisotnost konkurenčne mikroflore ter struktura skladiščnega prostora.

Ukrepi za preprečevanje kontaminacije hrane s plesnimi in mikotoksini ter postopki za zmanjšanje njihovih toksičnih učinkov se delijo v naslednje skupine:

- uporaba bioinženiringa za razvoj rastlinskih sort, odpornih proti mikotoksinom;
- agrotehnični in drugi kontrolni ukrepi za izboljšanje razvoja rastlinskih kultur;
- razvoj napovednih modelov za preprečevanje kolonizacije plesni in sinteze mikotoksinov;
- pravilno skladiščenje;
- procesna higiena;
- strategije detoksikacije;
- vpeljava integriranih sistemov in standardov za varnost hrane;
- povečanje ozaveščenosti in izobraževanje javnosti.

V tem poglavju bodo predstavljeni najpomembnejši ukrepi za preprečevanje škodljivih učinkov mikotoksinov.

## **Preprečevanje kontaminacije**

Preprečevanje kontaminacije hrane z mikotoksini se začne že pred žetvijo na polju (strategije pred žetvijo) in nadaljuje med skladiščenjem (strategije po žetvi). Dolgoletne raziskave so pokazale statistično povezavo med prisotnostjo določenih mikotoksinov ter meteorološkimi in agrotehničnimi dejavniki. Proučevanje številnih dejavnikov, ki vplivajo na rast plesni in sintezo toksinov, je omogočilo razvoj napovednih modelov za zgodnje prepoznavanje tveganja za pojav plesni in/ali toksinov.

Teoretično se preprečevanje kontaminacije na polju osredotoča na uporabo dobre kmetijske prakse (GAP). Ta vključuje selekcijo pridelkov, odpornih proti stresu in posledično proti parazitom, pravilno namakanje, ustrezno gnojenje, nadzor škodljivcev, uporabo pesticidov in kolobarjenje.

V skladiščih se preventivni ukrepi za zmanjšanje plesni in sinteze mikotoksinov osredotočajo na fizikalne in kemijske metode. Ohranjanje nizke temperature in nadzor vlažnosti sta ključna fizikalna pristopa. Če uporaba fizikalnih metod ni mogoča, se uporabljajo kemijske metode. Raziskave so pokazale, da več kot 100 kemijskih spojin zavira rast plesni in sintezo mikotoksinov. Glede na substrat se uporabljajo fungicidi, natrijev sorbat ali kalcijev propionat. Nove strategije preučujejo uporabo antioksidantov, kot sta vanilinska in 4-hidroksibenzojeva kislina, ter eteričnih olj rastlinskega izvora, zlasti *Thymus vulgaris* in *Aframomum danielli*.

Dobra skladiščna praksa (GSP), dobra higienska praksa (GHP) in dobra proizvodna praksa (GMP), vključene v integriran sistem nadzora varnosti hrane v vseh fazah proizvodnje in distribucije (HACCP), predstavljajo učinkovite metode za preprečevanje sinteze mikotoksinov. Vendar ti ukrepi v nekaterih primerih ne zadoščajo za zmanjšanje ravni mikotoksinov pod največjo dovoljeno mejo.

Razvoj napovednih modelov za preprečevanje kolonizacije plesni in sinteze mikotoksinov predstavlja ključno podporo trajnostni proizvodnji v okviru varnostne verige hrane. Cilji razvoja teh modelov so:

1. napovedati kontaminacijo žit z mikotoksini na polju (pred žetvijo),
2. določiti optimalni čas žetve,
3. predlagati najboljše postopke predelave žit in nadaljnje distribucije,
4. pripraviti smernice na podlagi analiziranih podatkov,
5. zmanjšati potrebo po nadzoru mikotoksinov v prehranski verigi z učinkovitim upravljanjem tveganj.

V Italiji so leta 2003, in sicer po pojavu aflatoksinov, razvili sisteme, kot sta indeks sušnosti (AI) in AFLA-maize, za napovedovanje kontaminacije koruze z *Aspergillus flavus* in pojavom AFB<sub>1</sub>. Sistem temelji na meteoroloških podatkih, je preprost, enostaven za uporabo in je bolj praktičen, kot je odkrivanje mikotoksinov v kmetijskih razmerah. Tudi v Avstraliji so razvili sistem za napovedovanje aflatoksinov na podlagi prejšnjih raziskav kontaminacije arašidov z AFB<sub>1</sub>. Ključna parametra za izračun indeksa tveganja aflatoksinov (ARI) sta temperatura in vlažnost zraka. Raziskave so pokazale visoko pozitivno korelacijo ( $R = 0,69$ ) med vsebnostjo AFB<sub>1</sub> in ARI.

V afriških državah so prav tako poskušali razviti napovedne modele, vendar so do zdaj brez uspeha. Avtorji modelov želijo združiti podnebne dejavnike s podatki o pojavnosti aflatoksinov ter tako ustvariti zemljevid verjetnosti njihovega pojava in distribucije. Pri izdelavi napovednih modelov so ključni zgodovinski podatki, aktualni podnebni dejavniki ter stopnja kontaminacije s plesnimi in mikotoksini. Ti modeli podpirajo trajnostni razvoj kmetijske

proizvodnje, zagotavljajo zdravstveno varnost hrane v prehranski verigi in prispevajo k zaščiti zdravja ljudi.

Kontaminacija hrane s plesnimi in/ali mikotoksini se lahko pojavi v vseh fazah prehranske verige, vendar integrirani sistemi, kot je analiza tveganja in kritičnih kontrolnih točk (HACCP), učinkovito preprečujejo ali zmanjšujejo vstop mikotoksinov v prehransko verigo (glej poglavje 3 UPRAVLJANJE VARNOSTI KRME PO NAČRTNIH SISTEMA HACCP).

Uporaba načel HACCP se začne z analizo tveganja in pripravo seznama kritičnih točk v proizvodnji hrane, kjer obstaja tveganje za pojav plesni in/ali mikotoksinov. Prav tako je treba opredeliti preventivne ukrepe. Nadzor vhodnih surovin ali pogodba, ki natančno določa MDK mikotoksinov, predstavlja eno od temeljnih načel HACCP (Tabela 5).

Naslednji korak v sistemu HACCP je določitev CCP. Pri tem se identificirajo materiali, surovine, proizvodi ali faze proizvodnega procesa, kjer je treba spremljati prisotnost plesni in/ali mikotoksinov. CCP se določijo s primerjavo analiz vhodnih surovin in končnih izdelkov. Po določitvi CCP sledi vzpostavitev kritičnih limitov – določitev najvišje dovoljene ravni plesni in/ali mikotoksinov v posamezni fazi proizvodnje, da se tveganje zmanjša na sprejemljivo raven. Če kritični limiti niso zastavljeni, to pomeni, da CCP ni pod nadzorom, kar lahko ogrozi zdravje ljudi in/ali živali.

**Tabela 5:** Uporaba HACCP koncepta pri preprečevanju kontaminacije hrane s plesnimi in mikotoksini

<b>Načela HACCP načrta</b>	<b>Primeri preventivnih ukrepov</b>
<b>1. Analiza tveganja</b>	Identifikacija nevarnosti zaradi mikotoksinov, ki bi jih bilo mogoče preprečiti, odpraviti ali zmanjšati na sprejemljivo raven, npr. mesta in/ali način možnega vnosa plesni in sinteze mikotoksinov, kemijske nevarnosti biološkega izvora. Napisati preventivne ukrepe.
<b>2. Identifikacija kritičnih kontrolnih točk (CCP)</b>	Procesi se evidentirajo, izdelajo se diagrami procesov, na katerih se določijo kontrolne točke; točke v proizvodnji hrane – od vhodnih surovin preko predelave, transporta do skladiščenja na kmetiji – v katerih se lahko potencialna tveganja nadzorujejo (vlaga, temperatura, O <sub>2</sub> , aw).
<b>3. Vzpostavitev kritičnih mej na kritičnih mestih</b>	Treba je določiti kritične meje za ugotovljeno nevarnost. To pomeni označitev meje, ki ločuje sprejemljivo od nesprejemljivega.
<b>4. Postopki nadzora</b>	Vzpostavitev sistema nadzora določenih vrednosti na CCP in/ali laboratorijskih testiranj, da se zagotovi njihova točnost/veljavnost. To zajema določitev postopkov za vzorčenje, pripravo vzorcev in analizo, bodisi v internih bodisi v zunanjih laboratorijih, v ustreznih časovnih intervalih – neprekinjeno ali periodično.
<b>5. Korektivni ukrepi</b>	Vzpostaviti korektivne ukrepe, ki jih je treba uporabiti, če nadzor pokaže, da kritične kontrolne točke niso pod nadzorom, npr. načrt ukrepov za preprečevanje kolonizacije plesni, dobre proizvodne in dobre higienske prakse ali metode razstrupljanja, če in kjer je to mogoče uporabiti.

<b>6. Vzpostavitev postopkov za preverjanje</b>	Vzpostaviti postopke za preverjanje veljavnosti HACCP sistema. Uvajanje dodatnih revizij ali paralelnih preverjanj, kot so vzorčenja ali analitična testiranja, da se potrdi delovanje glavnih postulatov sistema po predvidenih standardih. Verifikacijo izvaja neodvisen organ, ločen od tistih, ki so odgovorni za nadzor in izvajanje korektivnih ukrepov.
<b>7. Priprava dokumentacije</b>	Sistem dokumentacije, ki natančno beleži podrobnosti vseh proizvodnih operacij: tehnološke vidike (čas, temperatura in mikrobiološki parametri) ter postopke, ki določajo osebno odgovornost delavcev. Ta postopek proizvajalcu zagotavlja dokazila, da proizvod ustreza načrtu HACCP, ter omogoča sledljivost in preverljivost varnostnih ukrepov.

## Ukrepi

Ko preprečevanje kontaminacije z mikotoksini ni mogoče, se uporabljajo detoksifikacijski ukrepi. Ti vključujejo fizikalne, kemijske in mikrobiološke postopke za odstranjevanje ali razgradnjo mikotoksinov v manj toksične ali netoksične spojine ter zmanjšanje njihove absorpcije iz kontaminirane hrane z uporabo adsorbentov.

Med fizikalnimi metodami najpogosteje uporabljamo toplotno obdelavo in obsevanje (gama žarki, rentgenski žarki, UV-svetloba). Uporabljajo se tudi mikronizacija, tostiranje, ekstruzija in fizikalna separacija. Večina mikotoksinov je termostabilnih, zato običajni temperaturni režimi v živilski industriji le delno razgradijo te spojine, medtem ko imajo druge metode omejeno praktično uporabo.

Veliko raziskav se osredotoča na razvoj ekonomsko sprejemljivih metod za kemijsko razgradnjo mikotoksinov v netoksične produkte. Kemijske metode temeljijo na uporabi: kislin, baz, aldehydov, oksidativnih snovi in določenih plinov. Alkalna sredstva, kot so amonijak ter natrijev in kalcijev hidroksid, se primarno uporabljajo za uničenje aflatoksinov, vendar jih Uprava za hrano in zdravila (FDA) ne odobrava. Med kemijske metode spada tudi ozonizacija, ki se z razvojem elektrokemijskih tehnik vse bolj uveljavlja pri detoksifikaciji. Čeprav kemična sredstva učinkovito razgradijo mikotoksine, lahko povzročijo znatne izgube hranilnih snovi in negativno vplivajo na senzorične lastnosti hrane.

Biološke metode dekontaminacije temeljijo na sposobnosti določenih mikroorganizmov (bakterije, aktinomicete, kvasovke, glive, alge), da encimsko razgradijo mikotoksine. Fermentacijski in bakterijski procesi omogočajo biološko dekontaminacijo. Pri fermentacijski biodegradaciji mikroorganizmi, kot je *Saccharomyces cerevisiae*, s specifičnimi encimi (epihidroksilaza, ligaza, keto-enol-tautomeraza) pretvarjajo mikotoksine v manj toksične ali netoksične spojine. Za biološko razgradnjo mikotoksinov se najpogosteje uporabljajo mikroorganizmi iz rodov *Streptococcus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Butyribrio*, *Phenylobacterium*, *Pleurotus*, *Saccharomyces*, *Bacillus* in *Acinetobacter*. Raziskave se osredotočajo tudi na ekstrakcijo encimov, ki sodelujejo pri razgradnji mikotoksinov, za njihovo nadaljnjo praktično uporabo.

Tretja in verjetno najsprejemljivejša strategija za zmanjšanje toksičnih učinkov mikotoksinov (detoksifikacija) je zaviranje njihove absorpcije iz kontaminirane hrane z uporabo adsorbentov. V ta namen se uporabljajo različne skupine snovi, kot so: aluminosilikati, gline in zeolitni minerali, ki sodijo med najpogosteje uporabljene adsorbente. Večina anorganskih adsorbentov deluje po principu izmenjave kationov oziroma »molekularnega sita«. Zaradi velike površine z električnim nabojem omogočajo močno vezavo mikotoksinov. Med aluminosilikati je najbolj raziskan hidratiziran natrijev kalcijev aluminosilikat (HSCAS), ki ima veliko

afiniteto do aflatoksinov in tvori zelo stabilen kompleks, vendar je manj učinkovit pri drugih mikotoksinih.

Negativna stran uporabe mineralnih adsorbentov je možnost vezave pomembnih drugih hranil ter poročani toksični učinki pri živalih, ki so uživale krmo z dodanimi adsorbenti. V zadnjem času se vse pogosteje uporabljajo adsorbenti organskega izvora, kot so: modificirani manan oligosaharidi – kompleksni ogljikovi hidrati, izolirani iz notranje plasti celične stene kvasovk. Eden ključnih kriterijev pri uporabi adsorbentov je stabilnost vezi med adsorbentom in toksinom, njihova pomanjkljivost pa je možnost adsorpcije pomembnih drugih hranilnih snovi.

Ker se mikotoksini pogosto pojavljajo v hrani in krmi v kombinaciji z različnimi spojinami, ki se razlikujejo po kemijskih lastnostih, termostabilnosti, topnosti in afiniteti do določenih adsorbentov, lahko detoksifikacijski postopek, ki deluje pri eni kontaminaciji, ni učinkovit pri sočasni prisotnosti več mikotoksinov. Najpogostejše strategije za preprečevanje neželenih učinkov mikotoksinov na zdravje živali vključujejo redčenje kontaminirane krme z nekontaminirano, preusmeritev krme na manj občutljive živalske vrste ali dodajanje adsorbentov oziroma encimskih pripravkov, ki razgrajujejo mikotoksine v manj toksične ali netoksične spojine.

## 4.12 Zaključne ugotovitve

---

Ker pojavljanja mikotoksinov v prehranski verigi ni mogoče popolnoma preprečiti, predstavljajo ti stalno tveganje za javno zdravje. Problem postaja vse resnejši zaradi izrazitih podnebnih sprememb in globalizacije trga. Doslej so bile raziskave osredotočene na:

- proučevanje dejavnikov, ki vplivajo na kolonizacijo plesni in sintezo mikotoksinov;
- razvoj analitičnih metod za zaznavanje mikotoksinov;
- preučevanje mehanizmov toksičnosti mikotoksinov pri živih organizmih.

V zadnjem desetletju so se raziskave, zlasti v industrijsko razvitih državah, intenzivno usmerile v preučevanje genomskih, proteomskih, metabolomskih in ekofizioloških dejavnikov, ključnih za:

- razvoj odpornih sevov, prilagojenih podnebnim in okoljskim dejavnikom, s ciljem preprečevanja kontaminacije s plesnimi in sinteze mikotoksinov pred žetvijo,
- razvoj napovednih modelov za preprečevanje plesni in mikotoksinov,
- uporabo fizikalnih, kemijskih in bioloških ukrepov za preprečevanje plesni in mikotoksinov med skladiščenjem,
- razvoj detoksifikacijskih strategij za primere, ko je do kontaminacije že prišlo.

S celovitim pristopom, ki združuje preventivne in kurativne ukrepe, lahko učinkoviteje zmanjšamo tveganje za prisotnost mikotoksinov v prehranski verigi ter posledično izboljšamo varnost hrane in zaščitimo zdravje ljudi.

---

## Literatura

- (1) Chhaya RS, O'Brien J, Cummins E. Feed to fork risk assessment of mycotoxins under climate change influences – recent developments. *Trends Food Sci Technol* 2022; 126: 126–41. doi: 10.1016/j.tifs.2021.07.040
- (2) Dsm-firmenich. World Mycotoxin Survey: the global threat: January – December 2024. Kaiseraugust: DSM-Firmenich AG, 2025. <https://www.dsm-firmenich.com/anh/products-and-services/tools/mycotoxin-contamination/mycotoxin-survey.html> (6. 11. 2025).
- (3) Dsm-firmenich. World Mycotoxin Survey: the global threat: January – December 2024. Kaiseraugust: DSM-Firmenich AG, 2025. <https://www.dsm-firmenich.com/anh/products-and-services/tools/mycotoxin-contamination/mycotoxin-survey/mycotoxin-survey-report-q4-2024.html> (10. 10. 2025).
- (4) El Darra N, Grimi N, Watson IA, El Khoury A. Risk assessment of mycotoxins in food: editorial. *Front Nutr* 2023; 10: 1145998. doi: 10.3389/fnut.2023.1145998
- (5) European Food Safety Authority (EFSA). Animal dietary exposure in the risk assessment of contaminants in feed. *EFSA J* 2024; 22(7): e8858. doi: 10.2903/j.efsa.2024.8858
- (6) European Food Safety Authority (EFSA). Risks for animal health related to the presence of ochratoxin A (OTA) in feed. *EFSA J* 2023; 21(11): 8375. doi: 10.2903/j.efsa.2023.8375
- (7) Fakhri Y, Mehri F, Ranaei V, et al. The prevalence and concentration of mycotoxins (aflatoxins, deoxynivalenol, zearalenone, and ochratoxin A) in domestic bird eggs: a global systematic review, meta-analysis, and probabilistic risk assessment. *J Food Prot* 2025; 88(10): 100600. doi: 10.1016/j.jfp.2025.100600
- (8) FAO. Food Safety Risk Analysis: a guide for national food safety authorities. Vol. 87. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. <https://www.fao.org/4/a0822e/a0822e.pdf> (6. 10. 2025).
- (9) FAO. Joint FAO/WHO expert meeting on hazards associated with animal feed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, 2015. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9eab3c48-7739-4246-87d8-55124bbcb8ce/content> (6. 11. 2025).
- (10) FAO. Worldwide regulation for mycotoxins in food and feed in 2003. Vol. 81. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004. <https://www.fao.org/4/y5499e/y5499e00.htm> (6. 11. 2025).
- (11) Goda AA, Shi J, Xu J, et al. Global health and economic impacts of mycotoxins: a comprehensive review. *Environ Sci Eur* 2025; 37: 122. doi: 10.1186/s12302-025-01166-x
- (12) IARC. Mycotoxin exposure and human cancer risk: a systematic review of epidemiological studies. Lyon: International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, 2024. <https://www.iarc.who.int/news-events/mycotoxin-exposure-and-human-cancer-risk-a-systematic-review-of-epidemiological-studies/> (6. 10. 2025).
- (13) Khan R, Anwar F, Ghazali FM. A comprehensive review of mycotoxins: toxicology, detection, and effective mitigation approaches. *Heliyon* 2024; 10(8): e28361. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28361
- (14) Liu Y, Wu F. Global burden of aflatoxin-induced hepatocellular carcinoma: a risk assessment. *Environ Health Perspect* 2010; 118(6): 818–24. doi: 10.1289/ehp.0901388
- (15) Long N, Peng H, Wang Y, Zhou C, Wang Z. Effects of mycotoxins in foods on human health and strategies for prevention and control: A review. *J Future Foods (journal pre-proof)* doi: 10.1016/j.jfutfo.2025.05.014
- (16) Miličević D. Mikotoksini u lancu hrane: hemijski, biološki i zdravstveni aspekt. Beograd: Naučna KMD, 2016.
- (17) NIJZ. Navodila za izdelavo ocene tveganja za zdravje ljudi zaradi izpostavljenosti kemijskim in mikrobiološkim dejavnikom iz okolja z izbranimi poglavji in praktičnimi primeri. Del 1. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2022. [https://www.nijz.si/wp-content/uploads/2022/07/navodila\\_nijz\\_za\\_oceno\\_tveganja\\_kem\\_in\\_mikrobiol\\_dejavnikov.pdf](https://www.nijz.si/wp-content/uploads/2022/07/navodila_nijz_za_oceno_tveganja_kem_in_mikrobiol_dejavnikov.pdf) (8. 10. 2025).
- (18) NIJZ. Rakotvorne snovi v živilih in materialih v stiku z žvili: ocena prehranske izpostavljenosti PAH in opredelitev tveganja za prebivalce Slovenije. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2019. <https://www.nijz.si/wp-content/uploads/2019/04/Rakotvorne-snovi-v-zivilih-in-materialih-v-stiku-z-zivilih.pdf> (7. 10. 2025).
- (19) WHO. Colorectal cancer. Geneva: World Health Organization, 2023. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/colorectal-cancer> (10. 10. 2025).
- (20) WHO. Dietary Exposure Assessment. In: Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food: Environmental Health Criteria 240. Geneva: World Health Organization, 2020. <https://www.who.int/docs/default-source/chemical-safety/ehc240-chapter6-edited%284-1%29.pdf> (10. 10. 2025).
- (21) Xu R, Kiarie EG, Yiannikouris A, Sun L, Karrow NA. Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. *J Anim Sci Biotechnol* 2022; 13: 69. doi: 10.1186/s40104-022-00714-2
- (22) Žust J, Vengušt A, Pestevšek U. Izbrana poglavja iz higijene in patologije prehrane živali: kontaminacija krme z mikroorganizmi in njihovimi toksičnimi presnovki. Del 1. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta, 2004.



# **5 NOVI IZZIVI NA PODROČJU ZAGOTAVLJANJA VARNOSTI KRME**

## 5.1. Surova prehrana psov in mačk

Najpogostejši razlog lastnikov, ki se odločijo za hranjenje psov in mačk s surovo hrano, je prepričanje, da je tak način prehrane za živali bolj naraven in zdrav, saj naj bi posnemal prehrano njihovih divjih prednikov. Pogosto verjamejo, da imajo živali ob takšni prehrani bolj sijočo dlako, več energije, čistejše zobovje in prijetnejši zadah. Nekateri so prepričani tudi, da surova prehrana izboljšuje prebavo, s tem krepi imunski sistem ter pomaga preprečevati pojav bolezni in vnetij. Vendar pa nobena od teh trditev do danes ni bila znanstveno potrjena.

Izboljšanje zdravstvenega stanja živali je lahko opazno pri posameznih primerih, zlasti pri živalih, ki jim komercialna hrana za pse in mačke v obliki briketov ali konzerv povzroča alergijske reakcije. Vir alergenov so pogosto uporabljene surovine, kot so: govedina, perutnina, določena žita ali stročnice (npr. grah), pa tudi prehranske pršice. S samostojno pripravo obrokov, bodisi surovih bodisi termično obdelanih, ki ne vsebujejo teh surovin ali pršic, se lahko zmanjša vnos alergenov v organizem in s tem prepreči pojav alergijskih reakcij.

Veterinarji opažajo, da imajo živali, hranjene s surovo hrano, manj težav s prekomerno telesno maso, kot tiste, ki so hranjene s komercialnimi hranami za pse in mačke. Najverjetnejša razloga za to sta neustrezno oziroma pretirano odmerjanje komercialne hrane in dejstvo, da sta surova hrana in surovi priboljški praviloma dražji, zato jih lastniki običajno odmerjajo bolj preudarno in v manjših količinah.

Kljub opaženim posameznim pozitivnim učinkom pri psih in mačkah, hranjenih s surovo hrano, je treba poudariti, da do sedaj ni bilo objavljenih znanstvenih raziskav, ki bi zanesljivo dokazovale, da tak način prehrane dejansko izboljšuje zdravstveno stanje živali.

### 5.1.1 Kaj je surova prehrana?

Prehrana na osnovi surovega mesa običajno vsebuje surove dele živali, doma vzrejenih, ali živali, ulovljenih v divjini. Uporabi se lahko: skeletno mišičnino, notranje organe, kosti sesalcev ali rib, poleg tega pa tudi nepasterizirano mleko, mlečne izdelke in surova jajca.

Pri hranjenju s surovo hrano sicer obstaja več doktrin, vendar so najpogostejši načini hranjenja s surovo hrano:

- BARF (ang. *Bones And Raw Food diet ali Biologically Appropriate Raw Food*),
- PMR (ang. *Prey Model Raw*),
- Ultimativna dieta Kymythy Schultze,
- Volhardova dieta.

#### 5.1.1.1 BARF

BARF obrok sestavlja 60 % mesnatih kosti in 40 % drobovine, mesa, mleka, jajc, majhnih količin žit in stročnic. Vsebuje tudi listnato zelenjavo, ki posnema vsebino plena v naravi. Vsak tak obrok ni popoln in uravnotežen, pomembno pa je, da tako hranjena žival dobi vse potrebne hranilne snovi v tedenskem obdobju.

#### 5.1.1.2 PMR

PMR obrok pomeni hranjenje po principu plena in je sestavljen iz 80 % surovega mesa, 10 % surovih mesnatih kosti, 5 % jeter ter 5 % drugih notranjih organov. Obrok lahko predstavljajo tudi cele manjše živali, kot so: race, kunci, prepelice, glodavci in ribe. Hranjenje po principu celega plena se pogosto uporablja pri mačkah in dihurjih.

### **5.1.1.3 Ultimativna dieta Kymythy Schultze**

Ultimativno dieto Kymythy Schultze predstavlja prehranska piramida, v kateri pripada največji delež surovemu mesu (mišičnina in organi z dodatkom surovih jajc), sledijo surove kosti in v še manjšem deležu surova zelenjava. Kot dodatki se uporabljajo: alge, lucerna, esencialne maščobne kisline ter vitamin C.

### **5.1.1.4 Volhardova dieta**

Volhardova dieta pomeni jutranje hranjenje živali z žiti, melaso, oljem, jajci, jogurtom ter vitamini, večerni obrok predstavlja surova govedina (mišičnina z dodatkom jeter), sveža in sušena zelenjava, zelišča, otrobi, kostna moka, pivski kvas, alge, jabolčni kis, olje jeter trske ter vitamin C. Ta dieta predvideva dan v tednu, ko izpustimo hranjenje živali.

## **5.1.2 Tveganja, povezana s surovo prehrano**

Na tržišču je surova hrana najpogosteje na voljo kot popolna ali dopolnilna krmna mešanica. Njene sestavine: mišičnina, drobovina, kosti in hrustanci ter rastlinske komponente so običajno zmlete, izdelek pa je oblikovan v klobase, v kocke in zamrznjen. Proizvajalci in trgovci morajo zagotavljati ustrezne pogoje shranjevanja (t. i. hladno verigo), kar velja tudi za končnega uporabnika.

Nekateri lastniki se priprave surovih obrokov lotijo sami, kar lahko pri živalih pogosto povzroči negativne zdravstvene posledice, predvsem zaradi neravnovesja hranil v obroku. Doma pripravljene surovi obroki najpogosteje vsebujejo premalo mineralov in vitaminov, zato ne zagotavljajo ustrezno uravnotežene prehrane.

V analizah surovih diet, doma pripravljenih ali komercialnih, so raziskave pogosto pokazale prenizko vsebnost Ca in fosforja (P) ter njuno neustrezno razmerje, pa tudi presežke vitamina D in pomanjkanje cinka (Zn), magnezija (Mg) in kalija (K). Primanjkljaj določenih hranil se klinično izrazi šele po daljšem času, saj organizem sprva črpa iz svojih zalog. Sčasoma pa lahko takšno stanje vodi do različnih zdravstvenih težav, kot so: slabša kakovost dlake, kronične driske, vnetja maščevja, zmanjšana kostna masa in slabokrvnost živali.

Surova hrana, ki vsebuje večje ali ostre dele kosti oziroma cele kosti, lahko povzroči poškodbe ustne votline, med katerimi so pogosti zlomi zob. Poleg tega lahko povzroča tudi različne gastrointestinalne težave, saj se kosti lahko zataknejo v požiralniku ali celo predrejo želodec, tanko ali debelo črevo. Velike kosti so tudi težko prebavljive, zato ne predstavljajo zadostnega vira nujno potrebnih mineralov, kot sta Ca in Mg.

### **5.1.2.1 Mikrobiološka tveganja surove prehrane**

Surovo meso je lahko vir bakterij in drugih mikroorganizmov, ki povzročajo bolezni ljudi in živali. Najpogostejše bakterijske okužbe so povezane z bakterijami iz rodov *Salmonella*, *Campylobacter*, *Yersinia* in *Pseudomonas* (zlasti *Pseudomonas aeruginosa*). Surovo perutninsko meso je najpogosteje kontaminirano s *Campylobacter* in *Salmonella*, surovo svinjsko meso pa z *Yersinia* in *Salmonella*.

Veliko tveganje predstavljajo tudi sevi bakterij, odporni proti antibiotikom, med katerimi sta najpogosteje omenjena MRSA (ang. *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus*) in *Escherichia coli* tipa ESBL (ang. *Extended-spectrum beta-lactamase*).

MRSA najpogosteje povzroča bolnišnične okužbe, saj je poleg meticilina odporna tudi proti številnim drugim antibiotikom. V organizem pa lahko vstopi tudi v domačem okolju, saj se

prenaša preko stika z rejnimi živalmi ali s hrano živalskega izvora. Povzročča različne okužbe kože, pljučnice ter vnetja endokarda in srčnih zaklopk.

Vir okužbe z ESBL *E. coli* je predvsem perutninsko meso. Leta 2020 so na Nizozemskem izvedli raziskavo, katere cilj je bil ugotoviti dejavnike tveganja in obstojnost (perzistenco) okužbe z ESBL *E. coli* pri psih, mačkah in njihovih lastnikih. Ugotovili so, da je bilo z bakterijo okuženih 10,7 % psov (59 od 555), 1,4 % mačk in 3,8 % ljudi. Zaznali so statistično pomembno razliko med psi, ki so uživali komercialno hrano (brikete ali konzerve), in tistimi, ki so bili hranjeni s surovo hrano – okužba z ESBL *E. coli* je bila pri slednjih pogostejša. V gospodinjstvih, kjer sta bila hkrati okužena pes in lastnik, pa niso potrdili statistično pomembne povezave, ki bi dokazovala prenos bakterije z živali na človeka ali obratno.

Poleg bakterij se lahko v termično neobdelanem mesu nahajajo tudi različni paraziti, najpogosteje *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium parvum* in *Tricinellosis spp.* Slednje ne uniči niti večmesečno zamrzovanje. Zato se pri živalih, hranjenih s surovo hrano, dodatno priporočajo redni letni preventivni pregledi pri veterinarju ter dosledna uporaba antiparazitikov.

Psi in mačke imajo v želodcu nizko pH-vrednost, ki pri zdravih živalih večinoma uniči morebitne bakterije in druge mikroorganizme v zaužiti hrani. Pri ljubljenceh z oslabilnim imunskim sistemom – mednje sodijo: mladiči, breje živali, starejše živali ter tiste s pridruženimi boleznimi, kot so: srčno popuščanje, ledvične ali jetrne okvare, diabetes in novotvorbe, pa predstavlja surova prehrana pomembno tveganje za okužbo s patogenimi mikroorganizmi.

### **5.1.3 Zmanjševanje tveganj surove hrane**

Ker živijo danes hišni ljubljenci v tesnem stiku z ljudmi, je verjetnost za neposreden prenos mikroorganizmov med živalmi in ljudmi še večja. Osebe z oslabilnim imunskim sistemom, predvsem otroci, starejši in nosečnice, so takim okužbam še posebej dovzetne.

Pri pripravi, shranjevanju in ravnanju s surovo hrano za pse in mačke morajo lastniki upoštevati stroge higienske ukrepe. Vse površine in pripomočke, uporabljene pri pripravi surove hrane (deske za rezanje, nože, posode), je treba temeljito očistiti in razkužiti. Enako velja za posode, iz katerih jedo živali. Priporoča se uporaba ločenih pripomočkov za pripravo surove hrane in hrane za ljudi ter ločenih pripomočkov za čiščenje posod (npr. gobice za pomivanje). Kadar je mogoče, naj se surova hrana pripravlja na površinah, ki niso namenjene pripravi hrane za ljudi.

Velik pomen ima ustrezno odstranjevanje iztrebkov živali, ki so hranjene s surovo hrano. Priporoča se tudi izogibanje tesnega stika z mačkami ali psi, hranjenimi s surovo hrano, saj so potencialno škodljivi mikroorganizmi lahko prisotni na dlaki, predvsem okrog gobca.

Večina veterinarskih združenj (CVMA (ang. *Canadian Veterinary Medical Association*), AVMA (ang. *American Veterinary Medical Association*), WSAVA (ang. *World Small Animal Veterinary Association*), AAHA (ang. *American Animal Hospital Association*)) ne priporoča hranjenja s surovo hrano, saj predstavlja preveliko tveganje za prenos patogenih mikroorganizmov. Združenje BSAVA (ang. *British Small Animal Veterinary Association*) pa veterinarjem priporoča, naj lastnikom, ki o tem načinu hranjenja razmišljajo, predstavijo možna tveganja in ustrezne higienske ukrepe za zmanjšanje možnosti okužb.

## 5.2 Žuželke v hrani in krmi

Uporaba žuželk v prehrani ljudi in živali pomeni uporabo novih alternativnih virov prehranskih beljakovin, ki lahko predstavljajo določena tveganja pri zagotavljanju varnosti hrane oziroma krme. Znanstveni odbor EFSA je leta 2015 pripravil Profil tveganja, povezan s proizvodnjo in uporabo žuželk kot hrane oziroma kot krme. Izpostavlja možna biološka in kemijska tveganja ter potencialno alergičnost žuželk, kot tudi potencialna tveganja za okolje vzdolž celotne verige gojenja žuželk do priprave končnega produkta. Primerja tveganja v nepredelanih insektih, gojenih na različnih substratih, s tveganji, ki se pojavljajo v drugih nepredelanih virih beljakovin živalskega izvora.

Biološka in kemijska tveganja so odvisna od vrste žuželke, stopnje njenega razvoja, prehrane (uporabljenega substrata) med vzrejo ter načina predelave v končni proizvod. Profil tveganja poudarja prepoved uporabe substratov, ki vsebujejo gnoj, ter gostinske ali gospodinjske ostanke, ki vsebujejo meso ali ribe, za hranjenje žuželk, namenjenih za prehrano ljudi ali živali. S tem se bistveno zmanjša možnost prenosa bolezni. Kot pomembno tveganje je izpostavljena tudi možna alergičnost žuželk.

EFSA poroča o alergijskih reakcijah na žuželke pri ljudeh, medtem ko se pri živalih, krmljenih z žuželkami, te praviloma ne pojavljajo. Poudarjena je tudi navzkrižna alergičnost beljakovin žuželk pri ljudeh, alergičnih na druge členonožce ali pršice.

### 5.2.1 Zakonodajni okvir na področju uporabe žuželk v hrani in krmi

Področje uporabe žuželk in njihovih proizvodov v hrani ali krmi urejajo strogi kriteriji varnosti proizvodnje in predelave, enako kot so za ostalo hrano ali krmo.

#### **Uporaba žuželk v prehrani ljudi**

Žuželke sodijo med tako imenovana »nova živila«. To so živila in živilske sestavine, ki se niso uporabljala v večjem številu pred 15. majem 1997 v prehrani ljudi na območju Evropske unije. V EU so urejena s skupno zakonodajo, ki predpisuje, da morajo biti pred dajanjem na trg odobrena po evropskem postopku odobritve.

Leta 2021 je EFSA podala pozitivno mnenje glede uporabe posušene oblike velikega mokačarja (*Tenebrio molitor*) v hrani, kar se je istega leta tudi zakonsko uveljavilo. Skozi enak postopek odobritve in zakonske uveljavitve je šla tudi posušena in zamrznjena oblika kobilice selivke (*Locusta migratoria*). V letu 2022 je na podlagi pozitivnega mnenja EFSA sledila dopolnitev dovoljenja za velikega mokačarja tudi za njegove druge oblike, poleg posušene, še zmrznjene in praškaste oblike. Skozi leta so tako odobritev in dovoljenje za dajanje na trg v EU kot živila prejele različne oblike različnih vrst insektov, pri čemer je potrebno poudariti, da se dovoljenje nanaša samo na dotičnega proizvajalca take hrane, ki je vložil vlogo za odobritev in pridobitev dovoljenja, toda ne za splošen trg EU. V dovoljenju so tudi navedeni pogoji za označevanje živil, ki vsebujejo žuželke, ki morajo kot obvezno navedbo vsebovati izjavo, da lahko ta sestavina povzroči alergijske reakcije pri potrošnikih z znanimi alergijami na rake in proizvode iz njih ter na pršice. Ta izjava se navede v neposredni bližini seznama sestavin ali, če seznama sestavin ni, v neposredni bližini imena živila.

Trenutno so nekatere oblike in vrste insektov v postopku odobritve in pridobitve dovoljenja za dajanje na trg, zato se seznam dovoljenih insektov in njihovih oblik, ki se uporabljajo v hrani, ves čas dopolnjuje oziroma spreminja.

### Uporaba žuželk kot krme

Trenutno se v prehrani živali kot krma za rejne živali lahko uporabljajo naslednje vrste žuželk:

- črna bojevniška muha (*Hermetia illucens*),
- navadna hišna muha (*Musca domestica*),
- veliki mokaar (*Tenebrio molitor*),
- mali mokaar (*Alphitobius diaperinus*),
- hišni čriček (*Acheta domestica*),
- kratkokrilni murnček (*Gryllodes sigillatus*),
- stepski muren (*Gryllus assimilis*),
- sviloprejka (*Bombyx mori*),
- kobilica selivka (*Locusta Migratoria*).

Tabela 6, povzeta po Tabeli v priložniku IPIFF (ang. *International Platform of Insects for Food and Feed*) o dobrih higienskih praksah za proizvajalce žuželk kot hrane oziroma krme v EU, prikazuje možne načine uporabe žuželk kot krme za posamezne živalske vrste.

**Tabela 6:** Možni načini uporabe žuželk kot krme za posamezne živalske vrste

	Prežvekovalci	Akvakultura	Perutnina	Prašiči	Hišne živali	Druge živali (zoo)
Predelani proteini insektov (PAPs (predelani živalski proteini, ang. <i>Processed animal proteins</i> ))	NE	DA **	DA **	DA **	DA	DA
Maščobe insektov	DA	DA	DA	DA	DA	DA
Neobdelani celi insekti	NE	NE	NE	NE	DA ***	DA ***
Celi insekti (obdelani, npr. zamrzovanje, sušenje)	NE	NE	NE	NE	DA ***	DA ***
Živi insekti	NE	DA	DA	DA	DA	DA
Hidrolizirani proteini insektov	DA	DA	DA	DA	DA	DA

\*\* Dovoljena uporaba črne bojevniške muhe, navadne hišne muhe, velikega mokaarja, malega mokaarja, hišnega črička, kratkokrilnega murnčka, stepskega murna in sviloprejke.

\*\*\* Uporaba dovoljena pod specifičnimi pogoji, ki jih določa posamezna država članica EU.

## 5.2.2 IPIFF

IPIFF je krovna organizacija, ki trenutno združuje več kot 50 proizvajalcev hrane oziroma krme iz žuželk ter gojiteljev žuželk iz različnih držav, tudi iz držav izven EU. Prizadeva si za promocijo varne uporabe insektov in njihovih proizvodov v prehrani ljudi in živali. Deluje kot vezni člen med proizvajalci hrane oziroma krme, ki insekte vsebujejo, ter regulatornimi organi na področju zakonodaje in nudi pomoč pri sooblikovanju ter kasneje implementaciji zadevne zakonodaje v prakso. Njena naloga je tudi obveščanje splošne javnosti o aktualnih novostih s tega področja, priprava in izdaja publikacij in vodil, ki temeljijo na primerih dobrih praks, ter organizacija strokovnih srečanj, ki omogočajo izmenjavo novih znanj ter dosedanjih izkušenj s področja uporabe žuželk kot hrane oziroma krme.

## 5.3 Trajnostna uporaba nekdanjih živil (živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi) kot krme – zakonodajni okvir, tveganja in priložnosti

Nekdanja živila so definirana tudi v Katalogu posamičnih krmil:

**„Nekdanja živila“ pomenijo živila, razen odpadkov iz gostinskih dejavnosti, ki so bila v popolni skladnosti z živilsko zakonodajo EU proizvedena za prehrano ljudi, vendar niso več namenjena prehrani ljudi iz praktičnih ali logističnih razlogov ali zaradi težav pri proizvodnji ali napak pri pakiranju ali drugih napak ter ne predstavljajo tveganja za zdravje, kadar se uporabljajo kot krma.**

### 5.3.1 Odpadna hrana kot globalni izziv in potencialni vir surovin

Odpadna hrana predstavlja globalni problem. Po ocenah znanstvenih študij ostaja 30-50 % vse proizvedene hrane na svetu neporabljene. Po podatkih Statističnega urada Slovenije se je v letu 2023 v Sloveniji zavrnilo približno 165000 ton hrane, vsak prebivalec Slovenije je zavrnil 78 kg hrane. Največ odpadne hrane je nastalo v gospodinjstvih (44 %), v gostinstvu in strežbi hrane (34 %), sledi proizvodnja hrane (13 %), najmanj pa jo je bilo zavrženo v dejavnosti trgovine z živilom (9 %). Višje, kot se nahajamo v verigi preskrbe s hrano, večji so vplivi odpadne hrane. Ta hkrati pomeni zmanjšano količino razpoložljive hrane, ob tem pa nosi od-tise vseh predhodnih postopkov pridelave, predelave, distribucije, prodaje in same priprave ter povzroča številne neugodne okoljske (poraba energije, podnebne spremembe, zmanjševanje razpoložljivosti naravnih virov), gospodarske (upravljanje z viri, nestanovitnost cen, rast stroškov, ravnanje z odpadki in blagom, ciljni trgi) in družbene (zdravje, enakopravnost) vplive.

Agenda 2030, ki jo je sprejela Organizacija združenih narodov, združuje 17 ciljev trajnostnega razvoja, ki jih bodo morale uresničiti vse države sveta, to je do leta 2030. Med drugim je eden izmed ciljev »odprava lakote, zagotovitev prehranske varnosti in boljše prehrane ter spodbujanje trajnostnega kmetijstva«. EU ter njene države članice so se zavezale k izpolnitvi trajnostnega razvojnega cilja Generalne skupščine Združenih narodov, »da se do leta 2030 na svetovni ravni prepolovi količina odpadne hrane na prebivalca v prodaji na drobno in pri potrošnikih ter zmanjša izgube hrane vzdolž proizvodnje in dobavne verige, skupaj z izgubami po spravilu pridelka«.

Skladno z zakonsko določeno Hierarhijo ravnanja z odpadki (ang. *waste hierarchy*) na nivoju Evropske unije, s čimer skušamo čim bolj zmanjšati škodljive vplive nastajanja odpadkov in ravnanja z njimi in izboljšati učinkovito rabo virov, Direktiva (EU) št. 2018/851 uvaja prioritetni

način uporabe odpadne hrane. Najboljša možnost je seveda preprečevanje nastajanja presežkov hrane. Če ti nastanejo, je prioriteta njihova uporaba za prehrano ljudi (prerazporejanje/prerazdeljevanje presežkov hrane za človeško prehrano – npr. doniranje hrane in paber-kovanje nepožetih oziroma nepobranih kmetijskih izdelkov), sledi uporaba presežkov hrane kot krme za živali. Možna je tudi uporaba presežkov hrane z drugimi načini, nepovezanimi s prehrano, ter nazadnje, kot najmanj zelena možnost, tudi njihova odstranitev v skladu s predpisanimi načini učinkovitega ravnanja z odpadki.

### **5.3.2 Zakonodajni okvir in smernice EU za uporabo nekdanjih živil v krmi**

Ena izmed možnosti uporabe živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi, je torej njihova uporaba kot krma za živali. Ob tem morajo biti živila ustrezne kakovosti in morajo ustrezati prehranskim zahtevam posamezne živalske vrste. Seveda morajo ustrezati zakonodajnim zahtevam glede varnosti, kar pomeni, da ne smejo predstavljati nevarnosti za zdravje živali, ljudi ter za okolje.

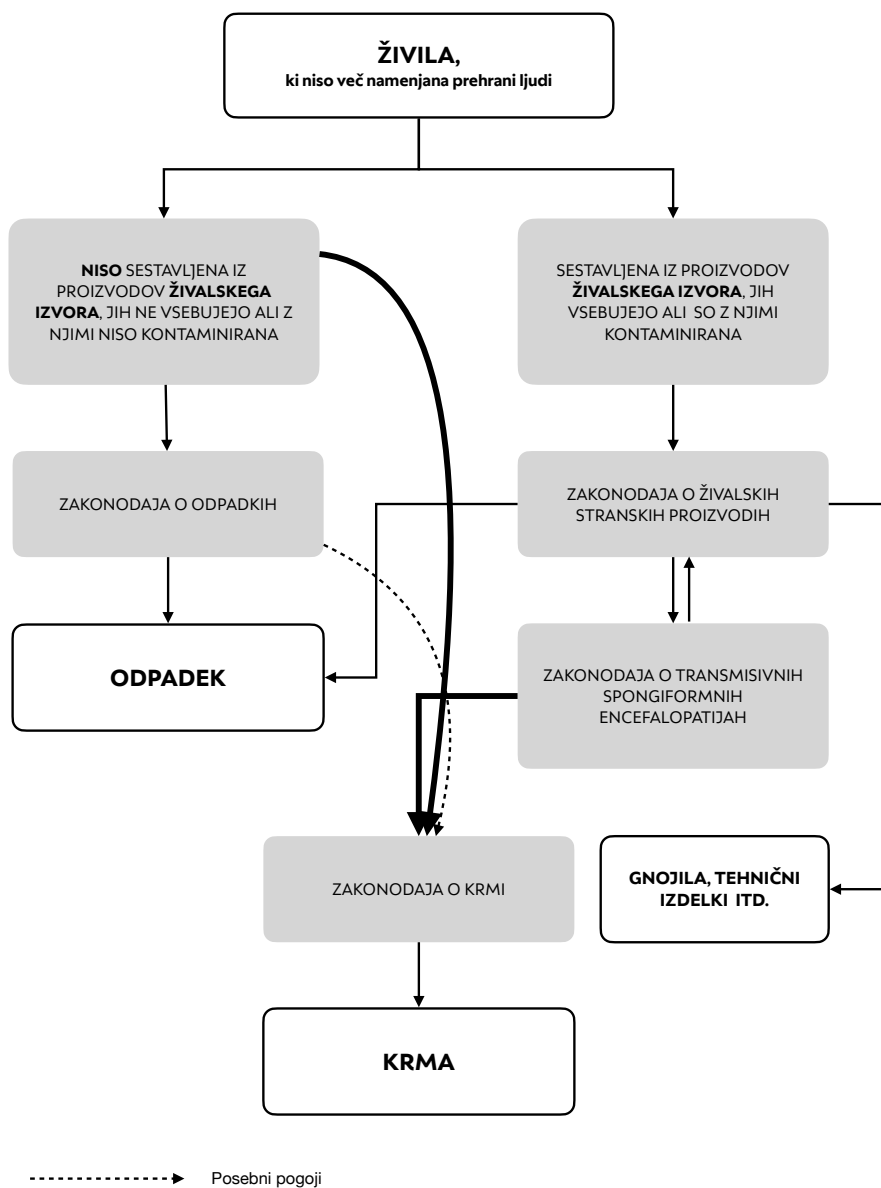
Evropska zakonodaja zahteva, da nekdanja živila, uporabljena v krmi, ne vsebujejo nevarnih mikroorganizmov ali toksinov in da so ustrezno obdelana in nadzorovana. V nasprotnem primeru lahko kot krma povzročajo zastrupitve z mikotoksini, bakterijske okužbe, prebavne motnje, nevrološke ter druge zdravstvene težave pri živalih. Zato je stroga kontrola kakovosti in varnosti nekdanjih živil ključna za preprečevanje teh zdravstvenih tveganj.

#### **5.3.2.1 Smernice za uporabo živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi, v krmi**

Cilj Smernic za uporabo živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi, v krmi (2018/C 133/02) (v nadaljevanju: Smernice) je olajšati uporabo nekaterih živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi, v krmi. Pomagajo nacionalnim in lokalnim pristojnim organom ter nosilcem dejavnosti v živilski verigi pri uporabi zadevne zakonodaje EU.

Izhodišče pri interpretaciji zakonodajnega okvirja in s tem možnosti uporabe nekdanjih živil (živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi) kot krme je njihova razvrstitev na proizvode, ki niso sestavljeni iz proizvodov živalskega izvora, jih ne vsebujejo in niso z njimi kontaminirani, ter na tiste, ki so sestavljeni iz proizvodov živalskega izvora, jih vsebujejo oziroma so z njimi kontaminirani (Slika 3).

# DIAGRAM POTEKA OD ŽIVILA DO KRME



**Slika 3:** Diagram poteka od živila do krme iz Smernic za uporabo živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi, v krmi (2018/C 133/02)

Stranski proizvodi živil, ki niso več namenjeni prehrani ljudi in ne vsebujejo proizvodov živalskega izvora, lahko v okviru obstoječe zakonodaje neposredno postanejo krma. Nekateri stranski proizvodi, ki izhajajo iz postopka proizvodnje živil in niso živalskega izvora (npr. oljne pogače, pšenični kalčki, otrobi, pivske tropine itd.), se predelujejo in uporabljajo kot krmila tudi pri nas.

Končni proizvodi živil, ki niso več namenjeni prehrani ljudi in ne vsebujejo proizvodov živalskega izvora, postanejo odpadki v okviru opredelitve in področja uporabe direktive o odpadkih – le ti pa lahko zgolj pod posebnimi pogoji postanejo tudi krma za živali. V to skupino najpogosteje sodijo končna živila, za katere odloči nosilec živilske dejavnosti, da niso več primerna za prehrano ljudi zaradi razlogov, ki ne ogrožajo varnosti samega živila (npr. neustrezna oblika, napačno označevanje živila, itd.). Formalno ta živila ne izpolnjujejo meril za stranske proizvode iz Direktive o odpadkih, zato se zanje uporabljajo zahteve iz Direktive o odpadkih. To predstavlja omejitev za nosilca dejavnosti, ki takšnih živil ne more dajati na trg kot krmo, saj zakonodaja predvideva, da mora biti nosilec dejavnosti, ki daje krmo na trg, registriran kot nosilec dejavnosti poslovanja s krmo. Smernice na nivoju Slovenije predvidevajo kot možno rešitev oddajo takšnih živil v skladu z določbami živilske zakonodaje nosilcu dejavnosti poslovanja s krmo, ki zbira živila in jih neposredno pretvori v krmo.

Živila, ki niso več namenjena prehrani ljudi in vsebujejo proizvode živalskega izvora, postanejo najprej živalski stranski proizvodi, ki na podlagi Uredbe (ES) št. 1069/2009 o živalskih stranskih proizvodih in nato Uredbe (ES) št. 999/2001 o transmisivnih spongiformnih encefalopatijah, in sicer pod določenimi pogoji, lahko postanejo krma, ki pa se ne sme neposredno uporabljati. Uredba (ES) št. 1069/2009 uvršča živila živalskega izvora, ki niso več namenjena prehrani ljudi (komercialni razlogi, težave pri proizvodnji, napake pri pakiranju, itd.) in ne predstavljajo tveganja za javno zdravje ali zdravje živali, kot 3. kategorija živalskih stranskih proizvodov (ŽSP kategorije 3). Številni proizvodi te skupine, ki so varni za ljudi brez predelave ali po njej, niso varni za zdravje živali in morajo biti izključeni iz krmne verige.

### **5.3.3 Druge omejitve pri uporabi nekdanjih živil kot krme**

Vse večje število znanstvenih objav o uporabi nekdanjih živil kot krmo dokazuje naraščajoče zavedanje o pomembnosti raziskovanja alternativnih metod uporabe nekdanjih živil. Poleg zakonodajnih omejitev je treba nasloviti tudi nekatere druge izzive, ki trenutno zmanjšujejo učinkovitost uporabe nekdanjih živil v prehrani živali. Težavno je določanje njihove hranilne vrednosti, izkoristljivosti makro in mikro hranil in vsebnosti določenih snovi (ugodno delujočih in antinutritivnih snovi), kar predstavlja izhodišče pri presojanju uporabnosti tovrstne krme za posamezne živalske vrste oziroma kategorije živali ter različne sisteme reje. Sistematično je treba preučiti tudi vpliv takšne krme na tehnološko in prehransko vrednost živil živalskega izvora živali, ki so z njo krmljene, ter nasloviti vprašanja, povezana z njenim skladiščenjem, tehnološko obdelavo, mešanjem in uporabo pri krmljenju.

#### **5.3.3.1 Ostanki pakirnega materiala**

Pri uporabi nekdanjih živil kot krmo je posebej pomembno zagotoviti, da ne pride do kontaminacije krme z ostanki embalažnih materialov, v katerih so bila živila pakirana. Najpogostejši embalažni materiali so: plastika, kovine, papir, lepila in aluminijasta folija. Njihova prisotnost lahko resno ogrozi varnost predelave nekdanjih živil v krmo. Ostanki pakirnega materiala so lahko problematični z vidika zagotavljanja ustreznih higienskih standardov, poleg tega lahko povzročajo mehanske poškodbe, zastrupitve ali druge zdravstvene težave pri živalih, s tem pa predstavljajo tudi posredno tveganje za zdravje ljudi. Zato je ključno, da se presežki hrane, morebitni ostanki hrane ter druga odpadna hrana zbirajo ločeno, brez embalaže, oziroma v embalaži, ki jo je mogoče enostavno odstraniti, zlasti kadar so namenjeni nadaljnji uporabi v krmi. Metodi za določitev prisotnosti pakirnega materiala v krmi sta makroskopski (Slika 4) in mikroskopski pregled krme.



**Slika 4:** Makroskopski pregled krme na ostanke pakirnega materiala

### **5.3.4 Praktični primeri, omejitve in priložnosti uporabe nekdanjih živil v prehrani živali**

Predelana nekdanja živila se sicer lahko uporabljajo kot krma različnih rejnih živali, vendar se najpogosteje uporabljajo v prehrani prašičev. Ostanke iz pekarske industrije (npr. kruh) ter slašičarskih izdelkov (npr. piškoti, čokoladice, čips, kosmiči ipd.) in proizvodnje testenin se lahko predelajo v energijsko bogato krmo, ki predstavlja alternativo žitom, ki jih vključujemo v obroke zaradi njihove energijske vrednosti.

Pomembno je zavedanje, da toplotna obdelava nekdanjih živil vpliva na njihovo prebavljivost, vendar ta učinek ni vedno zaželen.

Prebavljivost škroba se po toplotni obdelavi ne izboljša, kar pomeni hitrejšo absorpcijo in večjo proizvodnost, hkrati pa povzroči zvišanje glikemičnega indeksa, kar je lahko problematično pri pitancih in brejih svinjah, saj se jim zmanjša občutek sitosti in lahko poveča nagnjenost k agresivnemu vedenju.

Večja prebavljivost hranilnih snovi in ob tem zmanjšan vnos vlaknin posredno vplivata tudi na zmanjšano raznovrstnost črevesne mikrobiote in s tem večjo možnost preraščanja potencialno patogenih bakterij v črevesju. V nasprotju z žiti pa obstaja pri uporabi nekdanjih živil manjša verjetnost kontaminacije tovrstne krme z mikotoksini.

Podobno kot pri prašičih se lahko nekdanja živila uporabljajo tudi v prehrani vseh kategorij prežvekovalcev, vendar z določenimi omejitvami, odvisnimi od sestave uporabljenih živil.

Na primer: čokoladice, čips in rogljički vsebujejo poleg visoke vsebnosti sladkorjev tudi veliko maščob, zato se predelajo v krmo z visoko energijsko vrednostjo.

Takšna krma je okusna in dobro prebavljiva, zato je primerna za prehrano sesnih telet, medtem ko je za druge kategorije goveda manj primerna, saj hitra in obsežna fermentacija škroba v predželodcih lahko povzroči acidozo.

Tudi živila z visoko vsebnostjo soli lahko v prevelikih količinah povzročijo neravnovesje mikroflore v vampu, kar vodi v prebavne motnje, presnovne bolezni in v skrajnih primerih zastrupitev s soljo.

Možna je tudi uporaba nekdanjih živil, neporabljenih živil oziroma presežkov hrane za pripravo obrokov za hišne ljubljence, predvsem za pse in mačke. Tradicionalno so se gospodinjski ostanki pogosto uporabljali za hranjenje psov in mačk z namenom zmanjšanja količine zavržene hrane.

Po podatkih raziskave, izvedene na Hrvaškem, leta 2018, približno 35 % gospodinjstev še vedno hrani svoje hišne ljubljence z gospodinjskimi ostanki.

Pri uporabi nekdanjih živil, ki lahko vsebujejo neželene ali živalim škodljive snovi, je potrebna posebna previdnost.

Primer takšnega nekdanjega živila, ki se lahko predela v krmo, je čokolada, saj vsebuje teobromin. V Direktivi o nezaželenih snoveh v krmi 2002/32/ES so določene najvišje dopustne vsebnosti teobromina v popolnih krmnih mešanicah za vse živalske vrste.

Opisani primeri poudarjajo nujnost poznavanja prehranskih potreb ciljne živalske vrste in kategorije živali ter upoštevanja znanstveno pridobljenih podatkov o vsebnosti in izkoristljivosti hranilnih snovi pri vrednotenju ustreznosti uporabe predelanih nekdanjih živil kot krmo za živali.

### **5.3.5 Povezovanje zakonodaje za živila in krmo – pristop »od vil do vilic«**

Na ravni EU je vzpostavljen skupni regulatorni okvir s celostnim pristopom, ki zajema področje živil in krme ter zagotavlja usklajeno varovanje zdravja ljudi, živali in okolja. Za vse faze proizvodnje, od kmetij do predelovalnih obratov, sta obvezni registracija in zagotavljanje sledljivosti, kar omogoča preglednost in nadzor nad celotno prehransko verigo. HACCP-sistem velja tako za živila kot za krmo in je usmerjen v preprečevanje bioloških, kemijskih in fizikalnih tveganj. EFSA opravlja znanstvene ocene tveganj za obe področji, sistem RASFF pa omogoča takojšnje obveščanje in sodelovanje med državami članicami, kar omogoča hitro odzivanje na tveganja v povezavi z varnostjo hrane in krme.

Razlike v zakonodajnem okvirju področja hrane oziroma krme izvirajo iz specifičnih tveganj za posamezno področje, kot ga denimo predstavljajo zoonoze za živila in kontaminanti v krmi za živali. Kljub temu obe področji stremita k zagotavljanju sledljivosti, preventive in sledenju znanstveno utemeljenih mejnih vrednostih dovoljenih in prisotnih snovi v hrani oziroma krmi.

Področji živil in krme tvorita eno prehransko verigo, zato sta medsebojno tesno povezani in ju je smiselno urejati s celovitim pristopom »od vil do vilic«. V Sloveniji je pripravljen Predlog Zakona o varni hrani in krmi, ki združuje področji varnosti hrane in krme v enoten zakon. S tem se odpravlja nepreglednost in podvajanje določb v več zakonih, hkrati pa se poenostavlja regulacija in nadzor obeh področij.

Pri harmonizaciji zakonodaje je pomembno upoštevati posebnosti obeh področij, kot so: različne vrste tveganj ter specifike proizvodnje in nadzora. Zbližanje zakonodaje mora vključevati tudi jasna pravila za sledljivost, označevanje, obveščanje ter ukrepanje ob tveganjih, saj so ti elementi ključni za zaščito potrošnikov in zdravja živali.

---

## Literatura

- (1) Evropski parlament. Direktiva (EU) 2018/851 Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 30. maja 2018 o spremembi Direktive 2008/98/ES o odpadkih. Ur List EU 2018; L150: 109–40. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj> (5. 11. 2025).
- (2) Evropski parlament. Direktiva 2002/32/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 7. maja 2002 o nezaželenih snoveh v živalski krmi. Ur List EU 2002; L140: 10–22. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/32/oj/slv> (5. 11. 2025).
- (3) EFSA Scientific Committee. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA J 2015; 13 (10): 4257. doi:10.2903/j.efsa.2015.4257
- (4) FAO. Looking at edible insects from a food safety perspective, challenges and opportunities for the sector. Rome: Food and Agriculture Organization, 2021. <https://doi.org/10.4060/cb4094en> (5. 11. 2025).
- (5) GOV.SI. Nova živila. Ljubljana: Uprava Republike Slovenija za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, 2023. <https://www.gov.si/teme/nova-zivila/> (27. 10. 2025).
- (6) GOV.SI. Ravnanje z odpadki. Ljubljana: Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2025. <https://www.gov.si/teme/ravnanje-z-odpadki/> (22. 8. 2025).
- (7) GOV.SI. Zmanjševanje izgub hrane in odpadne hrane. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2023. <https://www.gov.si/teme/zmanjsjevanje-odpadne-hrane/> (20. 8. 2025).
- (8) Ilakovac B, Iličković M, Voća N. Food waste drivers in Croatian households. J Cent Eur Agric 2018; 19(3): 678–709. doi: /10.5513/JCEA01/19.3.1994
- (9) IPIFF. International Platform of Insects for Food and Feed. Brussels, 2025. <https://ipiff.org/> (27. 10. 2025).
- (10) IPIFF. Guide on good hygiene practices for European Union (EU) producers of insects as food and feed. Brussels: International Platform of Insects for Food and Feed, 2024. <https://ipiff.org/good-hygiene-practices/> (5. 11. 2025).
- (11) Jakovac Strajn B, Kuhar M, Kastelic Hrček A, et al. Lačen kot pes in mačka: informativni priročnik za lastnike. Ljubljana: Veterinarska fakulteta, 2020. [https://www.vzb.si/upload/files/Lacen\\_kot\\_pes\\_in\\_macka\\_web.pdf](https://www.vzb.si/upload/files/Lacen_kot_pes_in_macka_web.pdf) (5. 11. 2025).
- (12) Levart A, Pirman T, Salobir J. Uporaba hrane, ki ni več namenjena za prehrano ljudi, kot alternativnih krmil za živali. In: Kapun S, eds. Zdravčevi-Erjavčevi dnevi 2022. 30. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali: zbornik predavanj. Murska Sobota: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, 2022: 143–9.
- (13) Luciano A, Tretola M, Ottoboni M, Baldi A, Cattaneo D, Pinotti L. Potentials and challenges of former food products (food leftover) as alternative feed ingredients. Animals (Basel) 2020; 10(1):125. doi: 10.3390/ani10010125
- (14) Evropska komisija. Obvestilo Komisije - Smernice za uporabo živil, ki niso več namenjena prehrani ljudi, v krmi (2018/C 133/02). Ur List EU 2018; C 133: 2–18. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX%3A52018XC0416%2801%29> (5. 11. 2025).
- (15) Osojnik Črnivec IG, Korošec M, Maček K, Rac I, Juvančič L, Poklar Ulrih N. Hrana ni odpadek: preprečevanje, zmanjševanje in uporaba odpadne hrane (vsebinsko poročilo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2024. <https://skp.si/portal-znanja/gradiva/hrana-ni-odpadek-preprecevanje-zmanjsjevanje-in-uporaba-odpadne-hrane-vsebinsko-porocilo/> (21. 8. 2025).
- (16) Pinotti L, Luciano A, Ottoboni M, et al. Recycling food leftovers in feed as opportunity to increase the sustainability of livestock production. J Clean Prod 2021; 294: 126290. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126290
- (17) SURS. Kazalniki ciljev trajnostnega razvoja. Ljubljana: Statistični urad RS, 2025. <https://www.stat.si/Pages/cilji> (21. 8. 2025).
- (18) SURS. Odpadna hrana, 2023. Ljubljana: Statistični urad RS, 2024. <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/13128> (20. 8. 2025).
- (19) Stogdale L. One veterinarian's experience with owners who are feeding raw meat to their pets. Can Vet J 2019; 60(6): 655–8.
- (20) FEFAC. Circular feed: optimised nutrient recovery through animal nutrition. Brussels: The European Feed Manufacturers' Federation, 2022. <https://fefac.eu/wp-content/uploads/2022/07/FEFAC-Circular-Feed-Publication-13-June-2022.pdf> (25. 8. 2025).
- (21) Evropski parlament. Uredba (ES) št. 1069/2009 Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 21. oktobra 2009 o določitvi zdravstvenih pravil za živalske stranske proizvode in pridobljene proizvode, ki niso namenjeni prehrani ljudi, ter razveljavitvi Uredbe (ES) št. 1774/2002 (Uredba o živalskih stranskih proizvodih). Ur List EU 2009; L 300: 1–33. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1069/oj/slv> (5. 11. 2025).
- (22) Evropski parlament. Uredba (ES) št. 767/2009 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. julija 2009 o dajanju krme v promet in njeni uporabi, spremembi Uredbe (ES) št. 1831/2003 Evropskega parlamenta in Sveta

in razveljavitvi Direktive Sveta 79/373/EGS, Direktive Komisije 80/511/EGS, direktiv Sveta 82/471/EGS, 83/228/EGS, 93/74/EGS, 93/113/ES in 96/25/ES ter Odločbe Komisije 2004/217/ES. Ur List EU 2009; L 229: 1–28. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=celex:32009R0767> (5. 11. 2025).

- (23) Evropski parlament. Uredba Evropskega Parlamenta in Sveta (ES) št. 999/2001 z dne 22. maja 2001 o določitvi predpisov za preprečevanje, nadzor in izkoreninjenje nekaterih transmisivnih spongiformnih encefalopatij. Ur List EU 2001; L 147: 1–40. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2001/999/oj?locale=sl> (5. 11. 2025).
- (24) Evropska komisija. Uredba Komisije (EU) št. 68/2013 z dne 16. januarja 2013 o katalogu posamičnih krmil. Ur List EU 2013; L 29: 1–64. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0068> (5. 11. 2025).
- (25) van den Bunt G, Fluit AC, Spaninks MP, et al. Faecal carriage, risk factors, acquisition and persistence of ESBL-producing Enterobacteriaceae in dogs and cats and co-carriage with humans belonging to the same household. J Antimicrob Chemother 2020; 75(2): 342–50. doi: 10.1093/jac/dkz462
- (26) Wynn SG. Raw foods: a second look. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2025; 55(6): 1013–34. doi: 10.1016/j.cvsm.2025.06.004



UNIVERZA  
V LJUBLJANI

VF

Veterinarska  
fakulteta