

# PFAS v materialih v stiku z živali: Grožnja čistemu in varnemu krožnemu gospodarstvu

*PFAS in food contact materials: A threat to a clean and safe circular economy*

►► **Mateja Zajc**

## IZVLEČEK

Plastiko za enkratno uporabo nadomeščata papir in kartonska embalaža, ki sta v več kot polovici primerov prevlečena s per- in polifluoriranimi alkilnimi snovmi (PFAS). Poleg resnih skrbi za zdravje ljudi, ki so posledica njihovega prenosa v hrano in poznejšega zaužitja, se PFAS v papirnatih izdelkih ohranijo tudi med kompostiranjem, kompost iz teh papirnatih izdelkov za enkratno uporabo pa je nevaren zaradi visokih koncentracij PFAS. To je v nasprotju s ključnimi cilji prepovedi plastike za enkratno uporabo in povzroča še druge nepričakovane učinke na zdravje in okolje. Danska je julija 2020 kot prva evropska država z uredbo prepovedala uporabo PFAS za materiale namenjene za stik z živali, julija letos pa so države članice EU Nemčija, Danska, Nizozemska, Švedska in Norveška tudi uradno obvestile Evropsko agencijo za kemikalije (ECHA) o svoji nameri, da predložijo omejevalno dokumentacijo. Članice EU so si enotne, da uporaba PFAS povzroča nepopravljivo škodo za okolje in ljudi, kar se spet kaže v potrebi po vzpostavitvi enotne regulative za materiale namenjene za stik živali na področju Evrope.

**Ključne besede:** embalaža, stik z živali, PFAS, zdravje, okolje, prepoved

## ABSTRACT

Paper and cardboard packaging, which is coated with per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) in more than half of cases, are replacing disposable plastic. In addition to serious human health concerns resulting from their transfer to food and subsequent ingestion, PFAS in paper products are also retained during composting, and compost from these disposable paper products is dangerous due to high levels of PFAS. This runs counter to the key objectives of banning single-use plastics and has other unexpected effects on health and the environment. Denmark was the first European country to ban the use of PFAS in food contact materials by regulation in July 2020, and in July this year, certain EU Member States, i.e. Germany, Denmark, the Netherlands, Norway and Sweden, notified the European Chemicals Agency (ECHA) of their intention to submit restrictive documentation. EU Member States agree that the use of PFAS causes irreparable damage to the environment and people, which is again reflected in the need to establish uniform regulations for food contact materials in Europe.

**Keywords:** packaging, food contact, PFAS, health, environment, restriction

## 1. Uvod

PFAS, okrajšava za per- in polifluorirane alkilne snovi, se že od petdesetih let 20. stoletja uporabljajo v papirni industriji, kjer služijo kot premazi za papirno in kartonsko embalažo, ki preprečujejo, da bi papirni material vpiljal maščobe, vodo, vlago ali tiskarske barve (1). Med drugim PFAS dodajajo papirnim izdelkom, namenjenim shranjevanju vročih, mastnih živil, zlasti tistim, ki so namenjeni segrevanju ali daljšemu skladiščenju. Primeri vključujejo papir in karton za hitro prehrano, mikrovalovno pečico, vrečke za pokovko, papir za peko, papir za sendviče in maslo, papir za čokolado, papir za suho hrano in hrano za hišne živali.

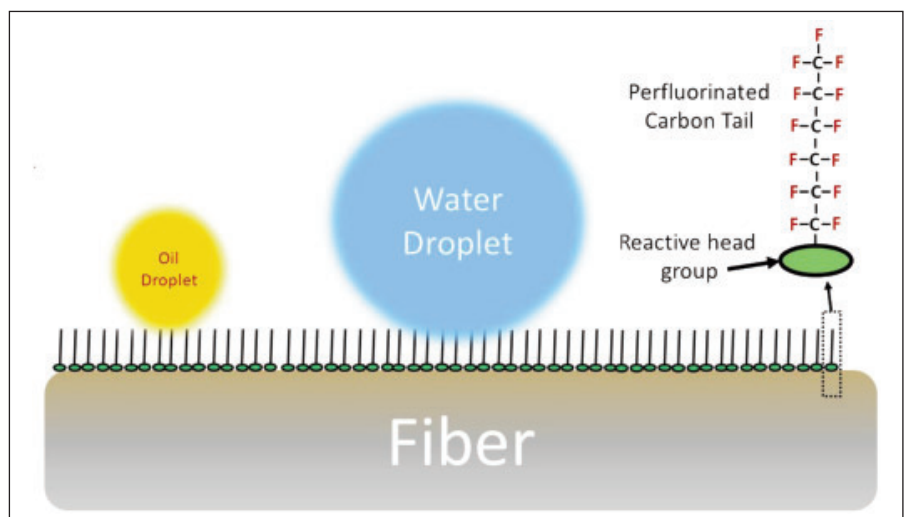
## 2. Značilnosti PFAS

PFAS so običajno karbonilne ali sulfonske kisline s popolnoma fluoriranimi alkilnimi skupinami različnih dolžin. Po podatkih OECD obstaja vsaj 4730 različnih PFAS z najmanj tremi fluoriranimi atomi ogljika (2). Podskupina, fluo-

rosurfaktanti ali fluorirane površinsko aktivne snovi, imajo fluoriran "rep", ki je hidrofobne narave, in hidrofilno "glavo" ter so zato površinsko aktivne snovi. Učinkovitejše so pri zmanjšanju površinske napetosti vode kot primerljive ogljikovodikove površinsko aktivne snovi. Vključujejo perfluorosulfonske kisline, kot je perfluoro-1-oktan sulfonska kislina (PFOS) in perfluorokarboksilne kisline, kot je perfluoro-n-oktanojska kislina (PFOA).

Ko pridejo PFAS kemikalije v stik s prstjo, je njihova usoda odvisna od dolžine verige in polarnosti koncev verige. Dolge verige ( $\geq C8$ ) so težje in močno lipofilne, kar pomeni, da se težje razgradijo in je zato njihova življenjska doba bistveno daljša in se zato močneje bioakumulirajo v okolje (3). Medtem so estri in krajše verige bolj mobilni v vodi in se lažje razgradijo v naravi, rastline pa jih posledično lažje porabijo za svojo rast (4).

Kovalentne vezi ogljik-fluor imajo eno največjih energij vezi v naravi (5). Moč vezi ogljik-fluor tako naredi kemikalije PFAS izjemno stabilne v okolju in odporne na termično razgradnjo, hidrolizo, fotolizo ter biorazgradnjo (6). Posledično je zelo verjetno, da skoraj vsi proizvedeni PFAS ali njihovi končni izdelki, ki vsebujejo vezi C-F, še vedno ostajajo v neki obliki v našem okolju (7), s čimer je skupina PFAS kemikalij prisluzila ime, "večne kemikalije". Obstaja le nekaj kemikalij PFAS, proizvedenih z različnimi razgradljivimi delci na osnovi ogljika. Takšne molekule se lahko delno biološko razgradijo ali kemično razgradijo v okolju in tvorijo zelo stabilne končne produkte, kot sta perfluoroalkil ali perfluoroalkil (poli) etrske kisline (8).



Slika 1: Shema premaza PFAS in orientacija na površini vlaken. Kemikalije PFAS prekrivajo površino vlaken in omogočajo odpornost papirja in kartona na olje in vodo.

*Figure 1: PFAS coating scheme and fibre surface orientation. PFAS chemicals cover the surface of fibres, and make paper and cardboard resistant to oil and water.*



Acronym	Chemical name*	Carbon Chain Length
PFAS	Poly- or per- fluorinated alkyl substances	C2-C20
PFAC	Pertluoroalkyl carboxylic acids	C2-C20
PAA	Perfluoroalkyl acids	C2-C20
PAP	Polyfluoroalkly phosphoric acids	C2-C20
PFBS	Pertluorobutanesulfonic acid	C4
PFHxA	Perfluorohexanoic acid	C6
PFOA	Perfluorooctanoic acid	C8
PFOS	Pertluorooctyl sulfonate	C8
Gen-X	Recently produced short-chain PFAS	C2-C7

Slika 2: Tabela nekaterih pogosto uporabljenih vrst PFAS v papirni embalaži namenjeni za stik z živili  
Figure 2: Table of some commonly used types of PFAS in paper packaging intended for food contact



Slika 3: PFAS zelo dobro odbijajo maščobo in so odlična folija za mastno hrano.  
Figure 3: PFAS repel fat very well and are an excellent foil for fatty foods.

Vrste in koncentracije PFAS v embalaži za živila se med državami in proizvajalci razlikujejo. Zabaleta in sodelavci (9) so identificirali 46 različnih fluorokemikalij v vrečkah za pokovko iz 17 držav. Prav tako so testirali več kot 400 različnih papirnih embalaž namenjenih za stik z živili in odkrili PFAS v zavitkih za sladice in kruh (56 %), ovojih za sendviče in burgerje (38 %) in kartonu (20 %) (10).

### 3. Uredbe na področju omejevanja PFAS za papir in karton namenjen za stik z živili

V državah, kjer je regulativa na področju PFAS urejena, je zaznati ogromen učinek prepovedi. Tako je na primer raziskava pokazala, da na Danskem, kjer so julija 2020 prepovedali PFAS, ni bilo zaznati PFAS niti v enem od vzorcev papirnatih vrečk za ocrti krompirček (11). Medtem je na Češkem in Angliji pri vzorcih iz iste verige ponudnikov hitre prehrane zaznati namerno uporabo PFAS. Rezultati študije kažejo na to, da uredba učinkovito deluje in vodi podjetja k razvoju in uporabi alternativnih materialov. Na Danskem jim je tako uspelo nadomestiti PFAS v skladu z zakonodajo (12).

### 4. Onesnaženje s PFAS

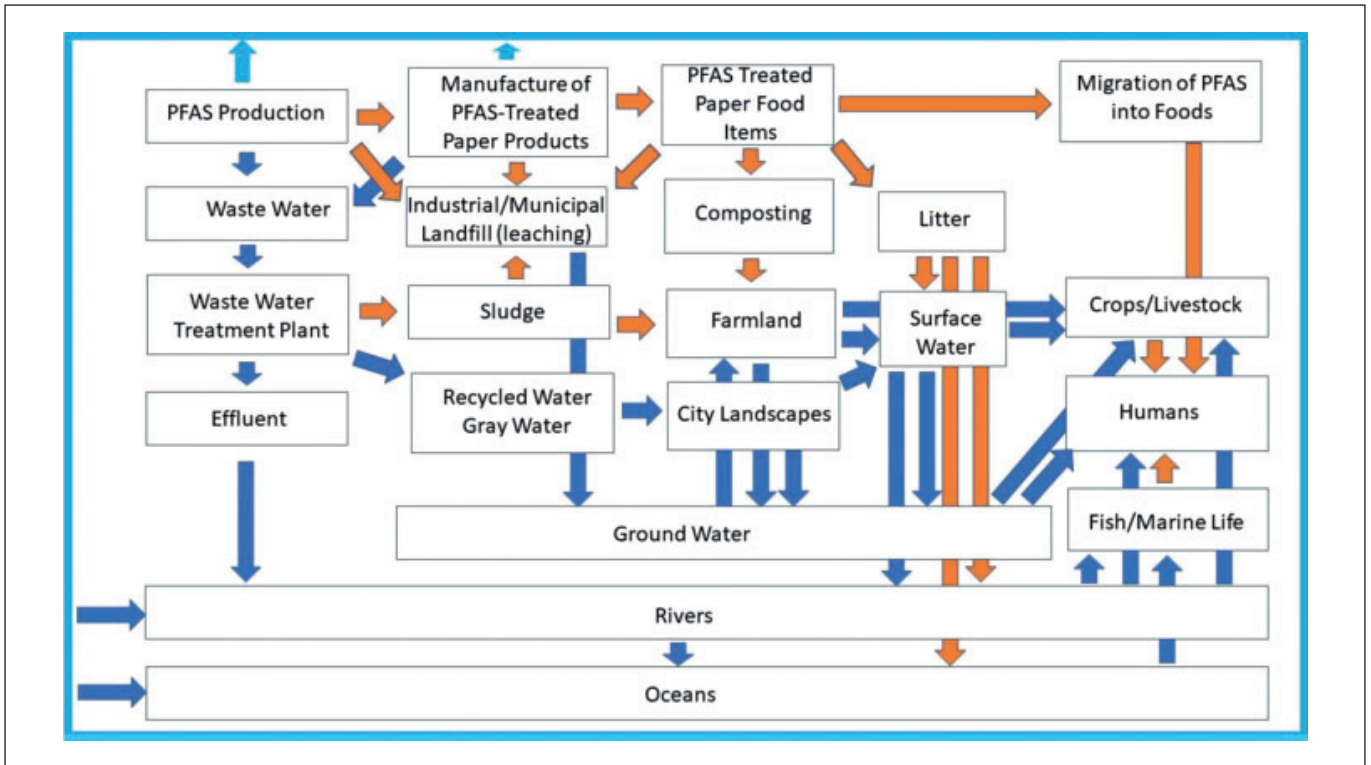
Najnovejše študije kažejo na izzive, ki se kažejo zaradi prekomerne uporabe PFAS na področju reciklaže in krožnega gospodarstva (11). Namreč v vseh testiranih vzorcih embalaže za stik z živili, kjer niso bile načrtno uporabljene kemikalije, ki temeljijo na PFAS, so kljub vsemu zaznali PFAS v sledovih. Včasih je stopnja kontaminacije celo presegla mejno vrednost predpisano s strani danske oblasti. To kaže na kontaminacije s PFAS, bodisi v fazi proizvodnje ali s strani dobaviteljev. Do kontaminacije s PFAS lahko pride v fazi proizvodnje, na primer preko uporabe tiskarskih barv, ki uporabljajo PFAS kemijo, ali pa preko uporabe recikliranih vlaken (13), kar se je izkazalo pri številnih od testiranih vzorcev. Kontaminacije s PFAS med proizvodnjo tako predstavljajo velik problem, ki ga je treba nasloviti in čim prej odpraviti, da ne bo še naprej

Place	Compound	Restrictions	Effective date
Canada	PFOS, PFOA (C8)	Restricted	2018
USA	PFOS, PFOA (C8)	Voluntary production ban	2011
EU	Gen-X	To be regulated under REACH	2020
	PFBS (C4)	SYHC*	2020
	Entire group of PFAS	Proposed regulation under REACH	2020
Netherlands, Norway, Sweden, Germany, Denmark	Entire group of PFAS	Proposed regulation under REACH	2020
Denmark	Entire group of PFAS	Ban on food contact materials	2020
Germany	PFHxA (C6)	Proposed REACH restrictions	2018
Maine	Entire group of PFAS	Ban on food contact materials	2019
Washington	Entire group of PFAS	Ban on food contact materials	2018
California	Entire group of PFAS	Considering biomonitoring	2015
San Francisco	Entire group of PFAS	Ban on food contact materials	2020

\*Substance of Very High Concern

Slika 4: Pregled stanja aktualnih priporočil in aktivnosti na področju preprečevanja uporabe PFAS v embalaži, namenjeni za stik z živili po Evropi in svetu  
Figure 4: Overview of current recommendations and activities related to preventing the use of PFAS in packaging intended for contact with food in Europe and worldwide





Slika 5: Diagram prikazuje načine, na katere kemikalije PFAS vstopajo v okolje. (Modre puščice označujejo okoljsko porazdelitev skozi vodo in padavine. Oranžne puščice označujejo okoljsko porazdelitev skozi trdne snovi. Svetlo modre puščice označujejo uhajanje hlapov v ozračje – modri pravokotnik)  
 Figure 5: The diagram shows the ways in which PFAS enter the environment. (Blue arrows indicate environmental distribution through water and precipitation. Orange arrows indicate environmental distribution through solids. Light blue arrows indicate evaporation into the atmosphere – blue rectangle)

prihajalo do nenamernih kontaminacij znotraj oskrbovalne verige.

Kljub številnim dokazom in pozivom znanstvene skupnosti se PFAS še vedno zelo pogosto uporablja v embalaži za hrano po vsej Evropi. Namerno obdelavo embalaže za hrano s PFAS so dokazali pri vzorcih vseh šestih evropskih držav, vključenih v študijo. Le-ti vključujejo vzorce embalaže za stik z mastno hrano iz obiskanih velikih svetovnih ali nacionalnih verig hitre prehrane (npr. McDonald's, KFC ...). Vendar pa je treba poudariti, da uporaba PFAS v embalaži za živila ni omejena le na verige hitre prehrane. Študija kaže, da se nanaša tudi na mala živilska podjetja, ki strežejo hrano z namiznim priborom za enkratno uporabo, ki je oglaševan kot okolju prijazen. Ta študija povečuje težo dokazov, da so PFAS vse pogosto prisotni tudi v embalaži za živila iz trajnostnih rastlinskih vlaken in v namiznem priboru, ki se prodaja kot trajnostna alternativa plastični embalaži za enkratno uporabo (14). Embalaža, ki se oglašuje kot biorazgradljiva in primerna za kompostiranje, velikokrat bodisi zaradi namerne ali nenamerne uporabe PFAS vsebuje biološko zelo obstojne in zdravju škodljive PFAS. Rezultati študij so močno zaskrbljujoči in kažejo na potrebo po čim hitrejšem sistematičnem ukrepanje na območju celotne Evrope in sveta.

## 5. Zaključek

Ugotovitve številnih študij kažejo na razširjeno uporabo in kontaminacijo s PFAS v embalaži namenjeni za stik z živilni in embalaži za enkratno uporabo po vsej Evropi. Le-to bi naj po definiciji uporabljali zelo malo časa in nato zavrgli. To je v nasprotju z izjemno obstojnostjo vseh kemikalij PFAS. Danska prepoved uporabe PFAS kaže, da so na voljo varne alternative, zato je nadaljnja uporaba PFAS tipičen primer nepo-

trebne uporabe, ki je v nasprotju z doseganjem ciljev zelenega krožnega gospodarstva. Ker so PFAS kemikalije globalna grožnja, je skrajni čas, da nacionalne vlade in evropske institucije omejijo uporabo PFAS kot celoto.

## LITERATURA

- (1) Glüge, J., et al., An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2020. 22(12): p. 2345–2373.
- (2) OECD (2020), *PFASs and Alternatives in Food Packaging (Paper and Paperboard) Report on the Commercial Availability and Current Uses, OECD Series on Risk Management, No. 58, Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD.*
- (3) Ghisi R, Vamerli T, Manzetti S. Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review. *Environ Res.* 2019 Feb;169:326-341. doi: 10.1016/j.envres.2018. 10.023. Epub 2018 Oct 30. PMID: 30502744.
- (4) Costello, M.C.S., Lee, L.S. Sources, Fate, and Plant Uptake in Agricultural Systems of Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *Curr Pollution Rep* (2020). <https://doi.org/10.1007/s40726-020-00168-y>
- (5) Lindstrom, A. B., Strynar, M. J., & Libelo, E. L. (2011). Polyfluorinated compounds: Past, present, and future. *Environment Science & Technology*, 45, 7954–7961.
- (6) Behzadi, H. (2019). The next frontier on PFAS contamination, sediment, surface water and fish tissue. Paper presented at the 2019 Emerging Contaminants in the Environment Conference (ECEC19). Retrieved from
- (7) Blum, A., Balan, S. A., Scheringer, M., Trier, X., Goldenman, G., Cousins, I. T., Diamond, M., Fletcher, T., Higgins, C., Lindeman, A. E., Peaslee, G., de Voogt, P., Wang, Z., & Weber, Z. (2015). The Madrid statement on poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental Health Perspectives*, 123(5), A107–A111.
- (8) Wang, Z., DeWitt, J. C., Higgins, C. P., & Cousins, I. T. (2017). A never-ending story of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs)? *Environmental Science & Technology*, 51(5), 2508–2518.
- (9) Zabaleta I, Negreira N, Bizkarguenaga E, Prieto A, Covaci A, Zuloaga O. 2017. Screening and identification of per- and polyfluoroalkyl substances in microwave popcorn bags. *Food Chem* 230:497–506, PMID: 28407941, 10.1016/j.foodchem.2017.03.074. Crossref, Medline, Google Scholar
- (10) Schaidler LA, Balan SA, Blum A, Andrews DQ, Strynar MJ, Dickinson ME, et al. 2017. Fluorinated compounds in U.S. fast food packaging. *Environ Sci Technol Lett* 4(3):105–111, PMID: 30148183, 10.1021/acs.estlett.6b00435. Crossref, Medline, Google Scholar Go back to content
- (11) Straková, J., Schneider, J., Cingotti, N. et al., 2021. Throwaway Packaging, Forever Chemicals: European wide survey of PFAS in disposable food packaging and tableware. 54 p.
- (12) Ministry of Environment and Food of Denmark, Danish Veterinary and Food Administration, Ban on fluorinated substances in paper and board food contact materials (FCM). 2020.
- (13) Trier, X., et al., PFAS in paper and board for food contact - options for risk management of poly- and perfluorinated substances. 2017: Copenhagen, Denmark. p. 110.
- (14) Dinsmore, K.J., Forever chemicals in the food aisle: PFAS content of UK supermarket and takeaway food packaging. 2020, Fidra: United Kingdom. p. 24.

Mateja Zajc, raziskovalka  
 Inštitut za celulozo in papir  
 Bogiščeva ulica 8, SI-1000 Ljubljana