

NEVARNE KEMIKA LIJE V PLASTIKI: IZZIVI ZA ZDRAVJE IN OKOLJE

Prof. dr. Milena Horvat

- Odsek za Znanosti o okolju, Inštitut “Jožef Stefan” (IJS)
- Mednarodna podiplomska šola Inštituta Jožefa Stefana (MPŠ)

milena.horvat@ijs.si
www.environment.si





State of the **Science** on **Plastic** **Chemicals**

Identifying and addressing chemicals
and polymers of concern



Vsebina

- Plastika kot kemična mešanica
- Življenjski cikel in sproščanje kemikalij
- Nevarne lastnosti (PBMT) in prioritetne skupine
- Izpostavljenost: izdelki, tekstil, recikliranje
- Vrzel v podatkih in preglednost
- Priporočila PlastChem
- Koraki za Slovenijo in ključna sporočila

Za doseganje želenih lastnosti se osnovnim polimerom dodajajo:

- Plastifikatorji (mehčanje materiala, povečanje elastičnosti),
- Stabilizatorji (odpornost proti UV-sevanju in oksidaciji),
- Polnila in pigmenti (barva, trdnost, električna prevodnost),
- Zamreževalci in antistatični dodatki.

PS (polistiren) – lončki, embalaža za hitro hrano.

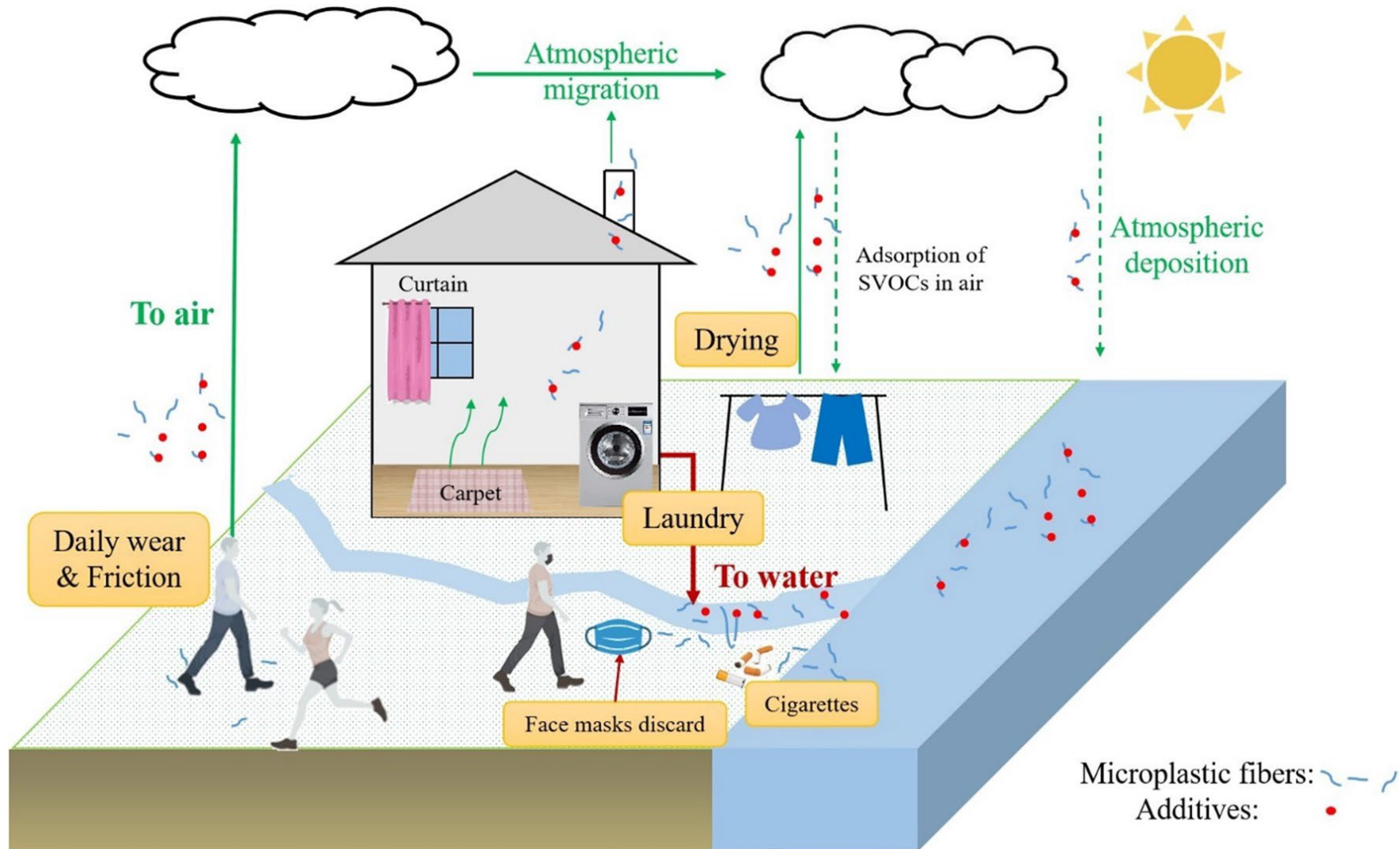
Uvod

Za doseganje želenih lastnosti se osnovnim polimerom dodajajo:

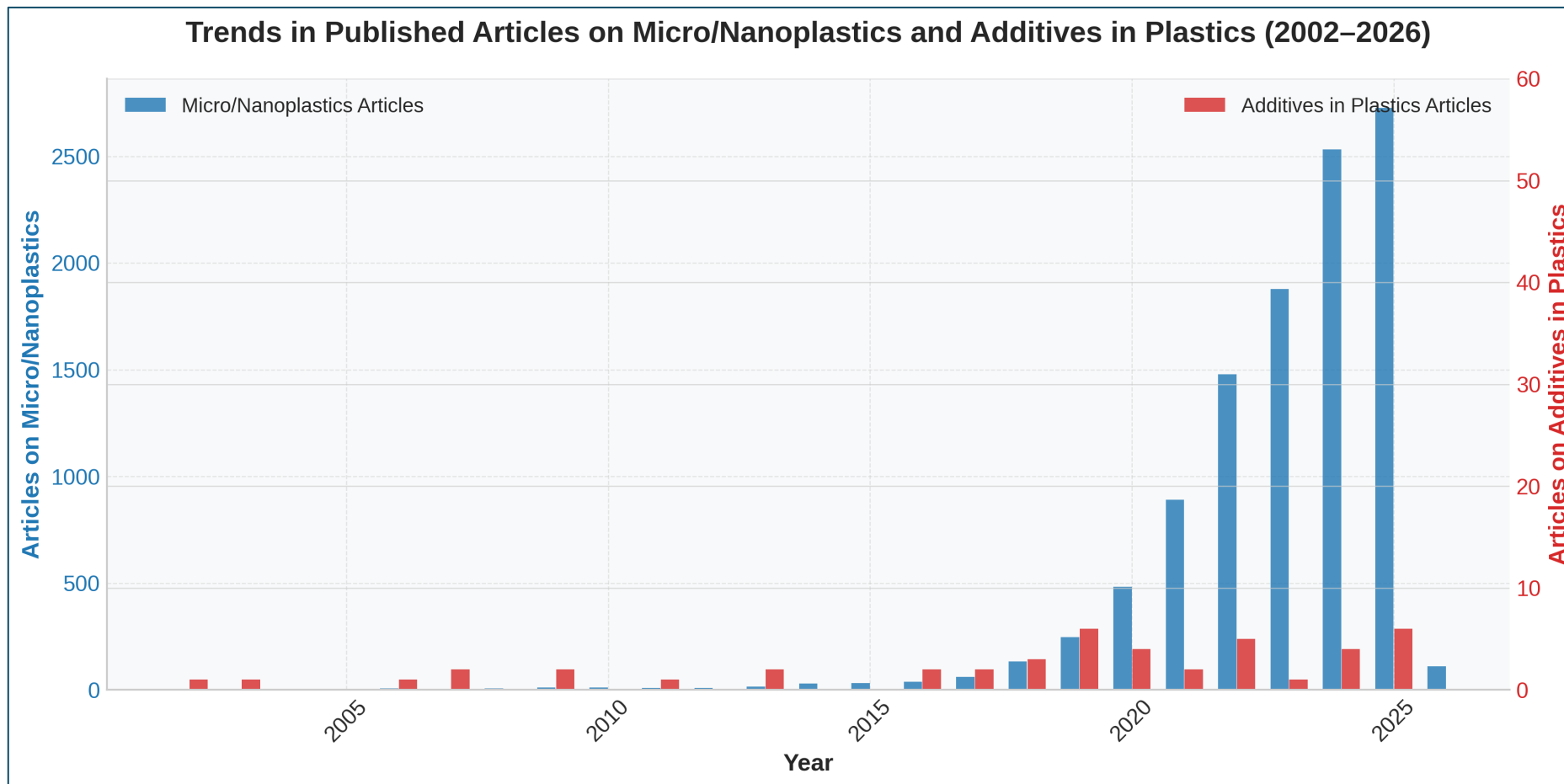
- Plastifikatorji (mehčanje materiala, povečanje elastičnosti),
- Stabilizatorji (odpornost proti UV-sevanju in oksidaciji),
- Polnila in pigmenti (barva, trdnost, električna prevodnost),
- Zamreževalci in antistatični dodatki.



.... v našem
vsakdanjem
življenju



.... v našem
vsakdanjem
življenju

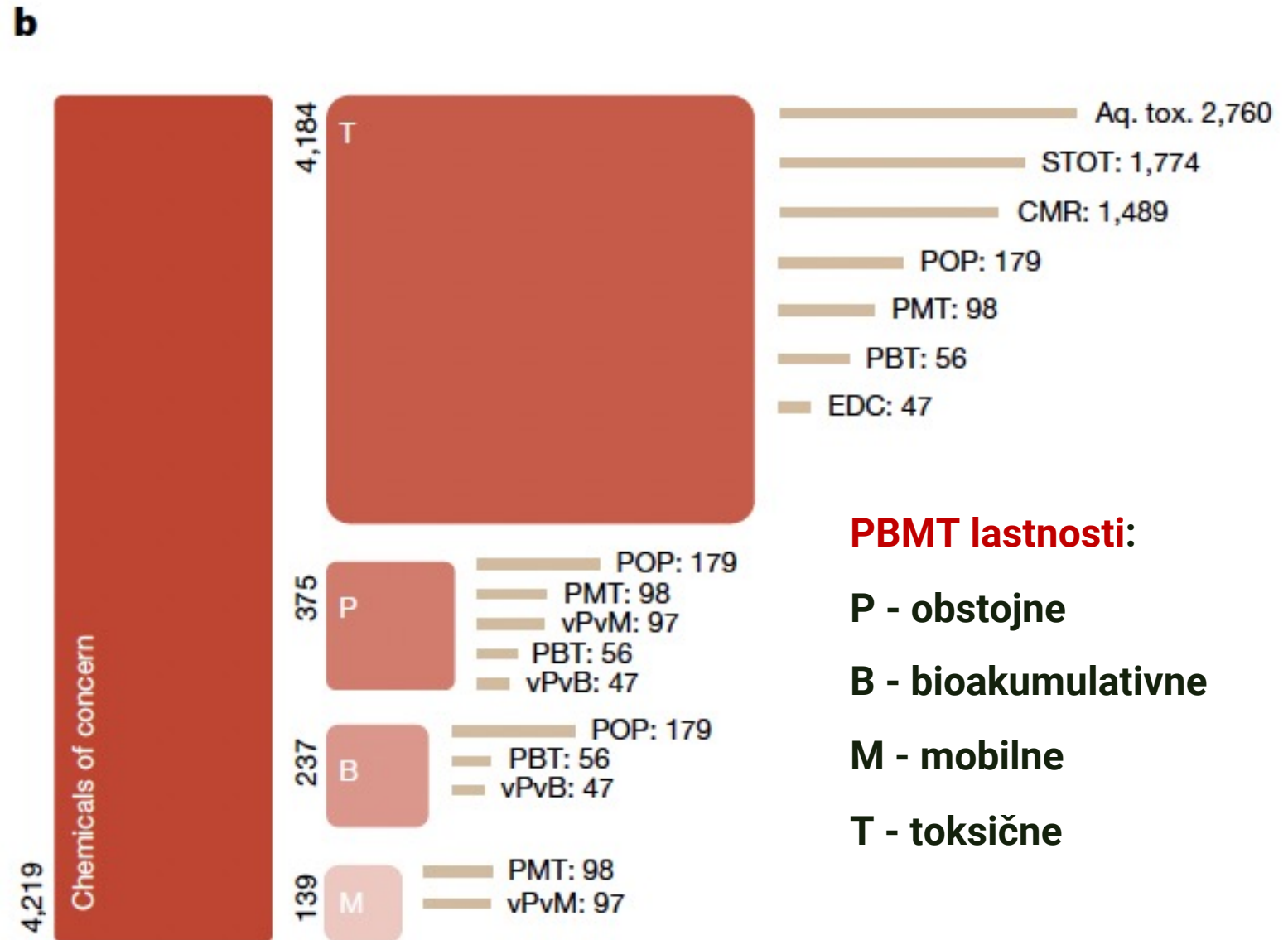
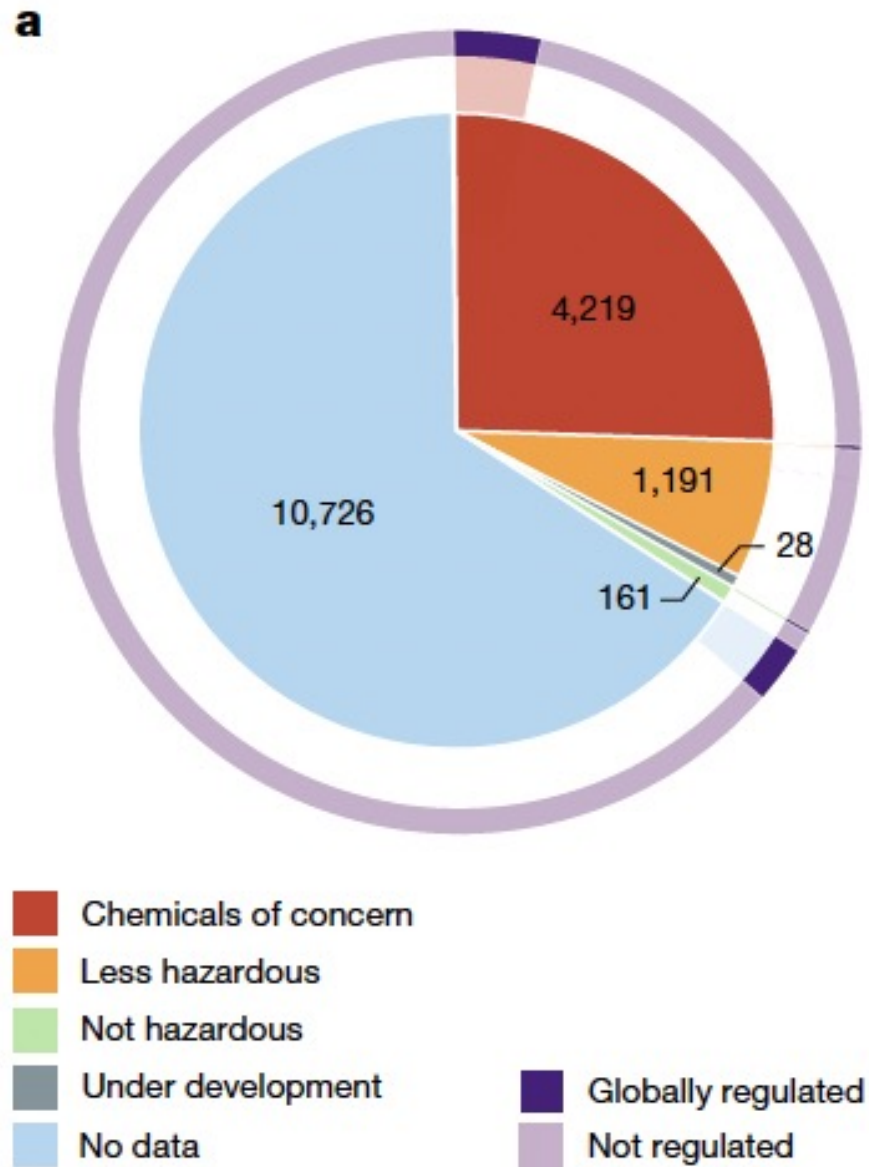


Vsakodnevni izdelki kot viri izpostavljenosti kemikalijam

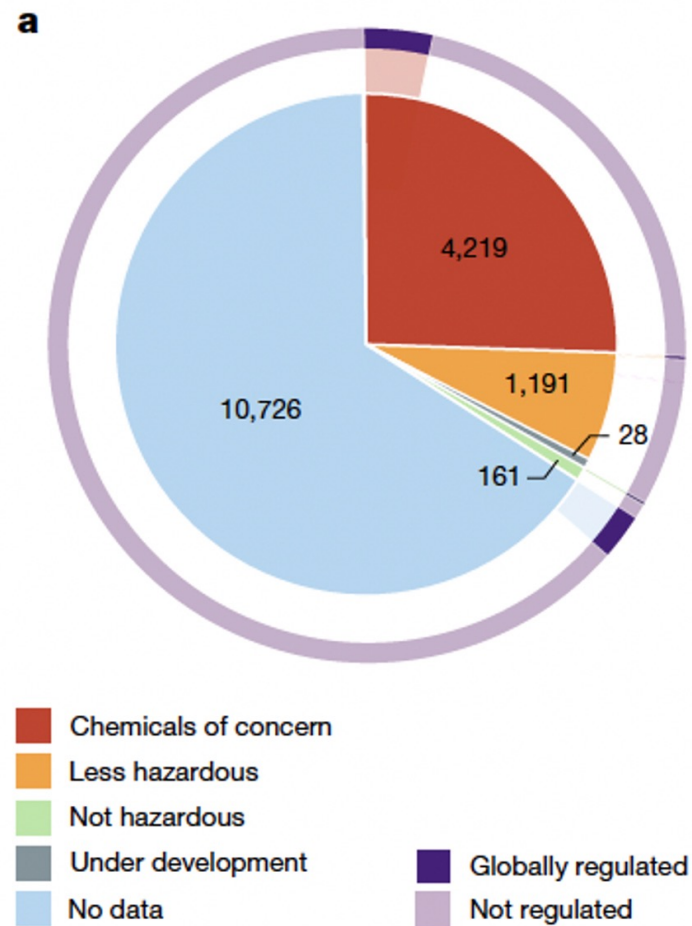
- Embalaža za živila, igrače, tekstil = največ tveganj.
- Migracije v hrano, zrak, kožo.
- Reciklirani materiali lahko ohranjajo nevarne kemikalije.



Plastika = mešanica kemikalij, pomožnih snovi in nenamensko dodanih kemikalij



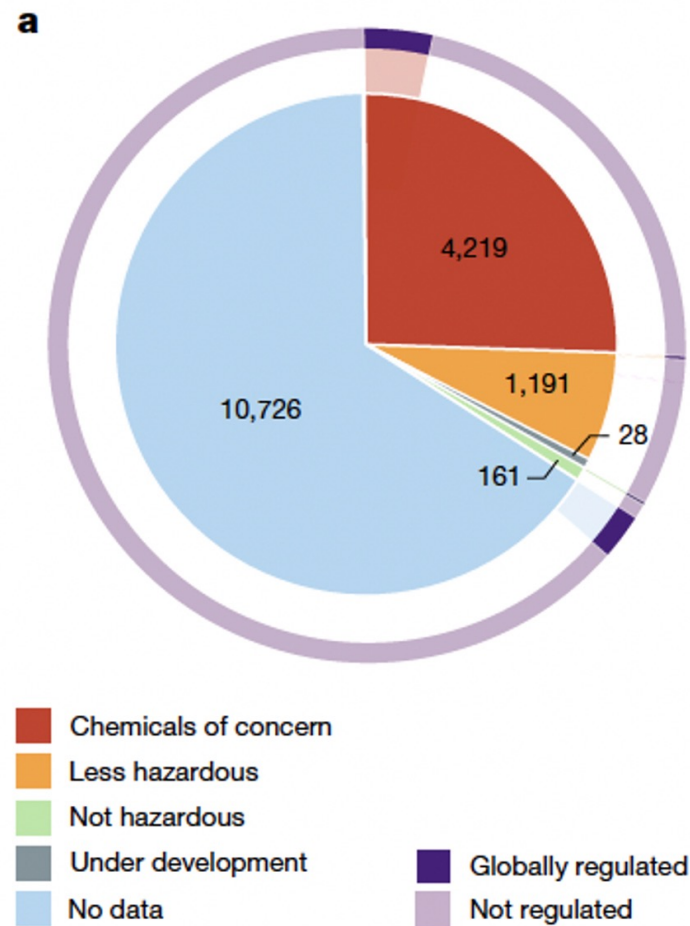
Plastika
=
mešanica kemikalij
+
pomožnih snovi
+
in nenamensko
dodanih kemikalij



V plastiki je prepoznanih:

- 5.776 aditivov,
- 3.498 pomožnih snovi pri obdelavi,
- 1.975 začetnih snovi in
- 1.788 nenamerno dodanih snovi.

Plastika
=
mešanica kemikalij
+
pomožnih snovi
+
in nenamensko
dodanih kemikalij



Znanstvena podlaga

- 16.000+ znanih kemikalij v plastiki
- < 6 % trenutno podvrženih globalni regulativi
- 66 % kemikalij v plastiki brez podatkov o nevarnosti
- 60 % brez podatkov o uporabi ali prisotnosti
- Kemična kompleksnost preprečuje učinkovito upravljanje in krožnost
- Pomanjkanje tehničnih in regulativnih zmogljivosti ovira obravnavo zaskrbljujočih kemikalij ter inovacije na področju nevarnih in trajnostnih plastik

4 kriteriji nevarnosti PBMT



■ **Obstojnost:**

dolgoročna prisotnost kemikalije v zraku, vodi, tleh ali organizmih

■ **Bioakumulacija:**

spodobnost kemikalije, da ostaja in se kopiči v organizmih, vključno z ljudmi in prostoživečimi živalmi

■ **Mobilnost:**

spodobnost kemikalije, da se širi v površinskih in podzemnih vodah

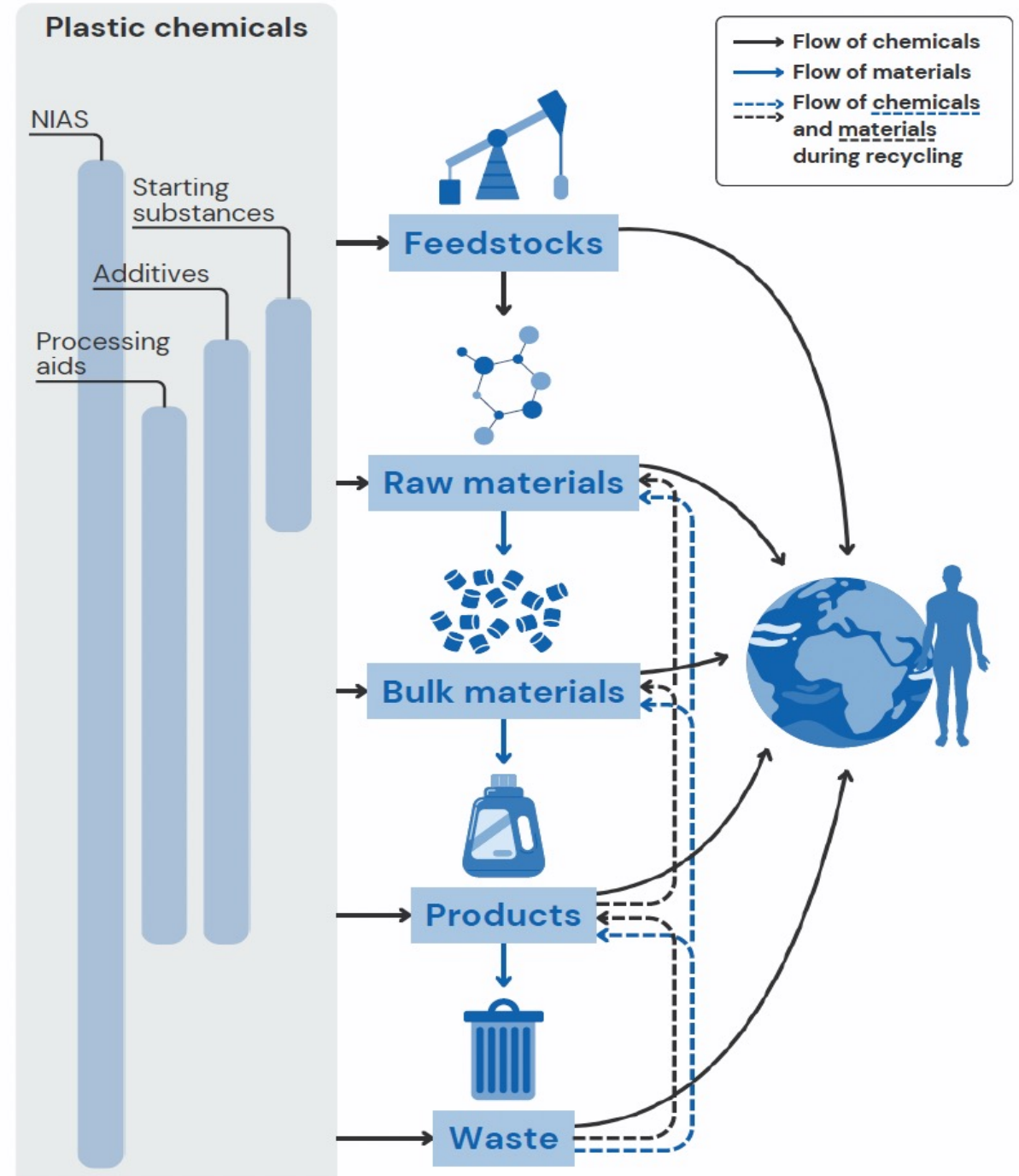
■ **Toksičnost:**

spodobnost kemikalije, da povzroča škodo živim organizmom

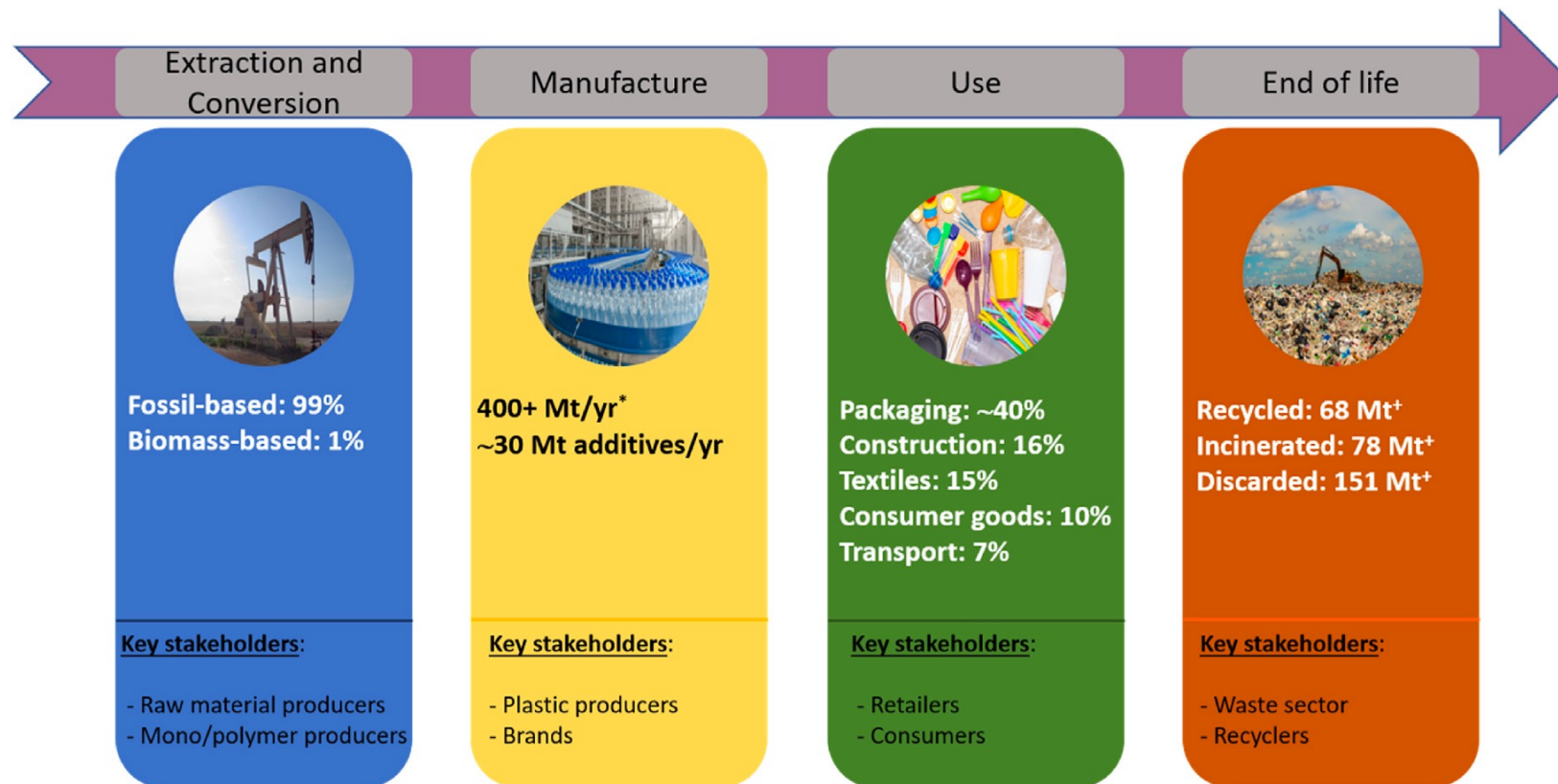
- PBMT pristop ocenjuje nevarnost kemikalije glede na njene lastnosti – ne glede na trenutno raven izpostavljenosti.
- Omogoča hitrejše in preventivno ukrepanje.

Življenjski krog plastike

- Emisije kemikalij v vseh fazah:
 - **proizvodnja** → **uporaba** → **recikliranje** → **odlaganje**.
- Sežig in razgradnja sproščata toksične snovi.
- Plastika onesnažuje zrak, vodo in tla.



Recikliranje in krožnost



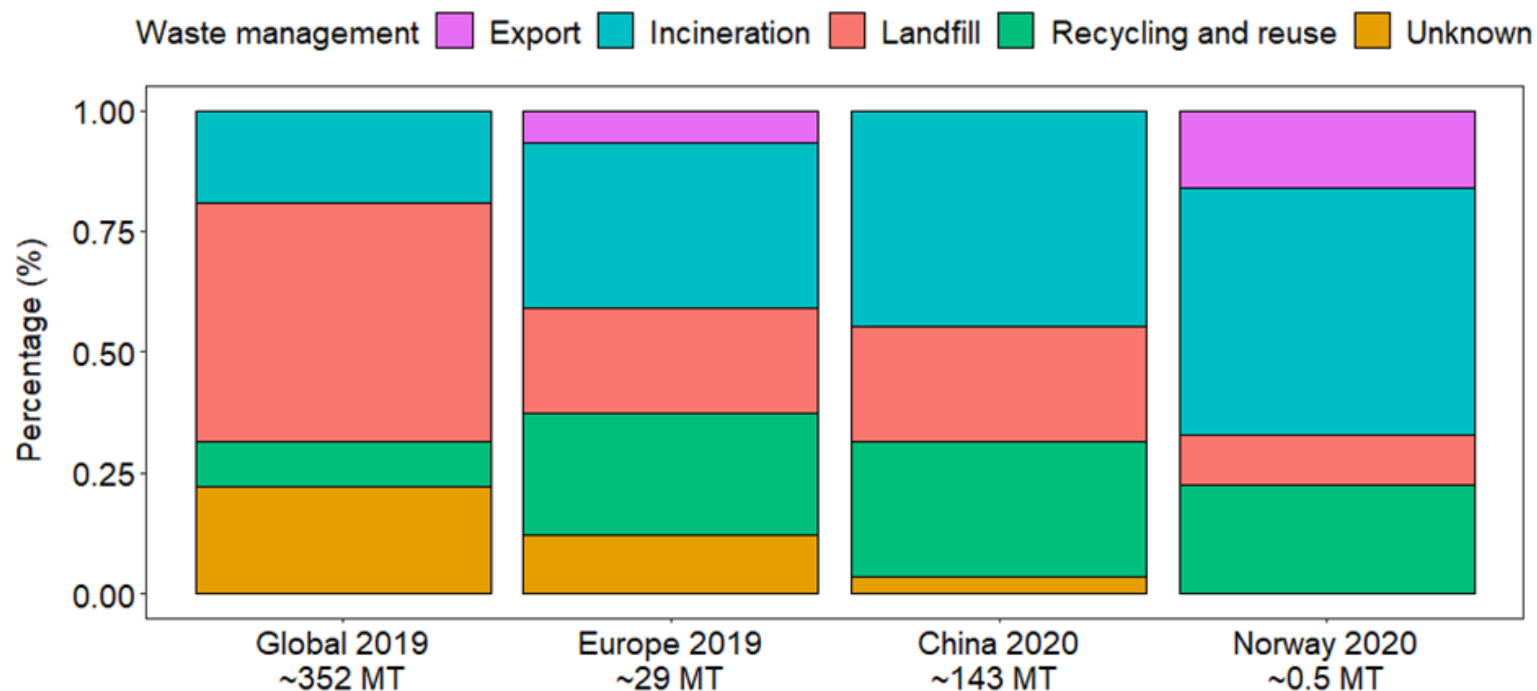
*Mt/yr – million tons/year.

⁺2018 figures.

- Recikliranje mora biti netoksično.
- Nevarne kemikalije krožijo v recikliranih izdelkih.
- Cilj: “non-toxic circularity”.

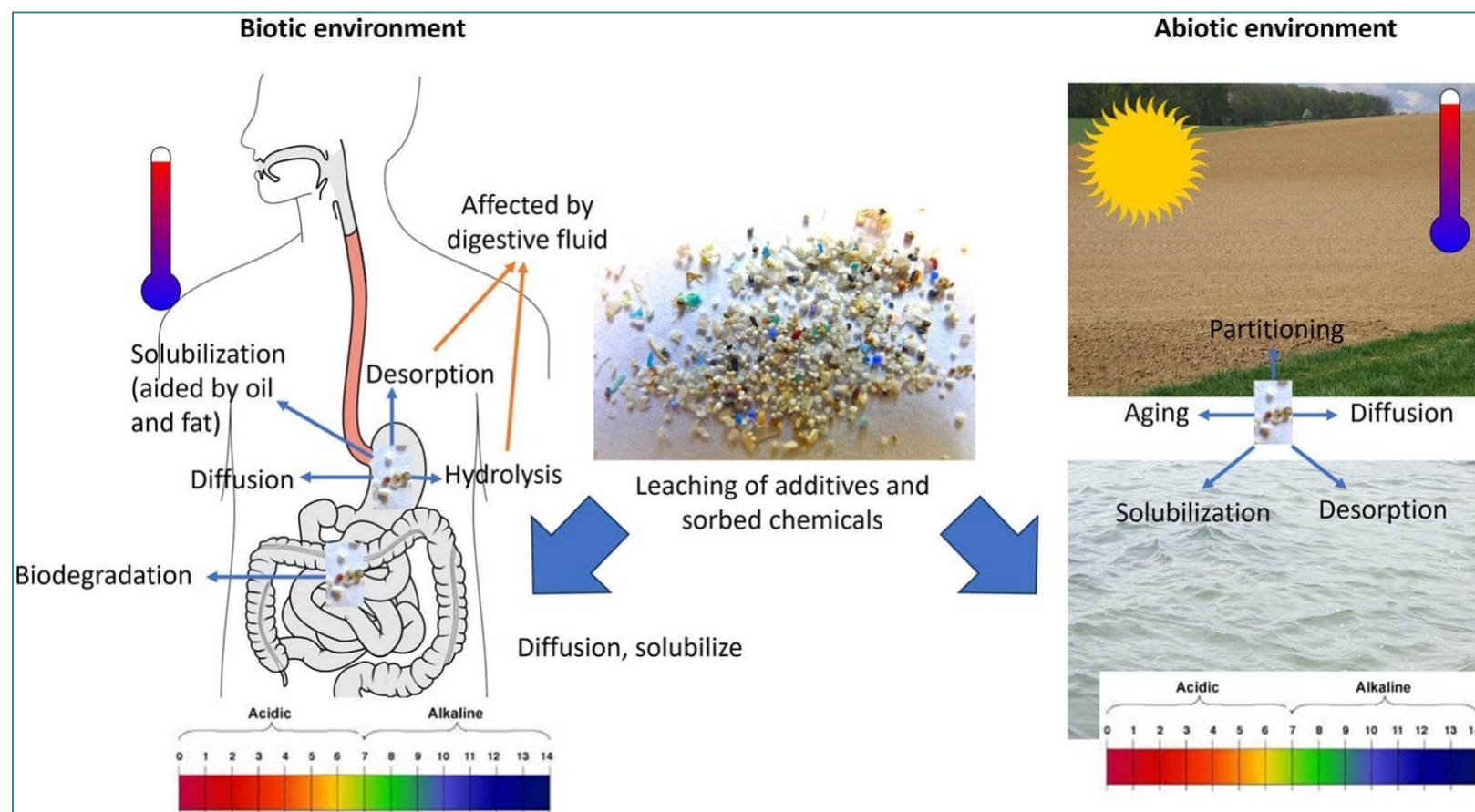
Globalne razlike v ravnanju s plastičnimi odpadki

- Globalno: večina plastike se **odlaga na odlagališčih**.
- Na Kitajskem, v Evropi in na Norveškem prevladuje **sežig**, recikliranje pa je omejeno.
- **Stopnje recikliranja so nizke:** globalno ~9 %, v Evropi ~25 %.
- Za **22 % odpadkov sploh ni znano**, kje končajo – pogosto v okolju.
- Vsako leto v vodne ekosisteme **uide 19–23 milijonov ton plastike**.



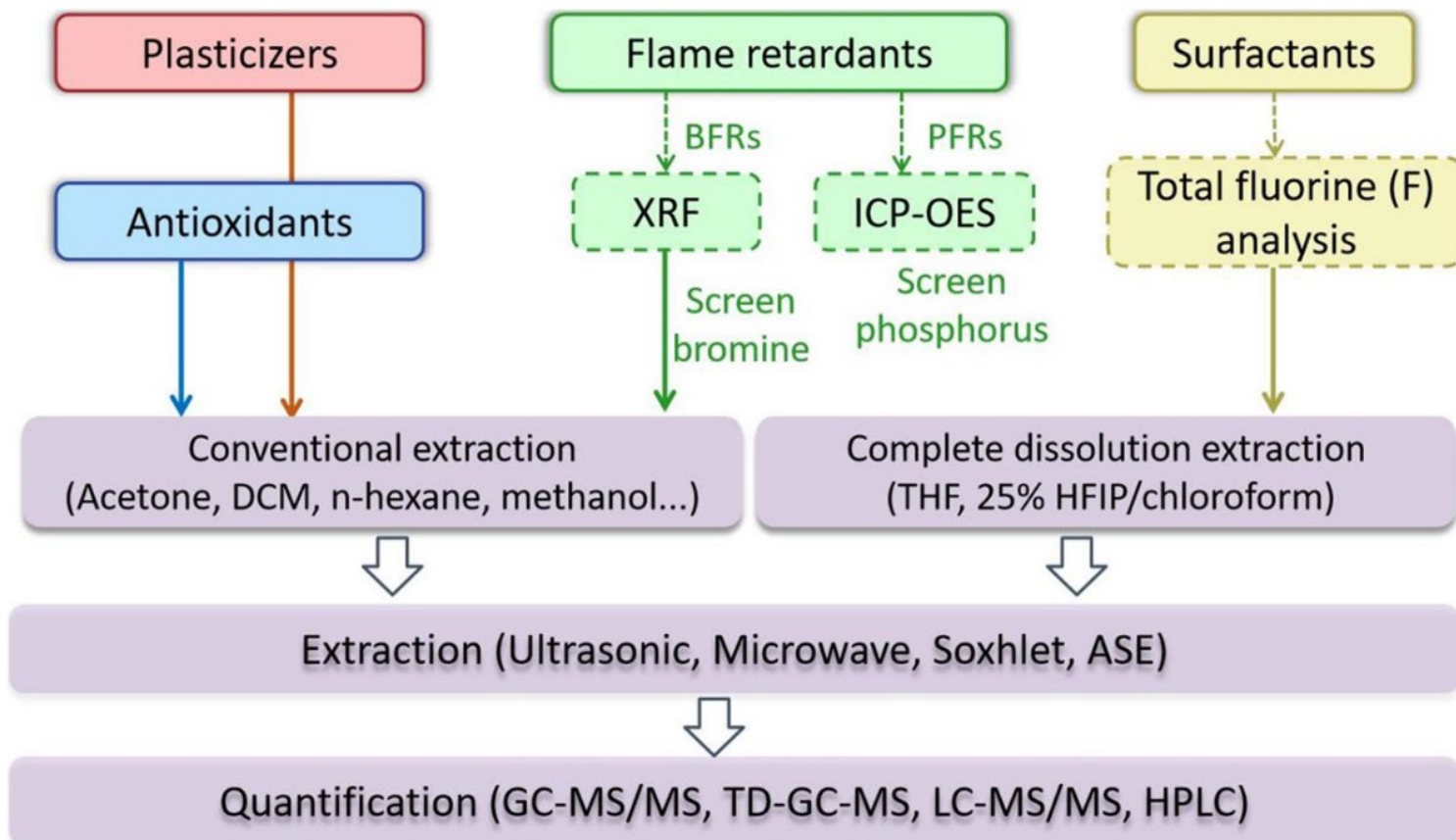
Kako se kemikalije sproščajo iz plastike

- Toplota, UV-svetloba in obraba sproščajo kemikalije.
- NIAS – ne-namerno prisotne kemikalije.
- Plastika “diha” kemikalije še dolgo po uporabi.

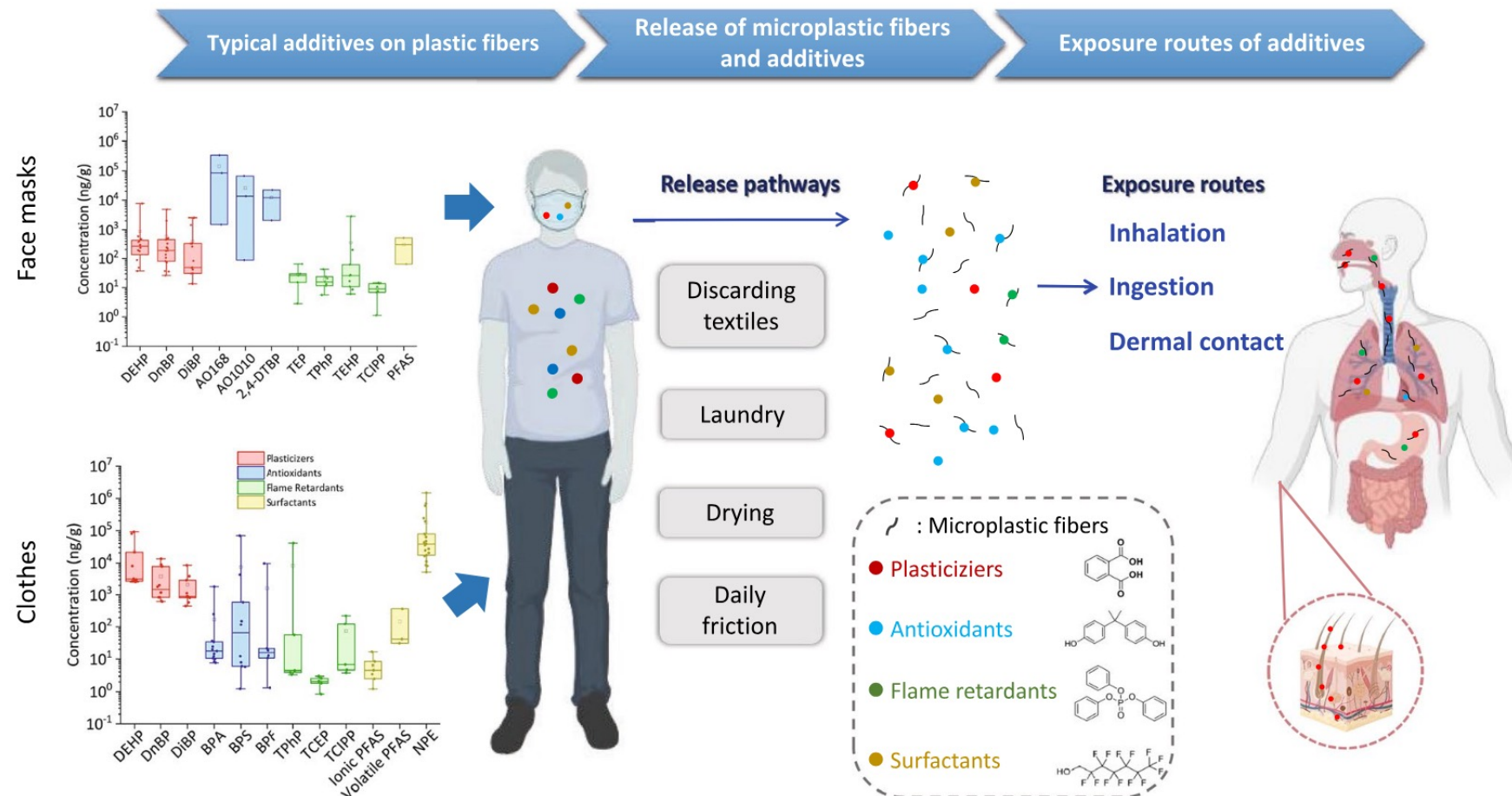


Analiza kemikalij v plastiki – brez enotnega recepta

- **Ni enotnega postopka (SOP):** aditivov je preveč in so zelo različni.
- **Pameten pristop:** najprej presejanje vzorca, nato osredotočanje na zaznane spojine.
- **Kombinacija metod:** ciljna analiza za znane, neciljna za nove snovi.
- **Zahtevna izvedba:** potrebne so vrhunske analitske spretnosti in sodobni instrumenti.

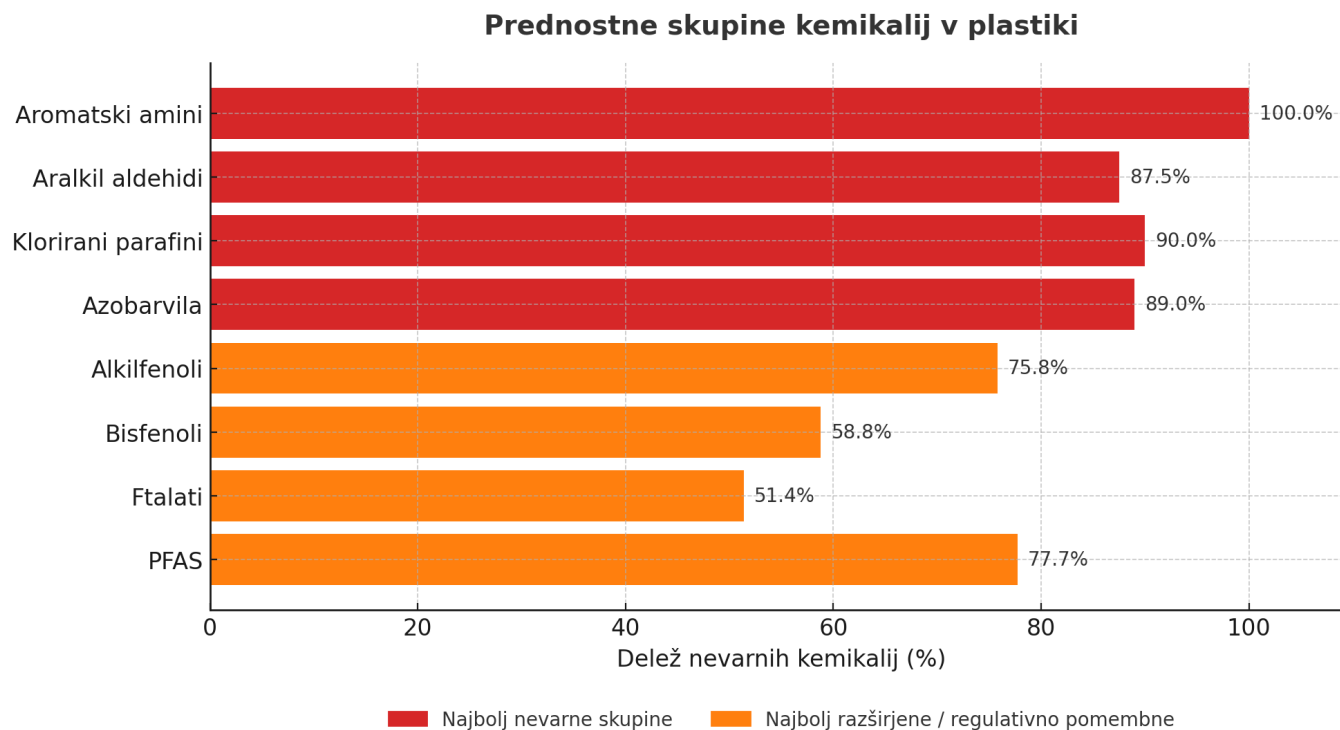


Mikrovlakna v tekstilu



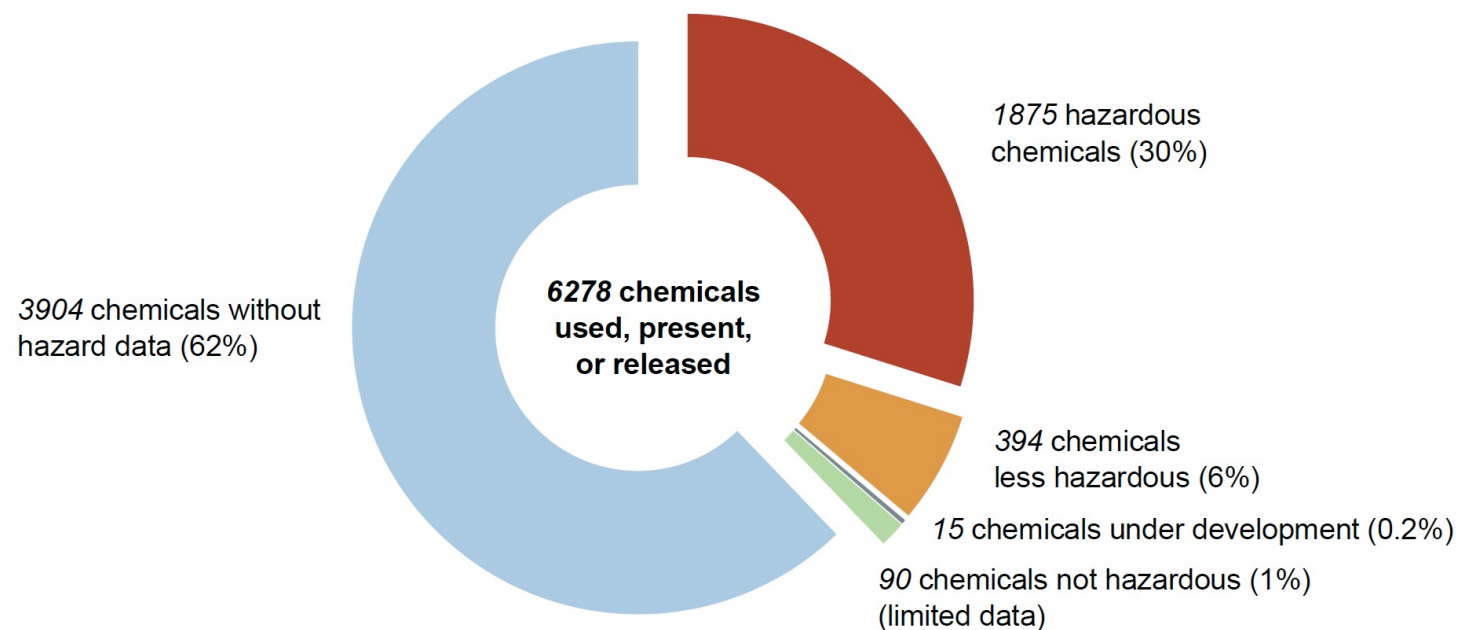
Prednostne skupine kemikalij v plastiki

- Najbolj nevarne: **aromatski amini, aralkil aldehidi, klorirani parafini** ($\geq 90\%$ nevarnih spojin).
- Pomembne za regulacijo: **bisfenoli, ftalati, PFAS, alkilfenoli** – pogosto uporabljeni.
- Skupinski pristop bi zajel $\approx$ **785 kemikalij** – tudi tiste brez popolnih podatkov.
- “**Guilty by association**” omogoča ukrepanje na ravni **strukturno sorodnih skupin**.



Kemikalije, prisotne in sproščene iz plastike

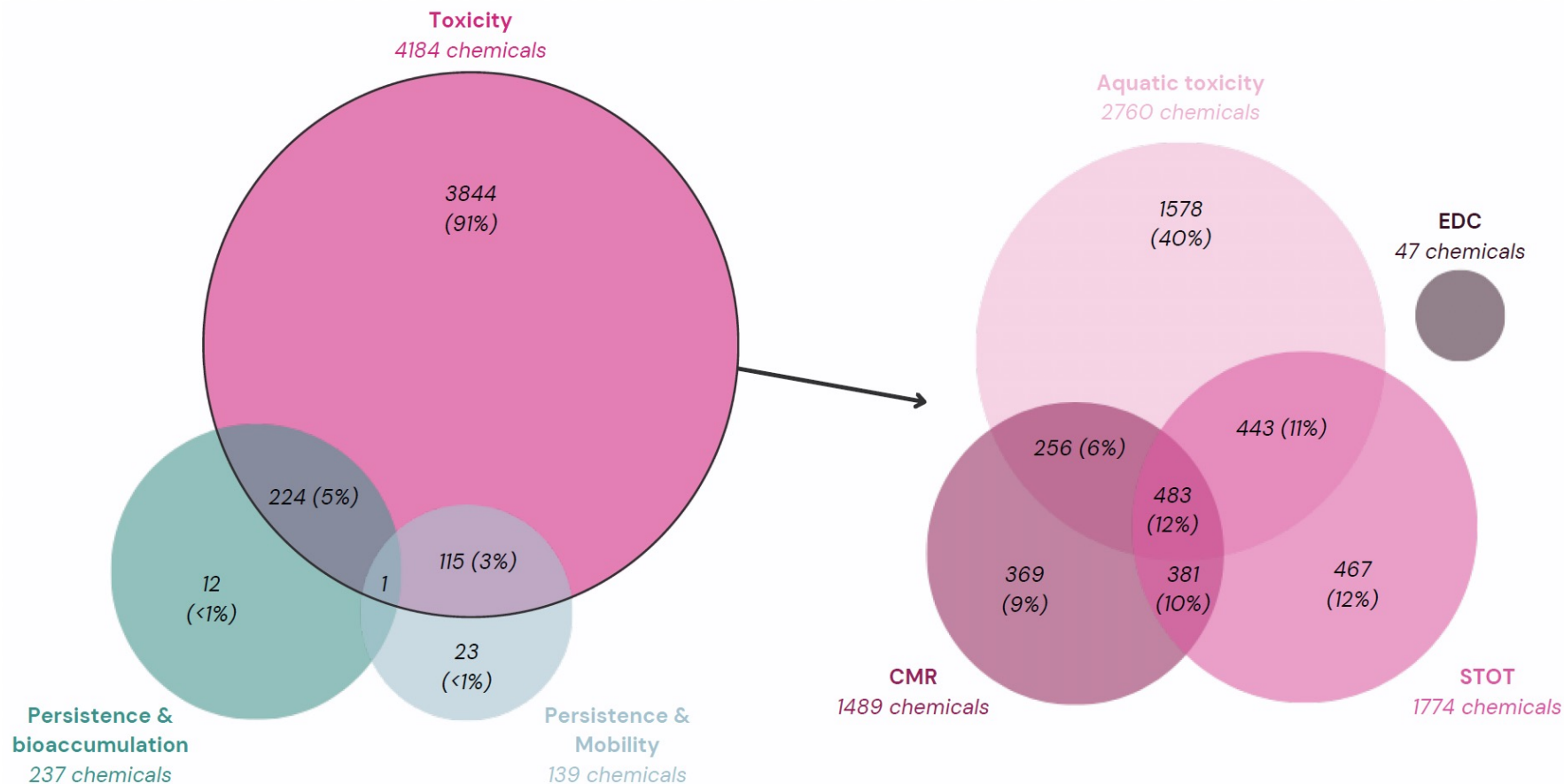
- > **1 800 nevarnih kemikalij** je bilo uporabljenih ali zaznanih v plastiki.
- ~ **4 000 kemikalij** brez kakršnihkoli podatkov o nevarnosti.
- Le **90 snovi** ocenjenih kot »ne-nevarnih« – tudi za te so podatki nepopolni.
- > **50 % kemikalij v plastiki** je razvrščenih kot potencialno nevarne.
- **508 nevarnih snovi** je dokazano sproščenih iz plastičnih materialov.
- To kaže na **regulativno vrzel** – pomanjkanje podatkov, počasne ocene in nezadostno upravljanje tveganj.



Zakaj skupinsko urejanje deluje

Kemikalije v plastiki so večplastno nevarne – posamezna snov lahko hkrati škoduje okolju, vodi in človeku

- Večina kemikalij v plastiki je **toksičnih**, številne pa so tudi **obstoje, mobilne ali se kopičijo**.
- **Ena kemikalija pogosto povzroča več vrst škodljivih učinkov pri človeku:**
 - Motnje delovanja hormonov
 - Vpliv na razvoj možganov in živčevja
 - Oslabitev imunskega sistema
 - Presnovne motnje (debelost, diabetes)
 - Povečano tveganje za raka
 - Poškodbe celic zaradi oksidativnega stresa, ...



Ključna sporočila PlastChem

1. **Vzpostaviti globalno bazo podatkov o kemikalijah v plastiki** – vključno s sestavo, lastnostmi in tveganji.
2. **Uvesti skupinski pristop pri regulaciji** (ne le ena kemikalija naenkrat, ampak cele skupine znotraj družin, npr. vsi bisfenoli ali vsi PFAS).
3. **Spodbujati razvoj “varnejših polimerov”** – plastike, ki so brez toksičnih dodatkov in primerne za varno kroženje.
4. **Povezati znanstvene raziskave, toksikologijo in politiko** – torej boljši prenos znanja v zakonodajo.
5. **Zagotoviti transparentnost** – proizvajalci naj razkrijejo, katere kemikalije so v njihovih izdelkih.



nature

[Explore content](#) ▾ [About the journal](#) ▾ [Publish with us](#) ▾

[nature](#) > [analyses](#) > article

Analysis | [Open access](#) | Published: 09 July 2025

Mapping the chemical complexity of plastics

[L. Monclús](#) , [H. P. H. Arp](#), [K. J. Groh](#), [A. Faltynkova](#), [M. E. Løseth](#), [J. Muncke](#), [Z. Wang](#), [R. Wolf](#), [L. Zimmermann](#) & [M. Wagner](#) 

[Nature](#) **643**, 349–355 (2025) | [Cite this article](#)

Vloga EU institucij



REACH	ECHA	EFSA
Glavna vloga: Okvir za registracijo, oceno, avtorizacijo in omejevanje kemikalij. Fokusno področje: Vse kemikalije na trgu, vključno z aditivi v plastiki.	Izvaja uredbe REACH in CLP. Ukvarja se z nevarnimi snovmi, vodi baze podatkov in pripravlja znanstvena mnenja. Primeri aktivnosti: Seznam SVHC, baza SCIP, omejitve za PFAS in mikroplastiko.	Ocenjuje tveganja kemikalij v materialih za stik z živali. Spremlja migracijo snovi iz plastike v hrano. Primeri aktivnosti: Ocene ftalatov in bisfenolov, določanje mejnih vrednosti (TDI, SML).

REACH – Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

ECHA – European Chemicals Agency

EFSA – European Food Safety Authority

SML – Specific Migration Limit

TDI – Tolerable Daily Intake

PFAS – Per- and Polyfluoroalkyl Substances

SVHC – Substances of Very High Concern

CLP – Classification, Labelling and Packaging Regulation

SCIP – Substances of Concern In Products

REACH in materiali v stiku z živili: različni pristopi, skupen cilj



- REACH ocenjuje **vse kemikalije** glede na njihove **nevarne lastnosti** (CMR, PBT, vPvB).
- **Uredba o materialih v stiku z živili (FCM)** ocenjuje dejansko tveganje za človeka pri uporabi snovi v stiku z živili.
- Snov lahko velja za “zaskrbljujočo” (SVHC) po REACH, vendar je še vedno dovoljena v plastičnih materialih za stik z živili, če je EFSA dokazala varno uporabo.
- EFSA določa **omejitve uporabe (Qm)** in **meje migracije v hrano (SML)**, ki zagotavljajo veliko varnostno rezervo.
- Prisotnost snovi na seznamu REACH ne pomeni, da je nevarna za potrošnika, če so pogoji uporabe skladni z EFSA oceno.

Nevarnost po REACH ≠ Tveganje po FCM.

Ocene EFSA zagotavljajo varno uporabo tudi za snovi na seznamu SVHC.

Viri in literatura



- Monclús, L. et al. (2025). *Mapping the chemical complexity of plastics*. *Nature*, 643, 349–361.
- PlastChem Consortium (2025). *State of the Science on Plastic Chemicals*. Zenodo.
- PlastChem Consortium (2025). *Policy Brief: State of the Science on Plastic Chemicals*. PlastChem Project.
- Pinto da Costa, J. et al. (2023). *Plastic additives and microplastics as emerging contaminants*. *TrAC Trends Anal. Chem.*, 158, 116898.
- OECD (2022). *Global Plastic Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options*. OECD Publishing.
- Borrell, P. et al. (2020). *Plastic waste entering aquatic ecosystems*. In *PlastChem State of the Science Report*.
- Zhang, Q. et al. (2022). *Emission and fate of microplastic fibers and additives from synthetic textiles: A review*. *STOTEN*, 832, 155002.
- Chen, Y., Chen, Q., Zhang, Q., Zuo, C., & Shi, H. (2022). *An Overview of Chemical Additives on (Micro)Plastic Fibers: Occurrence, Release, and Health Risks*. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 260, 22.

Read the report and learn more

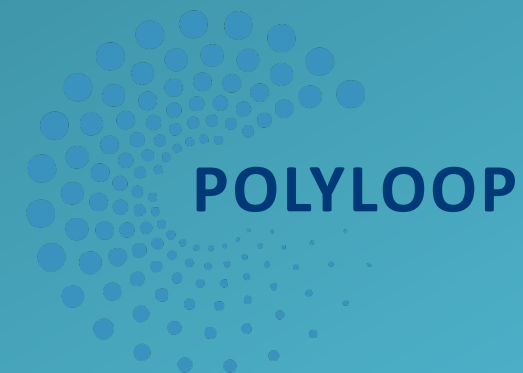
Scan the QR code to download the full PlastChem report and the associated database or visit www.plastchem-project.org.

About the PlastChem Project

The PlastChem project aims to address the fragmented understanding of the chemicals in plastics and their impact on health and the environment. This initiative has created a high-quality, comprehensive state-of-the-science report synthesizing the evidence about chemicals in plastics to inform an evidence-based policy development for better protecting public health and the environment.



Acknowledgements: ARIS
Gravitacija projekt Polypoop (2025 – 2028);
Program P1-0143



**HVALA ZA
POZORNOST**

milena.horvat@ijs.si

