

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
Kemijski odsjek

# SUPRAMOLEKULSKA KEMIJA METALO-ORGANSKIH MREŽA

Emilija Petrović Hađar

Studentica 1. godine Dokorskog sveučilišnog studija KEMIJA – smjer ANORGANSKA I STRUKTURNA KEMIJA

**Kemijski seminar I**  
Seminar izrađen prema:

E. Miguel-Casañ et al, *Adv. Mater.* (2025) 2414509.

20.05.2026.

**Reaktivnost**

**Adsorpcija i  
separacija  
plinova**

# **SUPRAMOLEKULSKA KEMIJA METALO-ORGANSKIH MREŽA**

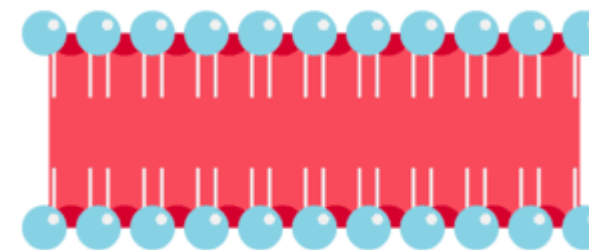
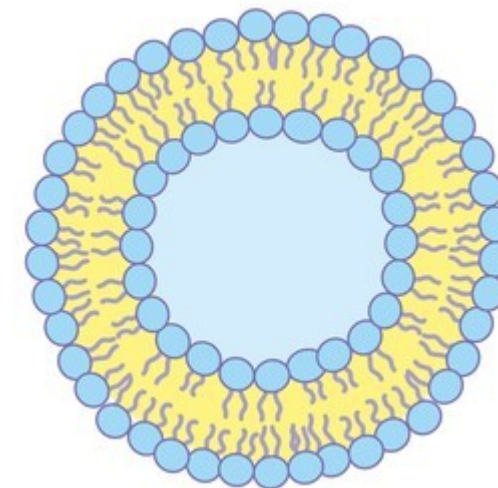
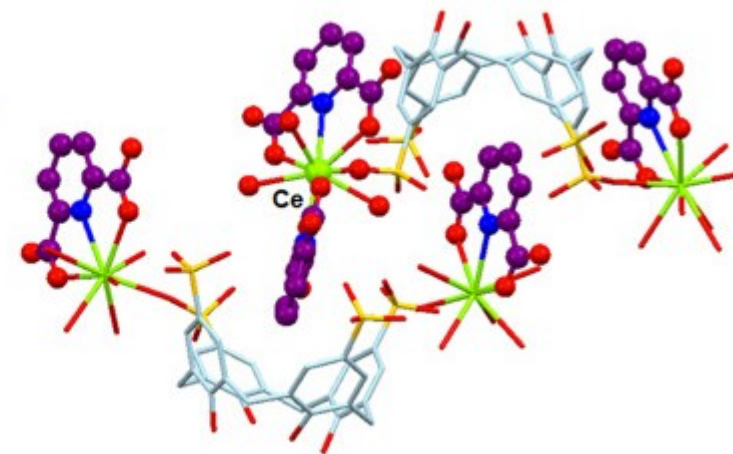
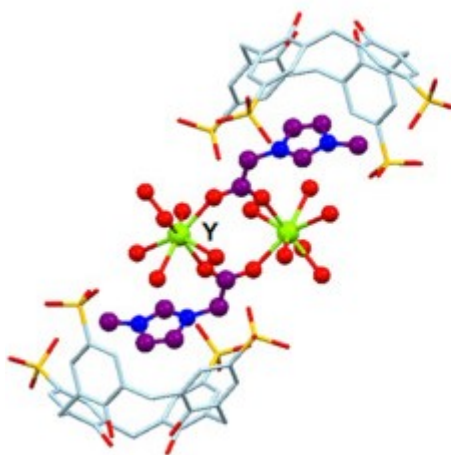
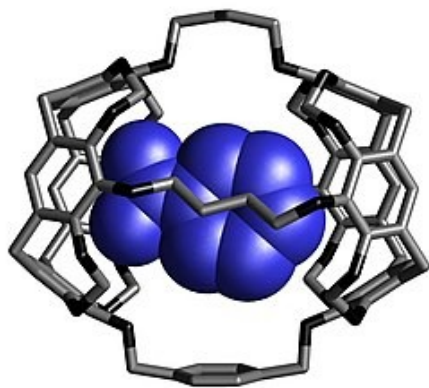
**Kristalne  
spužve**

**Fleksibilnost  
i dinamika**

# Supramolekulska kemija

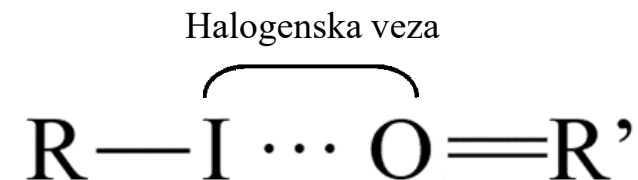
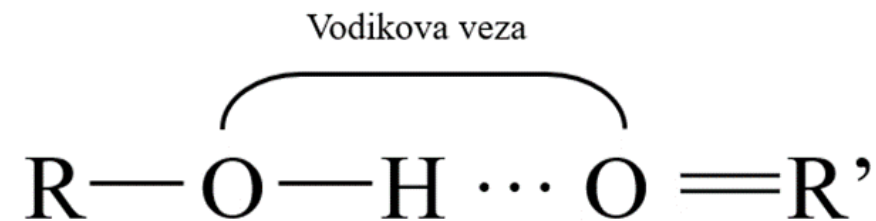
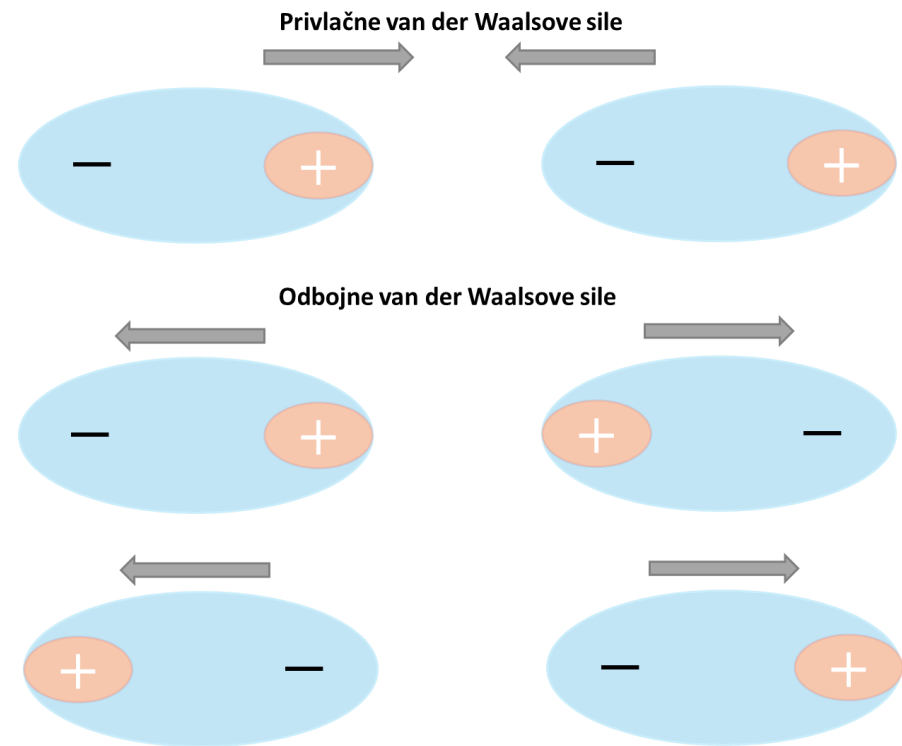
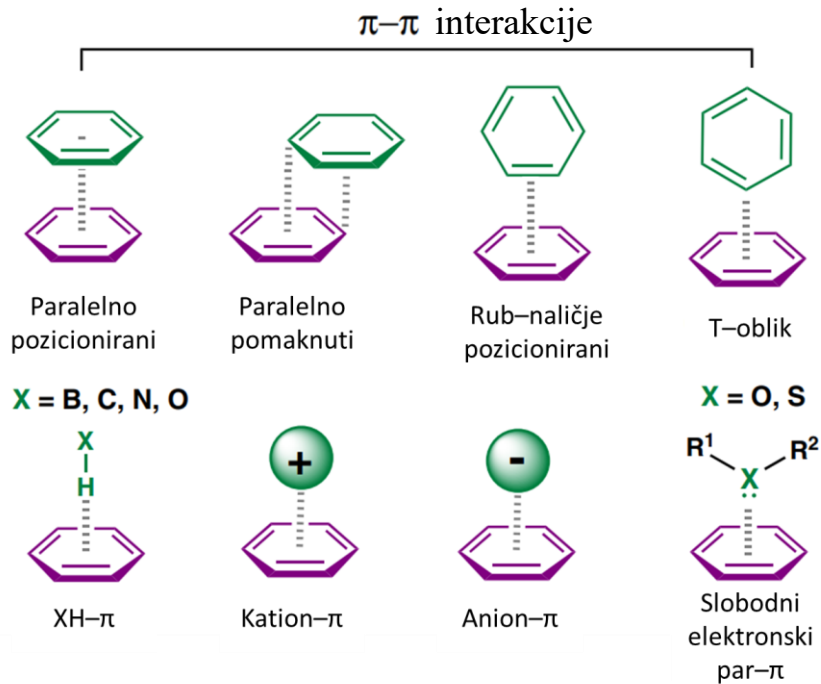
„Kemija iznad molekula”

- \* Molekularno prepoznavanje i udruživanje
- \* Membrane, vezikule, micelle, kompleksi, strukture u čvrstom stanju, domaćin–gost sustavi
- \* **Međumolekulske interakcije**



# Međumolekulske interakcije

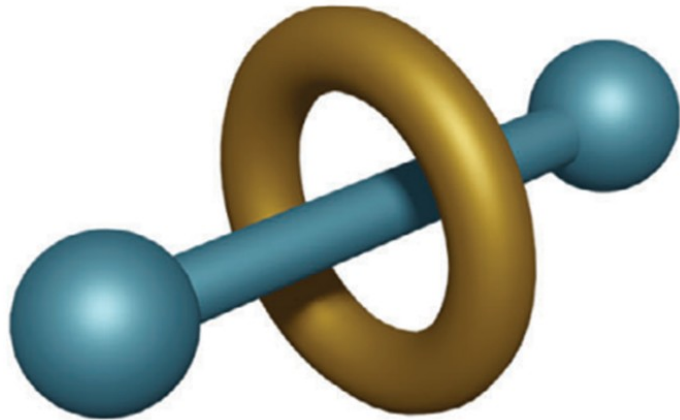
- \* U pravilu dugog dometa i slabije od kovalentnih veza
- \* Elektrostatske prirode - temelje se na razlici raspodjele naboja
- \* Između molekula ili između pojedinih dijelova iste molekule



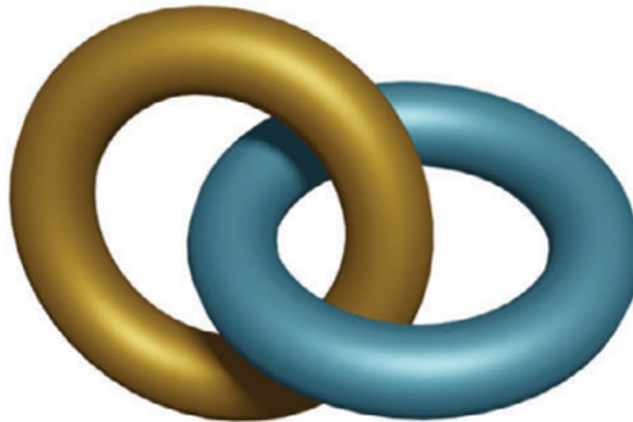
# Mehanički zakočene molekule

\* engl. *Mechanically Interlocked Molecule – MIM*

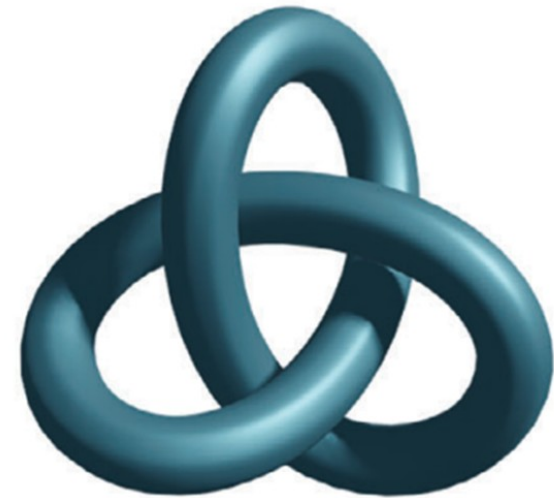
\* Sastavljeni od više molekularnih fragmenata koji su povezani kao posljedica svoje topologije



Rotaksan



Katenan



Molekularni čvor



SUPRAMOLEKULSKA KEMIJA

**METALO-ORGANSKIH MREŽA**

# Metalo-organske mreže



Susumu Kitagawa

Richard Robson

Omar M. Yaghi

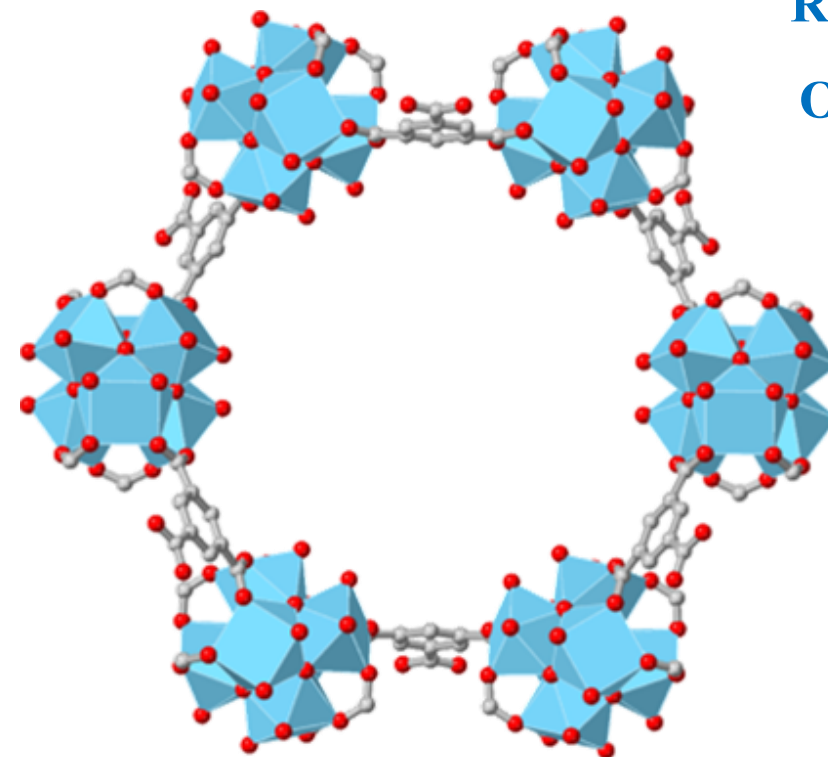
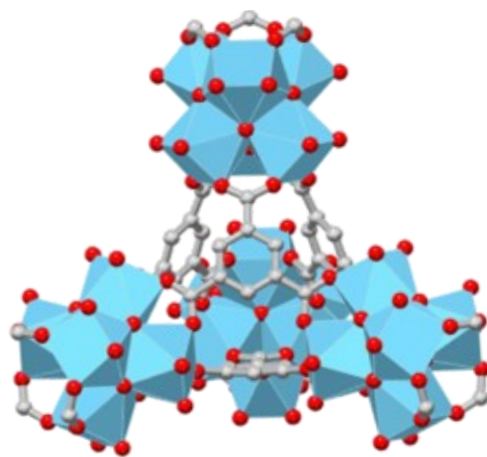
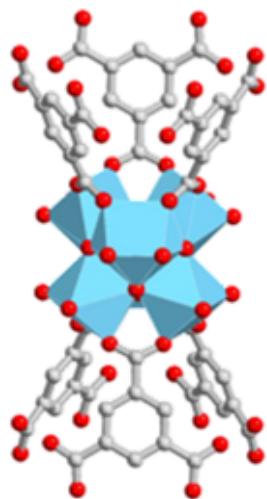
2025.

\* engl. *Metal-Organic Framework– MOF*

\* Organske spojnice + metalna čvorišta

\* Mogućnost ugađanja

\* Široki raspon primjena



I. Castillo-Velilla et al., *Nat. Commun.* **14** (2023) 2506.

H.-C. Zhou and S. Kitagawa, *Chem. Soc. Rev.* **43** (2014) 5415.

# Svojstva MOF-ova

## Poroznost

Prema veličini pora:

**mikroporozni** (promjer pore manji od 2 nm)

**mezoporozni** (promjer pore između 2 i 50 nm)

makroporozni (promjer pore veći od 50 nm)

Veliki volumen pora

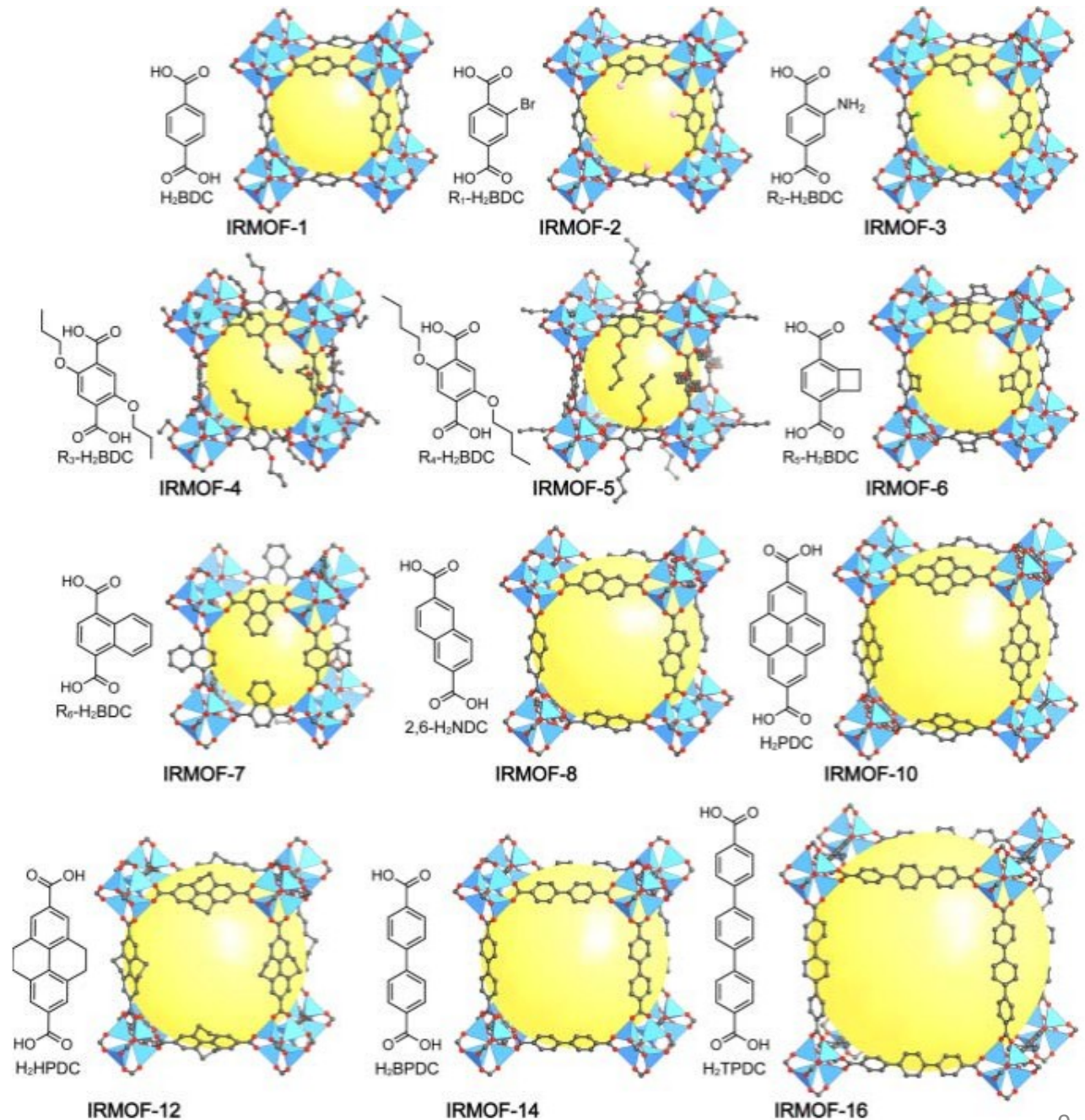
Velika specifična površina

Visoka termička stabilnost

Fleksibilnost strukture

# Izoretikularne mreže

- \* engl. *Isorecticular Metal-Organic Framework– IRMOF*
- \* Strukture jednake topologije, ali različitih organskih spojnika

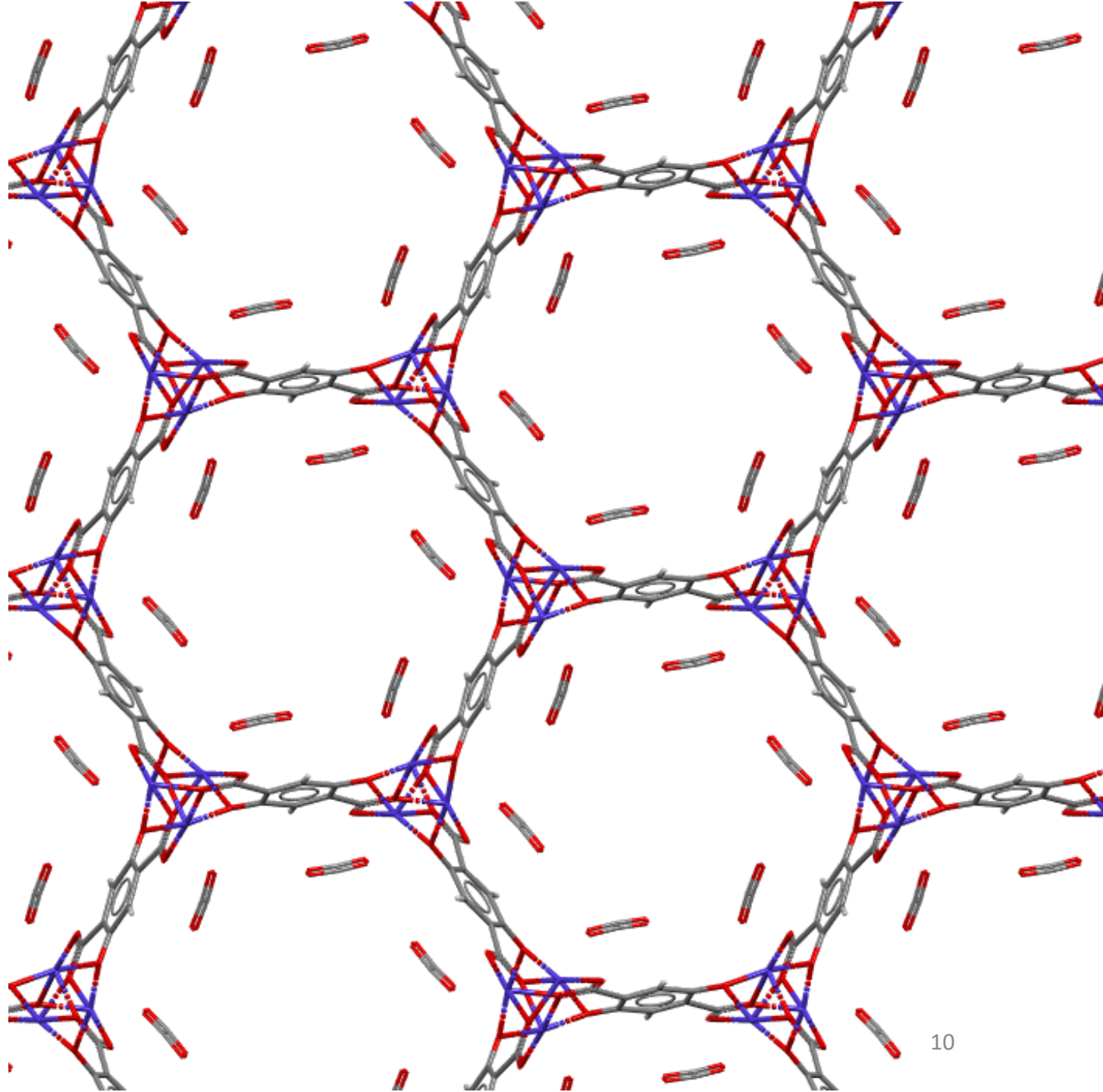


# MOF-ovi u supramolekulskoj kemiji

\* U ulozi domaćina u  
domaćin – gost sustavima

\* Adsorbenti

\* Molekulske spužve

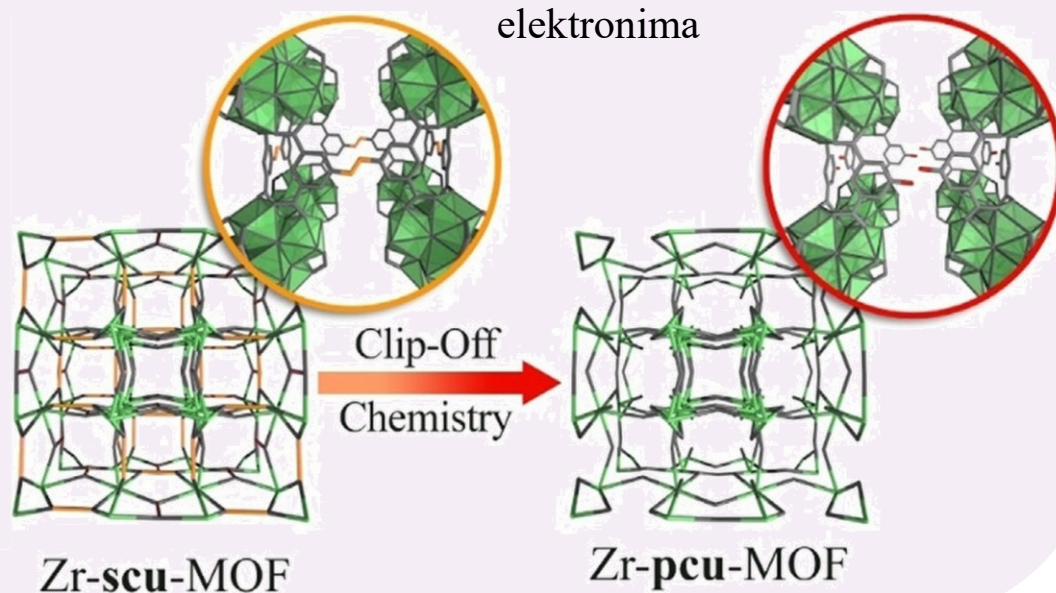


# Reaktivnost

na površini, u porama ili na reaktivnim mjestima matrice (metalni centri, organske spojnice)

## Reaktivnost MOF-a

- Selektivno cijepanje veza (engl. *Clip-off chemistry*)
  - Zr-scu-MOF – dvije mreže povezivanja
  - engl. *Single-Crystal-to-Single-Crystal*, SCSC
- Povećan afinitet i selektivnost prema gostima koji su siromašni elektronima

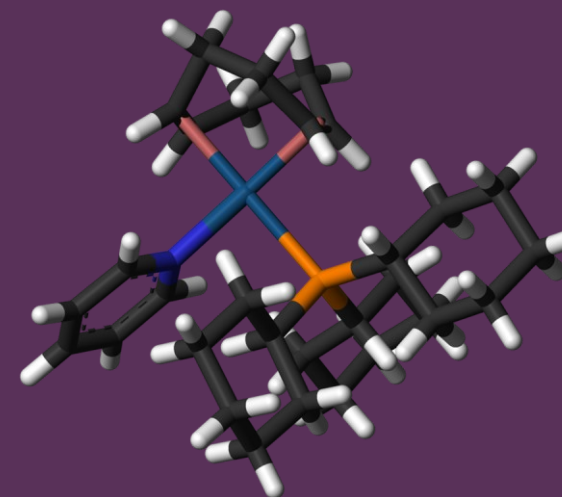


Y. Yang i sur., *Angew. Chem. Int. Ed.* **61** (2022).

## Reaktivnost gosta

- Crabtree-jev katalizator – hidrogenacija alkena
- Deaktivacija - polimetalni hibridni klasteri
- Enkapsuliran u MOF-u tipa Cr-MIL-101
- Povećana aktivnost i selektivnost, mogućnost

recikliranja

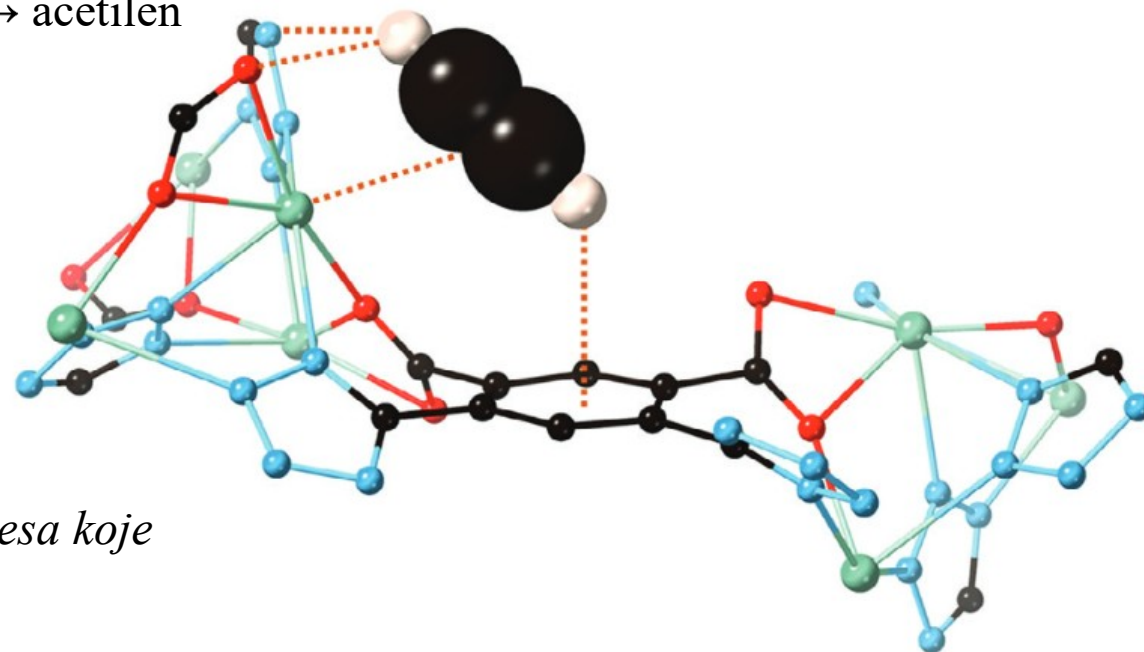


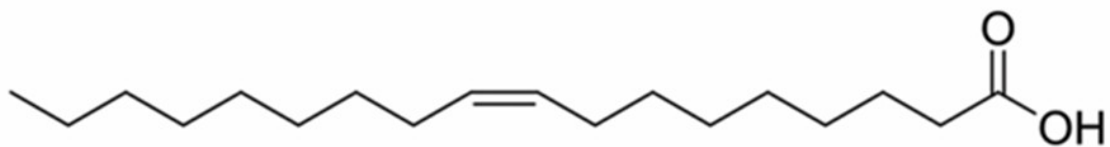
A. Grigoropoulos i sur., *Angew. Chem. Int. Ed.* **57** (2018) 4532–4537

# Adsorpcija i separacija plinova

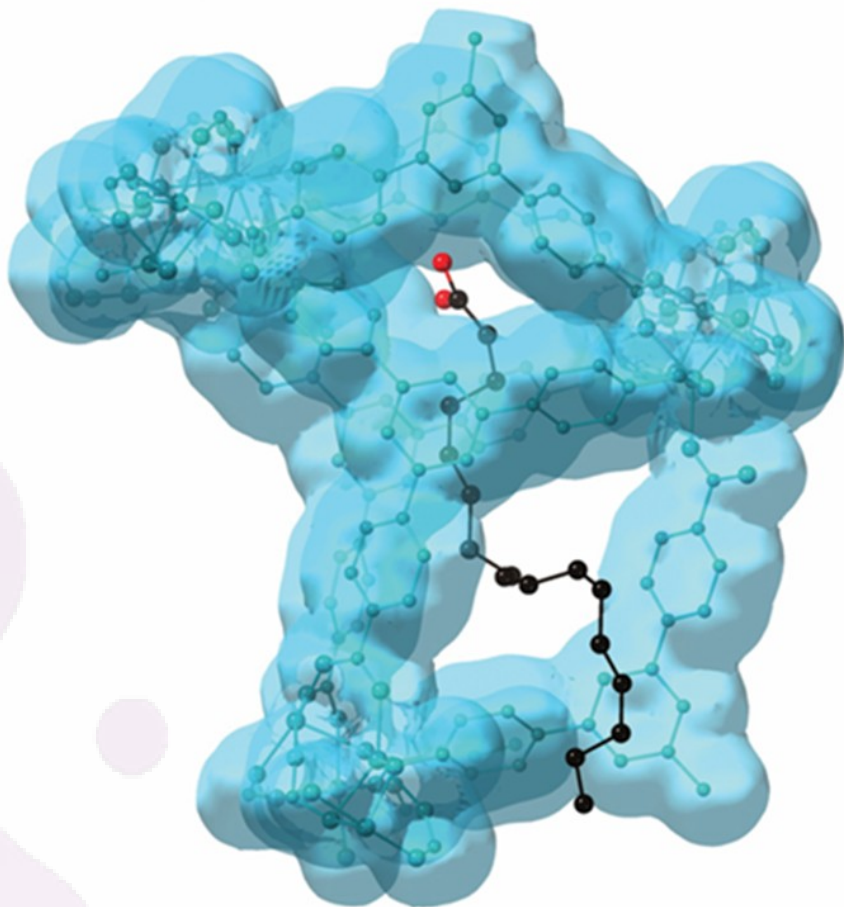
- \* Ekološki zahtjevi - otklanjanje plinova iz okoliša
- \* Adsorpcija vodika, ugljikova dioksida, metana
- \* Separacija industrijski značajnih ugljikovodika
- \* MOF (Ca<sup>2+</sup> i 4,6-di(1H-tetrazol-5-il)izoftalna kiselina) ↔ acetilen
- \* Adsorpcijski kapacitet = 64,6 cm<sup>-3</sup> g<sup>-1</sup>
- \* Kanonska Monte Carlo simulacija :
  - \* vodikove veze C–H···N i C–H···O
  - \* interakcija s π-sustavom
  - \* M···π interakcije

*MOF selektivno veže acetilen iz binarnih i ternarnih smjesa koje sadrže druge ugljikovodike i/ili ugljikov dioksid*





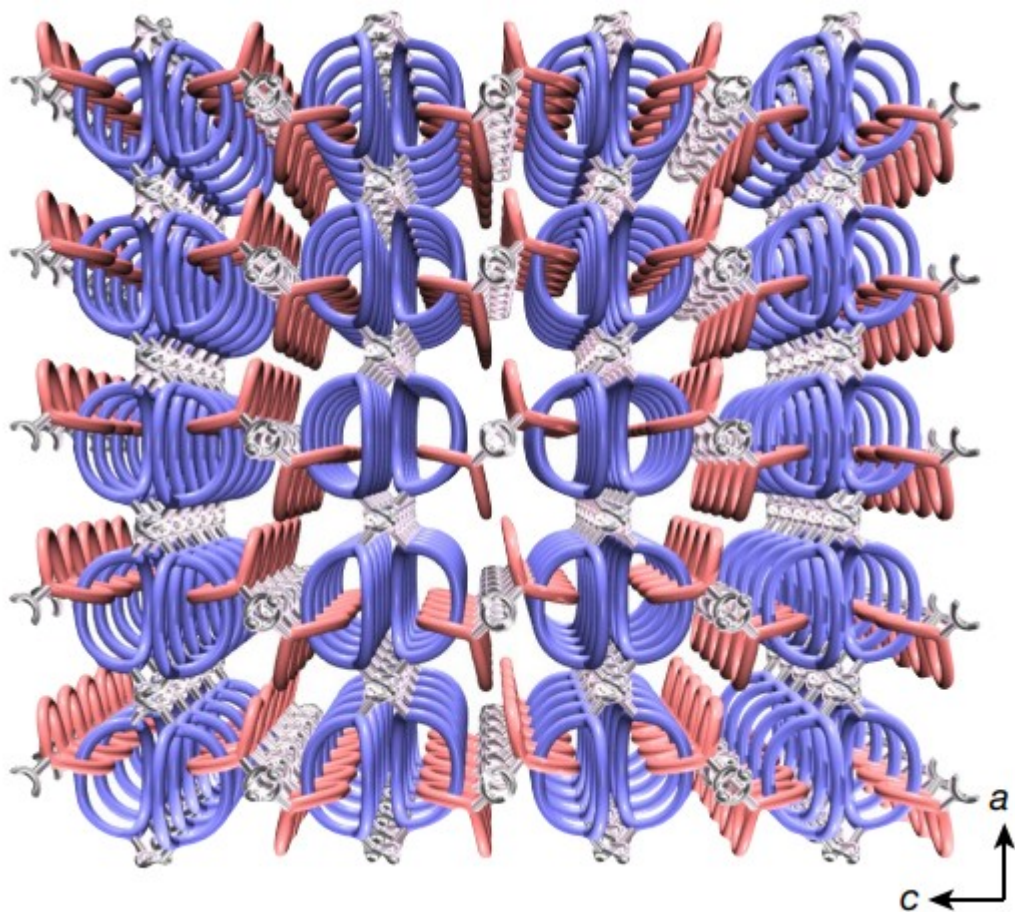
Oleinska kiselina



# Kristalne spužve

- \* Farmaceutici, pigmenti, „vječne molekule“.
- \* Metoda kristalne spužve – 2013. godine
- \* Oleinska kiselina – žućkasta uljasta tekućina
- \* BTB-MOF-24 (Fe-H<sub>3</sub>BTB (1,3,5-tris(4-karboksifenil)benzen))
- \* „sendvič“ ligand–gost–ligand sustav
- \*  $\pi$ -interakcije
- \* Separacija enantiomera

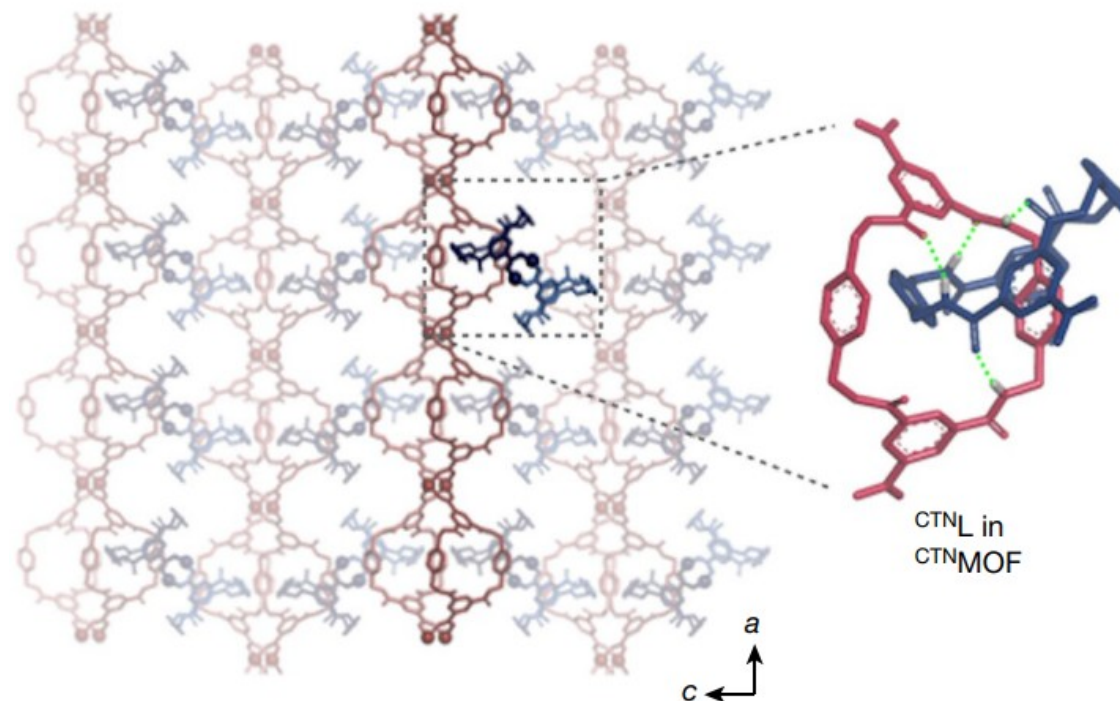
# Fleksibilnost i dinamika



\* Egzotični sustavi

\* Mehanički zakočene molekule + MOF-ovi

\* Dinamičko ponašanje



# Zaključak

## *Supramolekulski koncepti u području retikularne kemije*

- \* Razumijevanje fundamentalnih pojava
- \* Racionalno objašnjenje selektivnosti, reaktivnosti i stabilnosti
- \* Ciljani dizajn primjenjivih materijala

- \* Stabilnost MOF-ova u realnim uvjetima
- \* Skalabilna sinteza
- \* Ograničenja postojećih metoda analize u proučavanju dinamičkih sustava

*Supramolekulski koncepti nisu samo teorijski okvir, već ključni alat za razvoj naprednih funkcionalnih materijala i daljnje širenje mogućnosti retikularne kemije.*

The background features several light purple, organic, and abstract shapes scattered across a white field. These shapes vary in size and form, some resembling droplets or soft-edged blobs. The text is centered horizontally and vertically within the frame.

**HVALA VAM NA  
POZORNOSTI!**