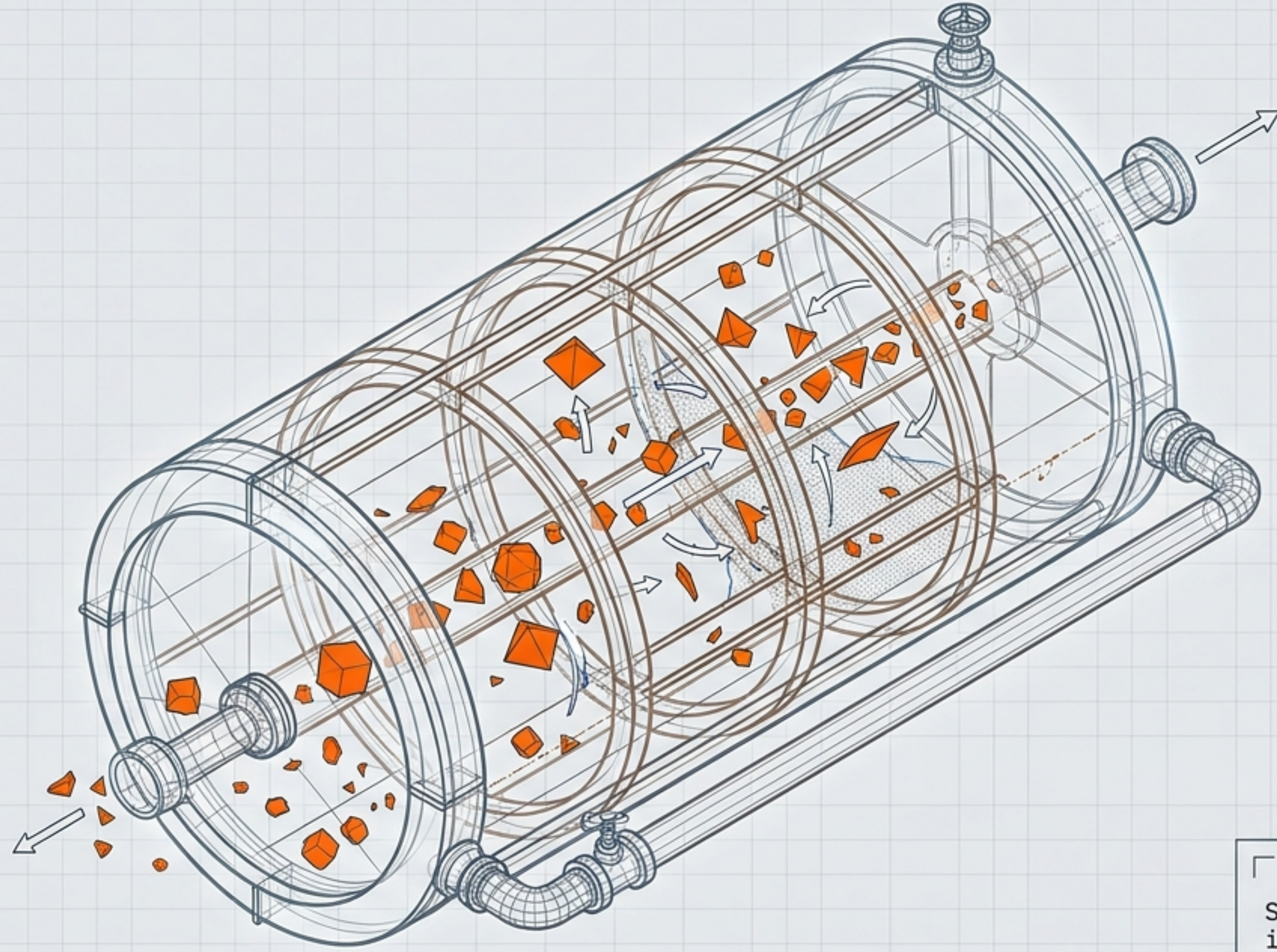


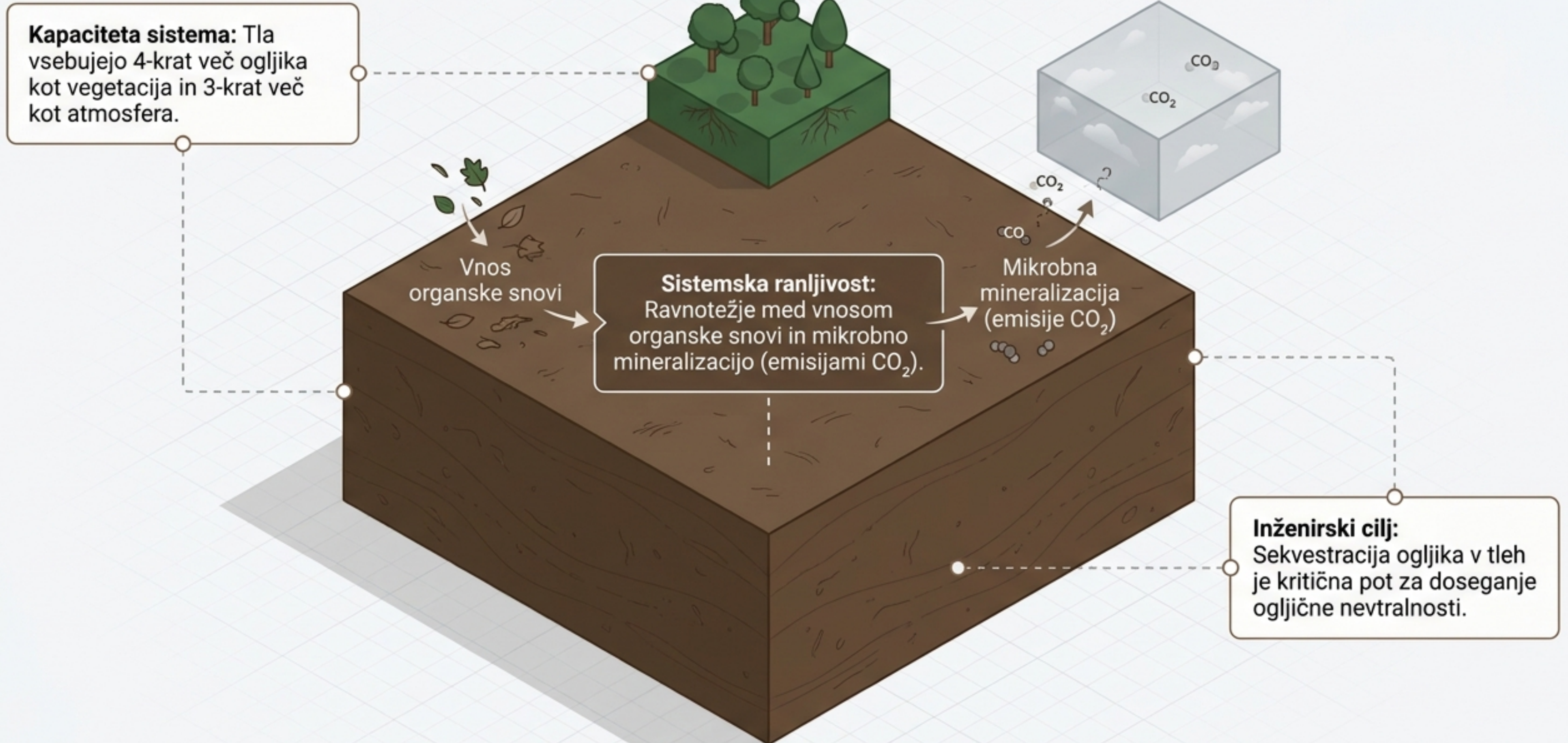
Title: "Tla kot biogeokemični reaktor"

Subtitle: "Sistemski vplivi mikroplastike na dinamiko in sekvestracijo talnega ogljika"




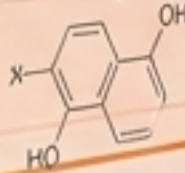
Sinteza procesov
in masnih bilanc

Izhodiščno stanje: Največji aktivni rezervoar ogljika

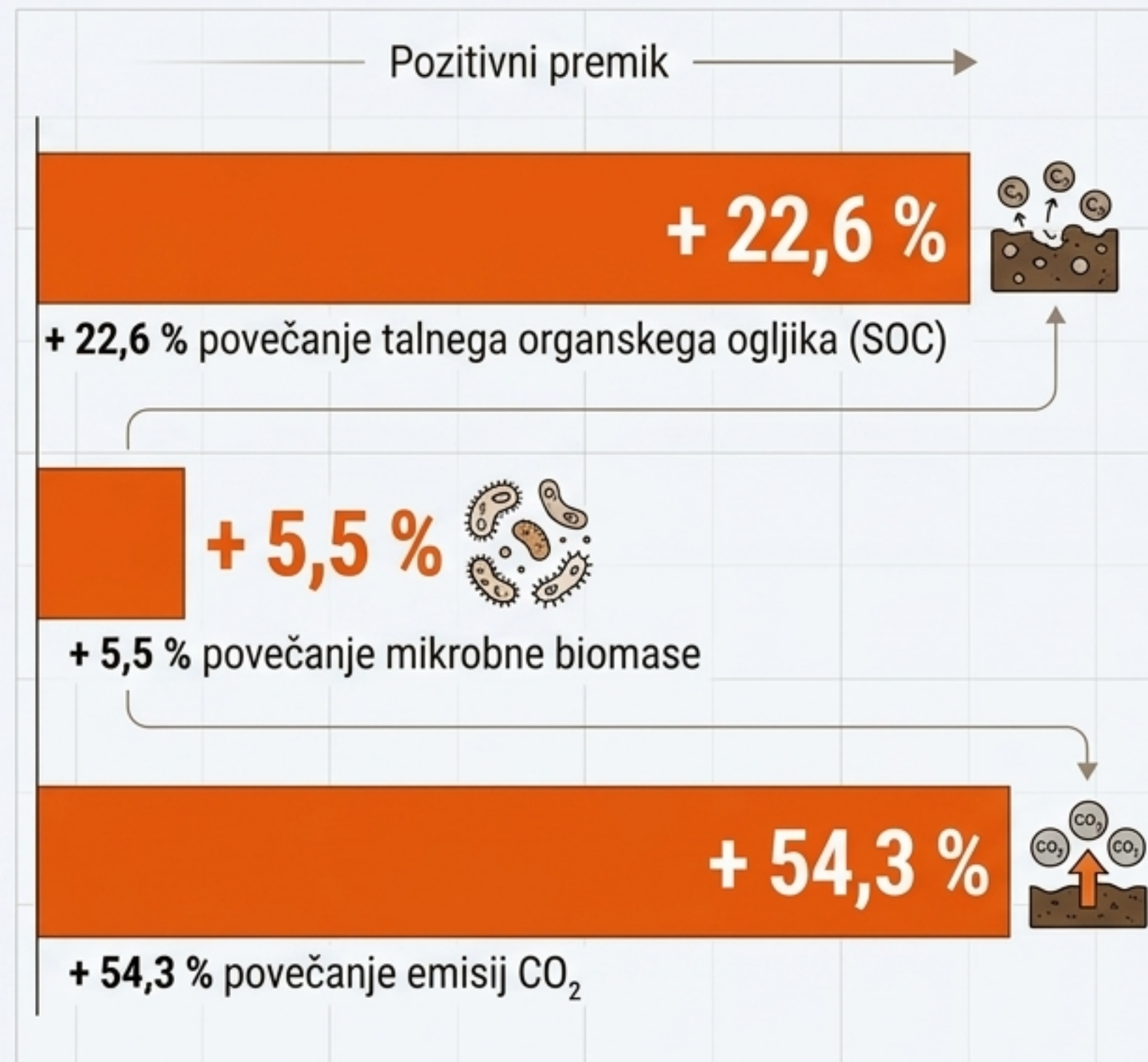


Vnos motnje: Antropogeni pulz ogljika

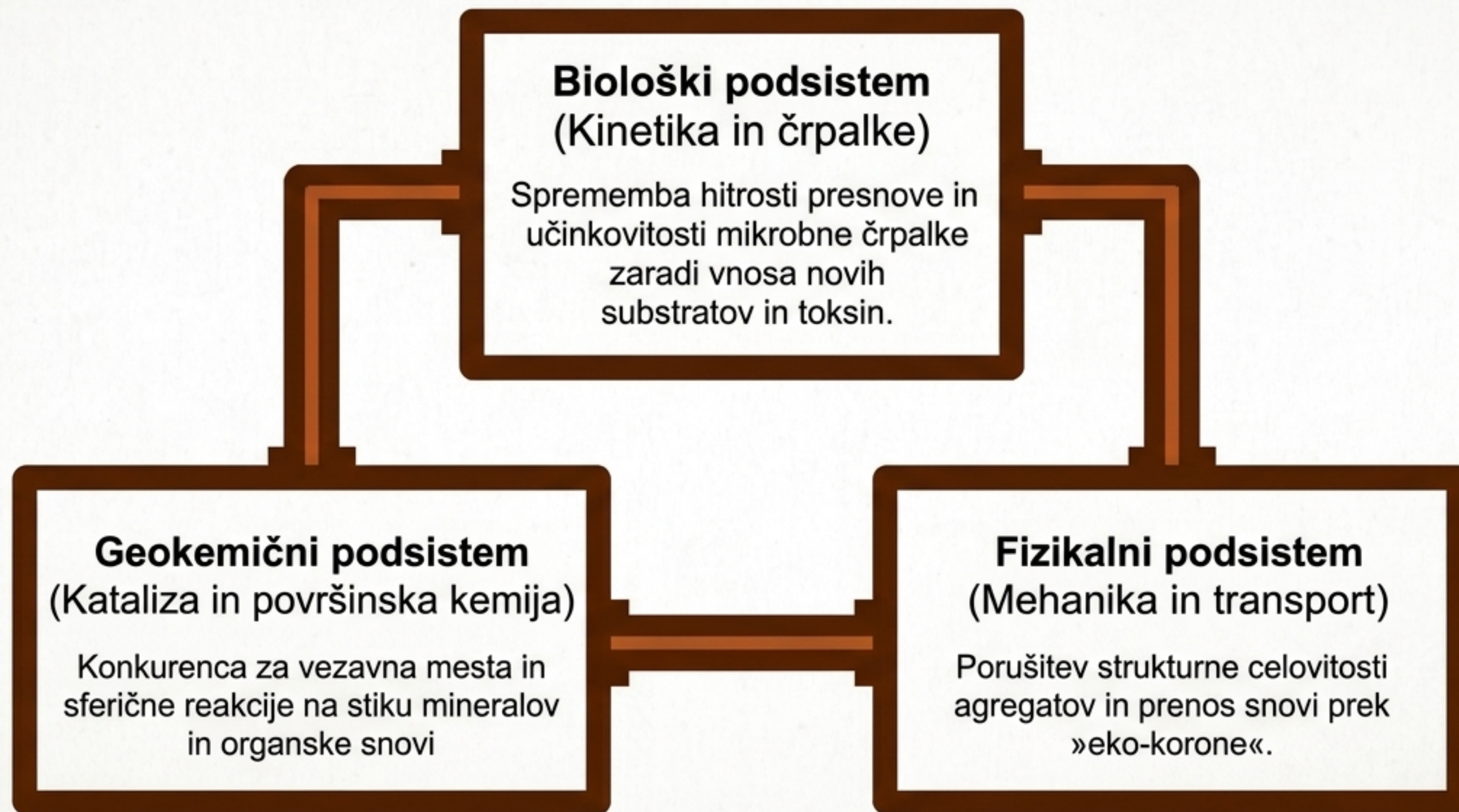
FIZIČNI VNOS (Masni delež >80 % C): 
12.560 delcev/kg v kmetijskih tleh
67.500 mg/kg v industrijskih območjih.

RAZTOPLJENI TOK (MP-DOM): 
0,16–120 milijonov ton
raztopljenega organskega ogljika na
globalni ravni. 

Odziv sistema (Eksperimentalni podatki):

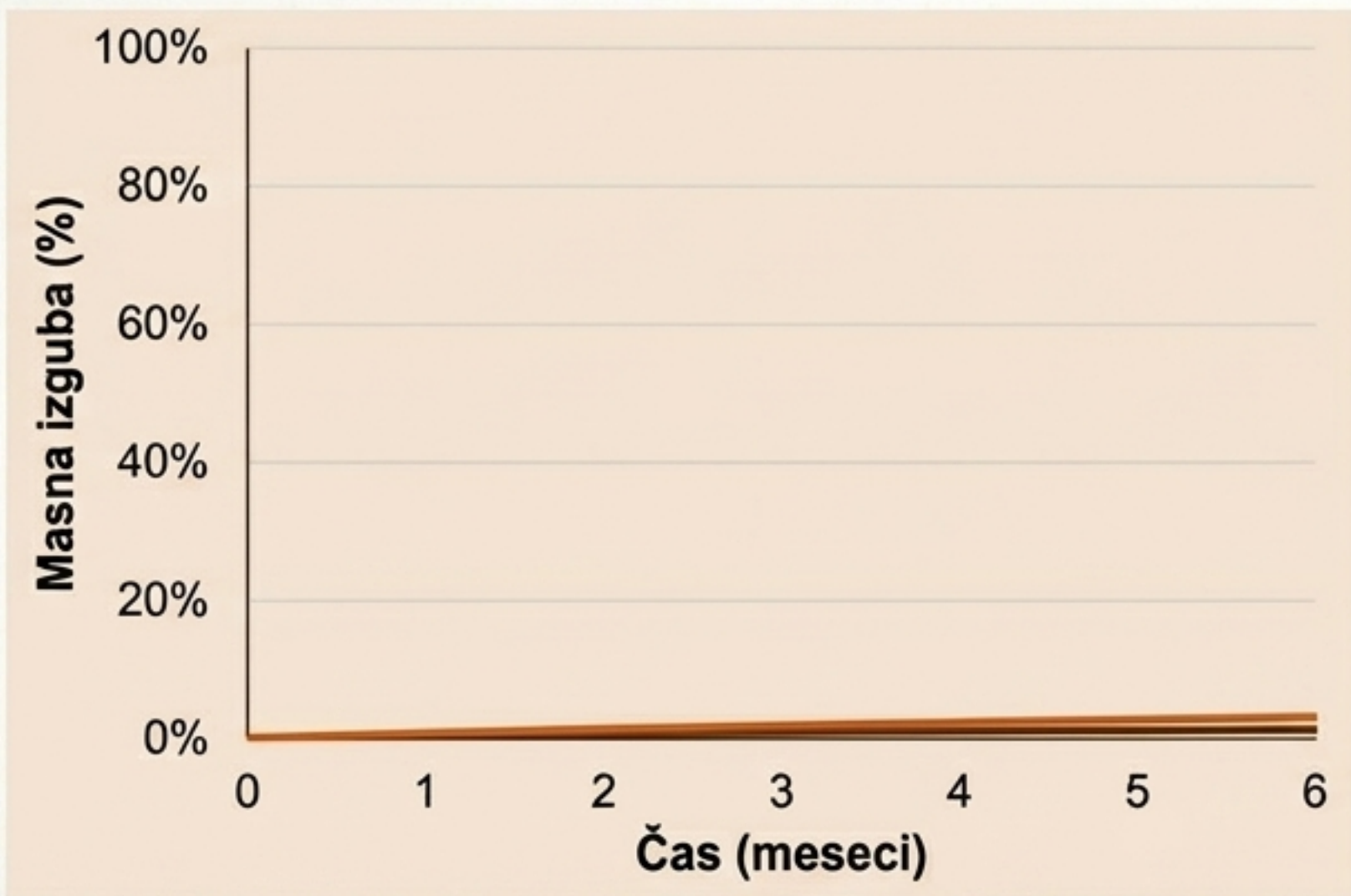


Sistemska arhitektura motenj



Dinamika vira in sproščanje DOM

Macro-Kinetics



Stopnja razgradnje (Terenski pogoji):

Celo »biorazgradljivi« polimeri (PLA, PBAT) imajo minimalno razgradnjo – le 0,8 % do 1,1 % v šestih mesecih.

Micro-Mechanics



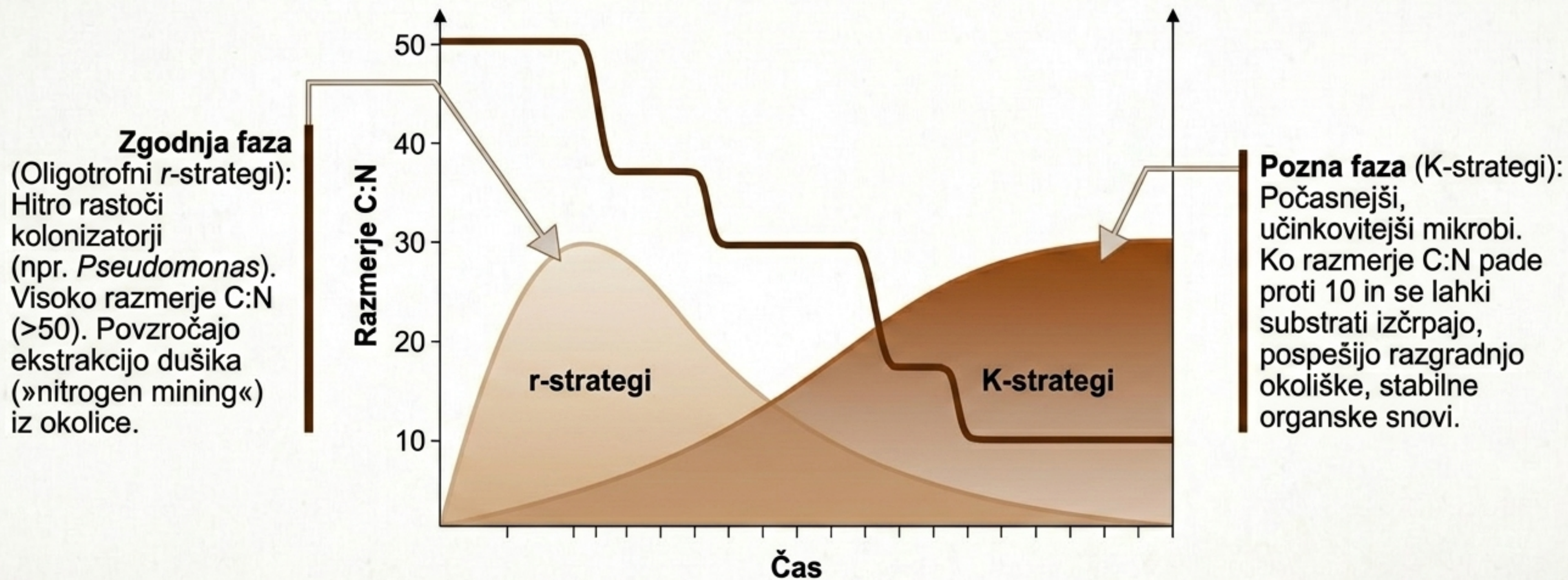
Mehanizmi preperevanja (Brez foto-staranja):

Mehanska abrazija, reaktivne kisikove vrste (ROS) in zunajcelični encimi (predvsem v rizosferi).

Sprememba kakovosti substrata:

Sproščena raztopljena organska snov (DOM) izkazuje večjo aromatičnost (več fulvičnih spojin, manj beljakovin/fenolov), kar spreminja naravno stehiometrijo tal.

Biološki odziv I: Kinetika »Priming« učinka

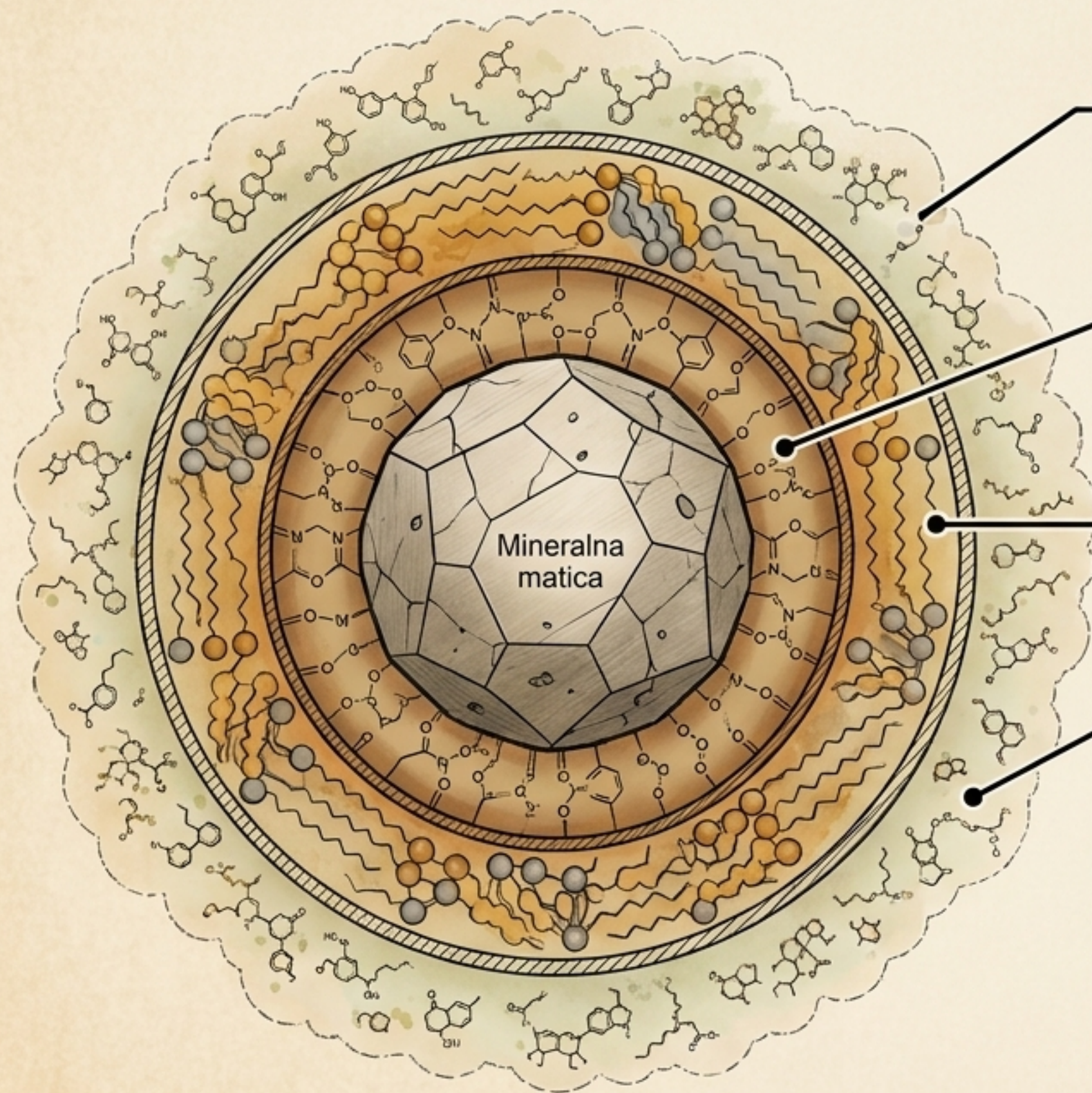


Rezultat: MP-derivirani ogljik deluje kot katalizator, ki pospeši mineralizacijo avtohtonega talnega ogljika.

Biološki odziv II: Termodinamika mikrobne črpalke



Geokemični vmesnik I: Model »Čebulne lupine« (MAOC)



Z minerali povezan organski ogljik (MAOC):
Primarni mehanizem za dolgoročno hrambo.

1. Kontaktna cona: Ligandska izmenjava ali kationsko premoščanje s polarnimi funkcionalnimi skupinami.

2. Cona hidrofobnih interakcij: Vezava organskih amfifilov.

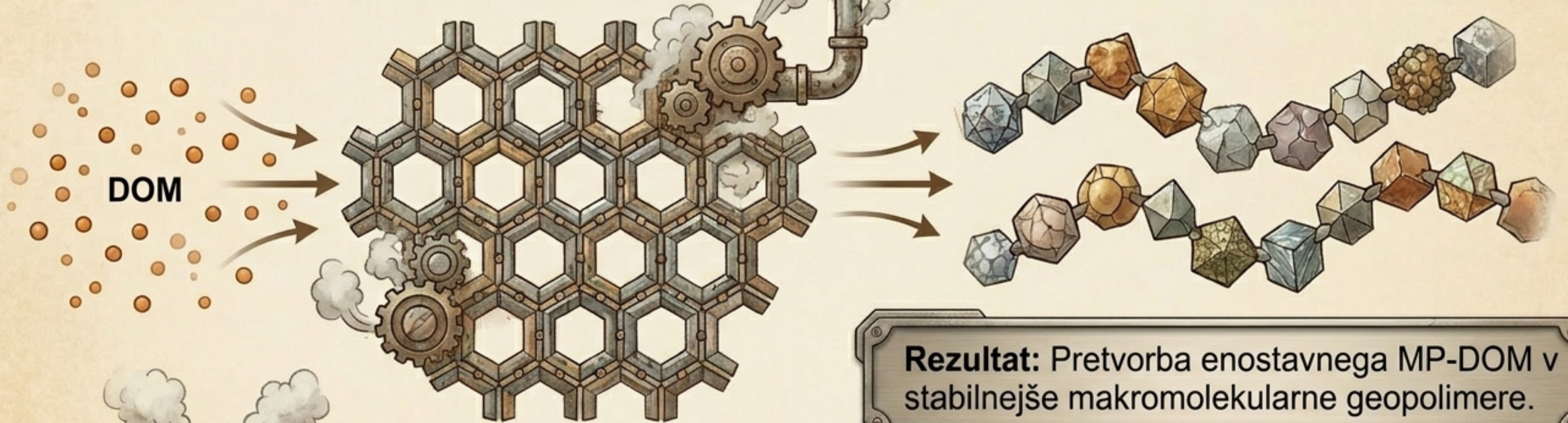
3. Kinetična cona: Pomožna sorpcija organskih molekul na zunanosti.

Kompetitivna adsorpcija: DOM iz polistirena ima 47,1 % večjo afiniteto do mineralov (getit) kot polietilen zaradi bogatejše aromatske strukture.

Geokemični vmesnik II: Kataliza in geopolimerizacija

Anorganski katalizatorji: Minerali gline (montmorilonit, ilit, kaolinit) in kovinski (oksi)hidroksidi.

Reakcijske poti: Nukleofilne adicije, radikalske reakcije in Maillardove reakcije (katalizirane z Fe/Mn).



Dvojni učinek: Polimerizacija lahko hkrati pospeši disimilatorno redukcijo železa s strani mikrobov, kar lahko skrajša povprečni čas zadrževanja MAOC za 51,4–74,1 %.

Fizikalni transport: Dinamika »Eko-korone«

Sinteza Eko-korone: Mikroplastika deluje kot nosilec za raztopljeno organsko snov (huminske in fulvične kisline).

Termodinamika vezave: Elektrostatični privlak, π - π interakcije in van der Waalsove sile (povečano pri $\text{pH} < 6$ ali ob prisotnosti Ca^{2+}).



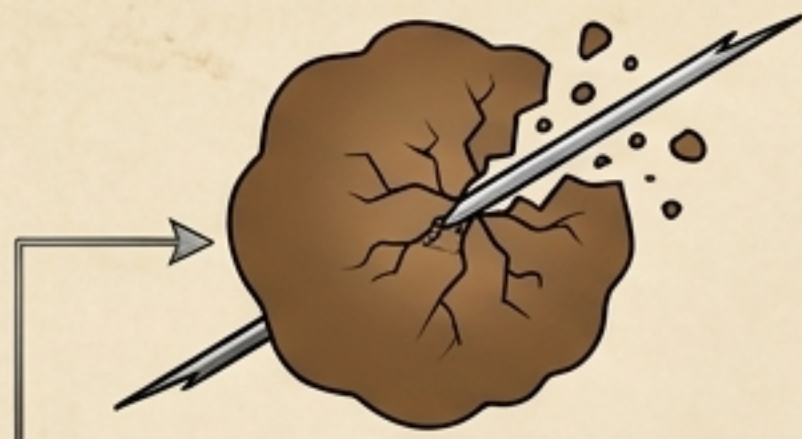
Sistemski transport: Dolga življenjska doba omogoča vertikalno migracijo kompleksa (plastika + adsorbiran ogljik) do globin več kot 1 meter, kar vpliva na distribucijo globokih rezervoarjev ogljika.

Strukturna mehanika: Porušitev talnih agregatov

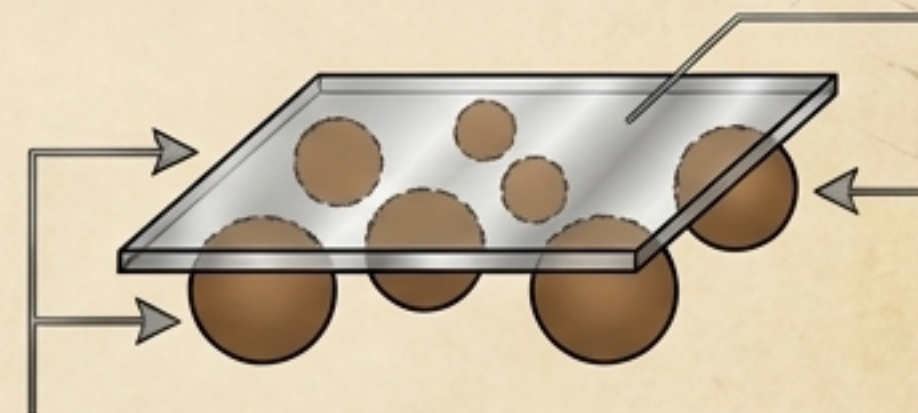
Vlakna (Fibres)

Filmi in Fragmenti (Films/Fragments)

Mehanika



Vnašajo »točke preloma« (fracture points) v makroagregate.



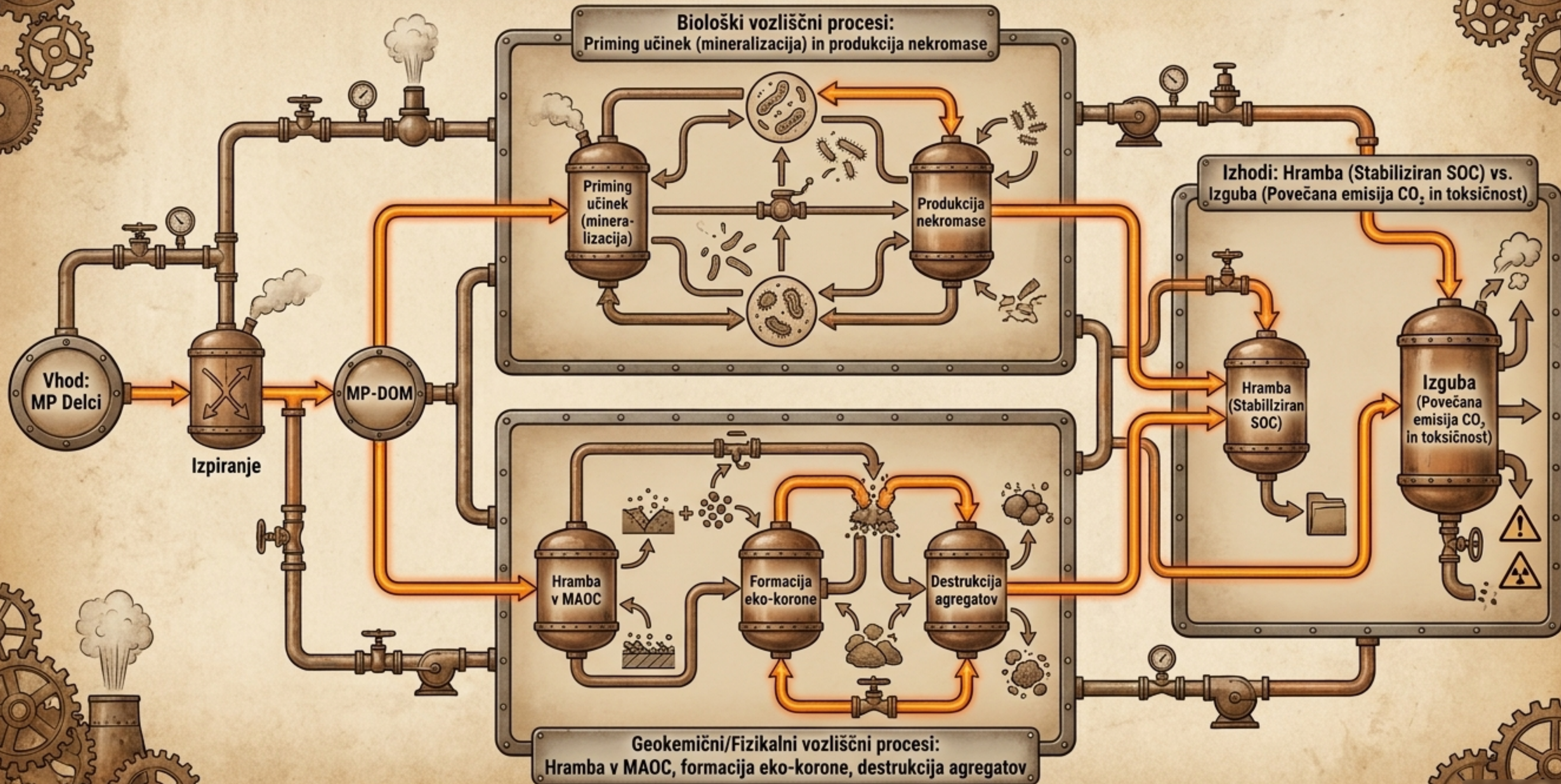
Povzročajo prostorsko segregacijo mikroagregatov (<math><250 \mu\text{m}</math>).

Posledica za SOC

Razpad zaščitne strukture, kar zmanjša fizično zaščito in hrambo organskega ogljika.

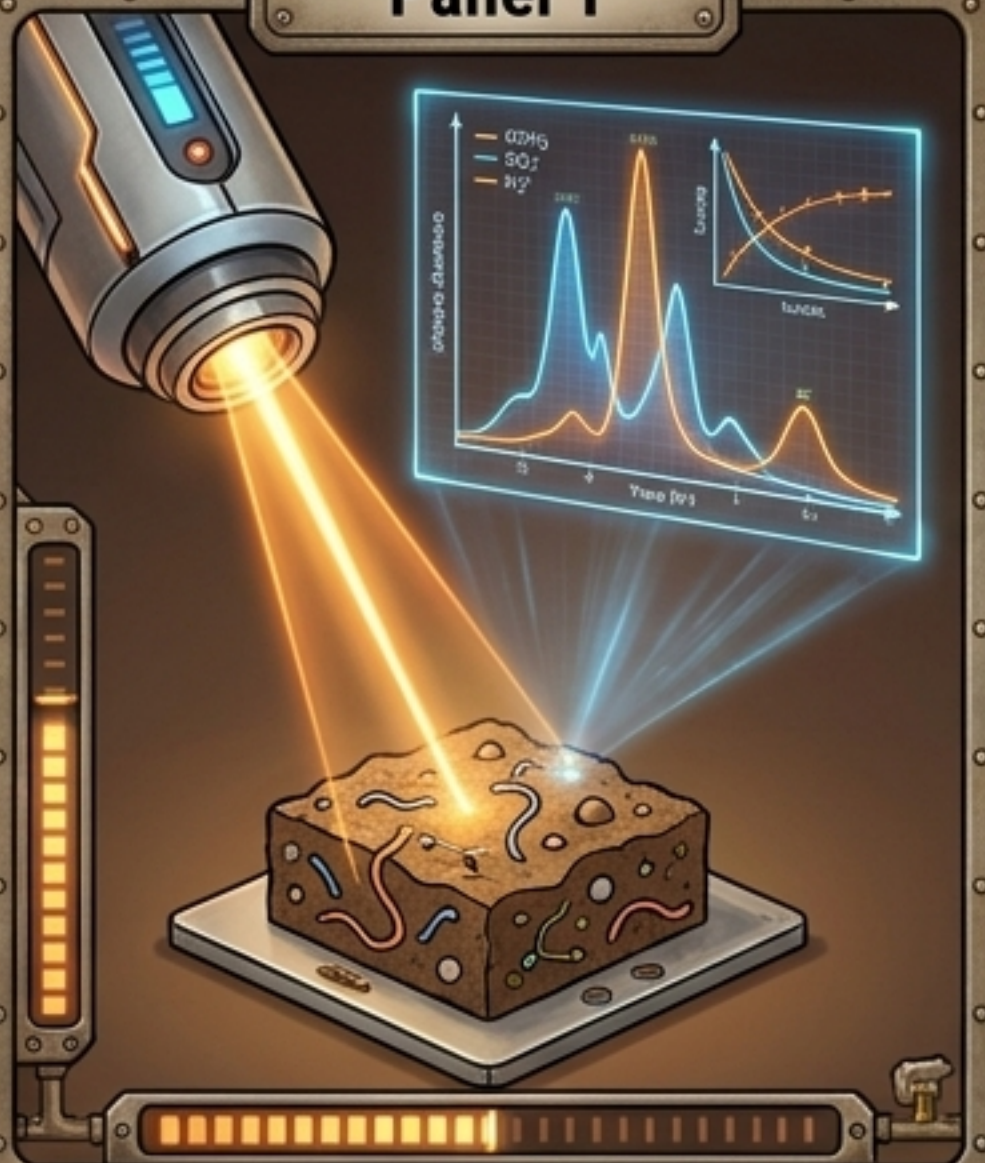
Preprečujejo združevanje v makroagregate, kar destabilizira dolgoročne zaloge stabilnega SOC.

Sinteza motnje: Nova masna bilanca reaktorja



Metodologija prihodnosti: Analitski inženiring

Panel 1



Sledenje stabilnim izotopom
Kvantifikacija prometa polimernega ogljika znotraj različnih SOC bazenov. Zaznavanje natančne kinetike mikrobne razgradnje.

Panel 2



Mikroskopija na atomsko silo (AFM)
Površinska karakterizacija in merjenje mehanskih lastnosti na vmesniku (eko-korona in MAOC kompleksi).

Panel 3



Sipanje nevtronov
Analiza notranje strukturne geometrije agregatov in molekularnih polimernih kompozitov brez uničenja vzorca.

Ključne sistemske ugotovitve

1



1. Dvojna narava vnosa: Mikroplastika ni inertna snov, temveč aktivno spreminja masno bilanco reaktorja tako z dodajanjem težko razgradljivega ogljika kot s sproščanjem hitro reaktivnega DOM.

2



2. Povezanost podsistemov: Biološki (pospešena mineralizacija), geokemični (kompetitivna adsorpcija) in fizikalni (porušitev agregatov) agregatov) mehanizmi delujejo sinergistično in destabilizirajo avtohtone zaloge ogljika.

3



3. Globalni inženirski izziv: Nujnost makroskopskega modeliranja teh procesov za natančno oceno globalnega ogljičnega cikla pod trenutnimi in prihodnjimi scenariji plastičnega onesnaženja.