

Улога инундација у смањењу ризика од поплава

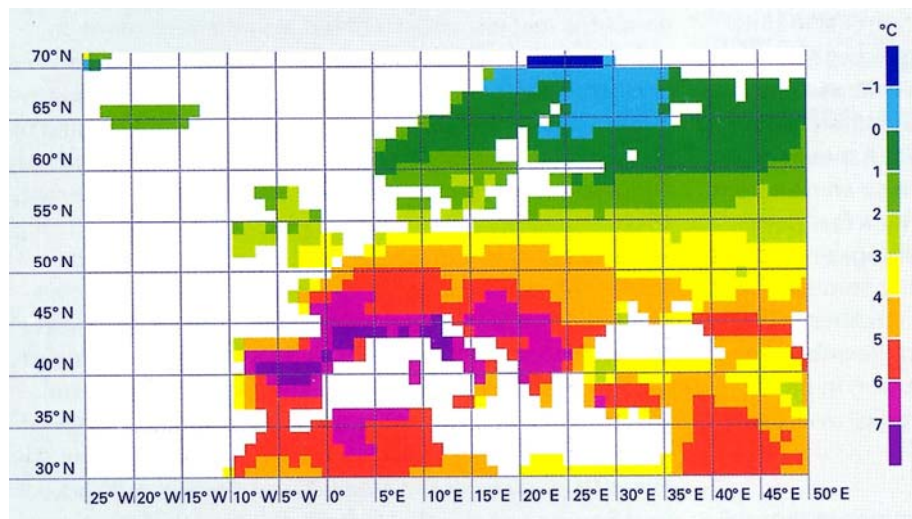
Тема је актуелна због:

- Климатских промена
- Промене намене површина
- Социјално-економских разлога

Климатске промене

- Обим и брзина климатских промена ће превазићи природне климатске варијације у претходном миленијуму (Европска агенција за животну средину ЕЕА, 2004)
- Климатским променама значајно доприносе људске активности – сагоревање фосилних горива (емисија гасова стаклене баште)
- Због тенденције глобалног повећања средње годишње температуре уведен је термин “Глобално загревање” (“Global warming”)

Један сценарио повећања средње годишње температуре у наредних 100 година



Последице климатских промена:

- Промена распореда падвина – средње годишње падавине у северној и централној Европи се повећавају, а у југоисточној Европи, смањују.
- Фреквенција интензивних падавина расте, нарочито зими, што повећава очекиваност поплава.
- Због глобалног загревања, очекују се зимске падавине претежно у облику кише, а не снега, чиме се поспешује директни отицај и повећава ризик од поплава (IPCC, 2001).
- Свугде се очекује већа разлика између зимских и летњих протока

Промена намене површина

- Урбанизација
(Угроженост 100-год. поплавом: Јапан 50% становништва,
Бангладеш 70% територије)
- Сеча шума
- Одводњавање пољопривредног земљишта
- Искључење и/или промена инундација
(Регулација река – просецање, изградња насипа,
претварање инундација у пољопривредно или
градско земљиште)



Социјално-економски узроци

- Погрешне урбанистичко-планерске одлуке
- Недовољно санкционисање градње у плавним подручјима
- Ширење постојећих и формирање нових урбаних центара
- Усмерење инвестиција ка урбаним центрима

(Приобаље је атрактивно због равног терена, близине воде, доступности грађевинског материјала, погодности саобраћаја итд.)

Разлози за рестаурацију (обнову плављења) инундација

У регулацији река се традиционално примењује “техницистички” приступ по коме се, изградњом насипа, плављење инундација потпуно искључује да би се увећао фонд пољопривредног и/или грађевинског земљишта

Савремени приступ узима у обзир и еколошку улогу инундација која захтева цикличност плављења. Овде ће бити фокус на еколошким разлозима рестаурације инундација !!!!

Зашто су важне инундације?

- Природни механизам смањења врхова таласа на низводном подручју
- Природни механизми побољшања квалитета воде
- Очување хабитата (нарочито ретких врста)
- Динамички систем који се природно адаптира на климатске промене
- Природни ресурси (риба, дрво и др.)
- Резервати за развој рекреације и туризма

Инундације као екосистеми

Влажна (“хидрична”) тла имају јединствен распоред аеробних и анаеробних зона који утиче на трансформацију нутријената и тешких метала, што није својствено другим екосистемима.

Комбинација физичких, биолошких и хемијских процеса у инундацијама може да створи, покрене, трансформише и неутралише велики број хемијских елемената и једињења. Хемијски процеси у води и тлу су оксидација и редукција (или “оксидо-редукциони” процеси). Свака инундација има свој оксидо-редукциони капацитет.

“Нутријенти” – хранљиве материје неопходне за раст биљака:

N – азот

P – фосфор

C – угљеник

Елементи у траговима

(тешки метали: Pb – олово, Cd – кадмијум, Hg – жива)

Појам “органског тла”

- Угљеник С је хемијска основа целог живог света (18% у људском телу)
- С је у инундацијама садржан у органском материјалу (живи/угинули организми)
- Органски материјал има својство распадања – труљења.
- Органски материјал који је иструнуо до степена непрепознатљивости зове се “земљишни органски материјал” или “**органско тло**” – коначно: **хумус**
- Хумус задржава воду и нутријенте дајући услове биљкама за раст
- Хумус омогућава бактеријама да убрзају разградњу нутријената у тлу

Природни процеси у инундацијама

“Седиментолошки процеси” – физички процеси ерозије, преноса и таложења седимената (речног наноса и других чврстих материја)

“Биогеохемијски процеси” (БГХ) – процеси трансформације хемијских материја из једног облика у други. Имају кључну улогу у регулисању нутријената (хранљивих материја) и тешких метала.

Упознавање и анализа природних процеса има за циљ спречавање загађења воде и деградације воденог екосистема услед претеране концентрације нутријената и тешких метала.

Инундације су природни регулатор квалитета вода и тла!!

Продукција и таложење наноса (седиментолошки процеси)

- Извор наноса: ерозија тла (утиче намена површина у сливу)
- Измерене количине суспендованог наноса исталоженог у инундацијама:
Амазон 46-64%, Мисисипи 22-36%, Рајна 19%.
- Таложење настаје услед смањене брзине течења у инундацијама; повољно утиче на квалитет воде, јер се задржавају нутријенти и тешки метали везани за честице наноса (нарочито значајно везивање фосфора Р у виду фосфорних соли - фосфата).
- Ако је таложење нутријената и загађивача претерано и ако дође до њиховог поновног ослобађања, може се јавити проблем квалитета воде; зато може бити актуелно превентивно уклањање наслага наноса са инундација - “циклично подмлађивање инундација”.

Од чега зависе БГХ процеси, или БГХ трансформације?

■ Хидролошких услова:

- При плављењу, дифузија кисеника кроз тло се смањује, а микроорганизми троше кисеоник: слабо одвијање БГХ процеса.
- По повлачењу воде, потрошња кисеоника се успорава, од неколико часова до неколико дана, што даје могућност за одвијање БГХ трансформација.

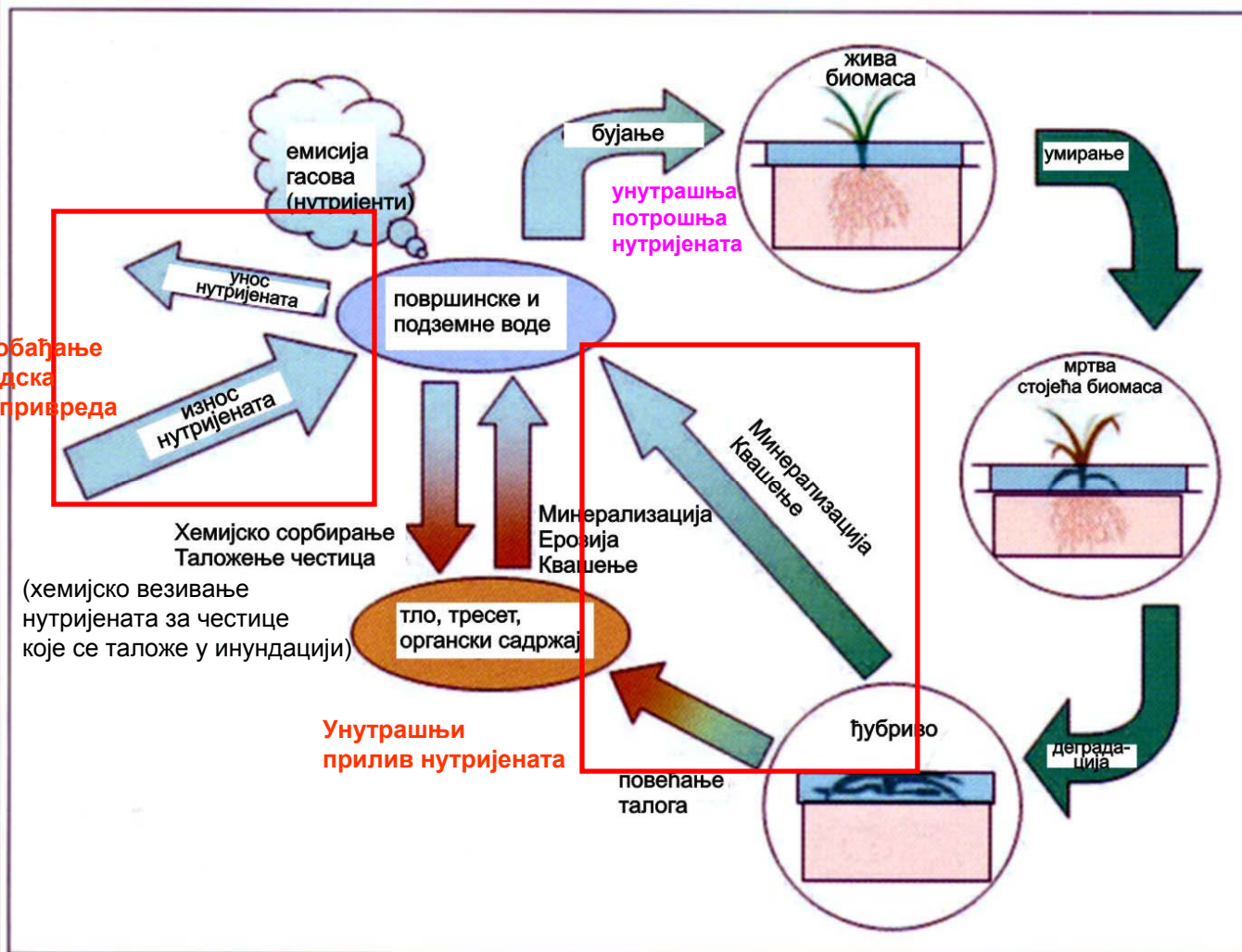
■ Врсте тла:

- Добро дренирана тла су **аеробична**: садрже пуно кисеоника, вода брзо пролази, мало простора и времена за БГХ трансформације.
- Лоше дренирана тла су **анаеробична**: садрже мало кисеоника, велики органски садржај, дуготрајно задржавање воде, интензивне БГХ трансформације.

Одбрана од поплава

Биогеохемијски (БГХ) циклус

(Kadlec & Knight, 1996)



БГХ процеси (1)

БГХ процеси азота N

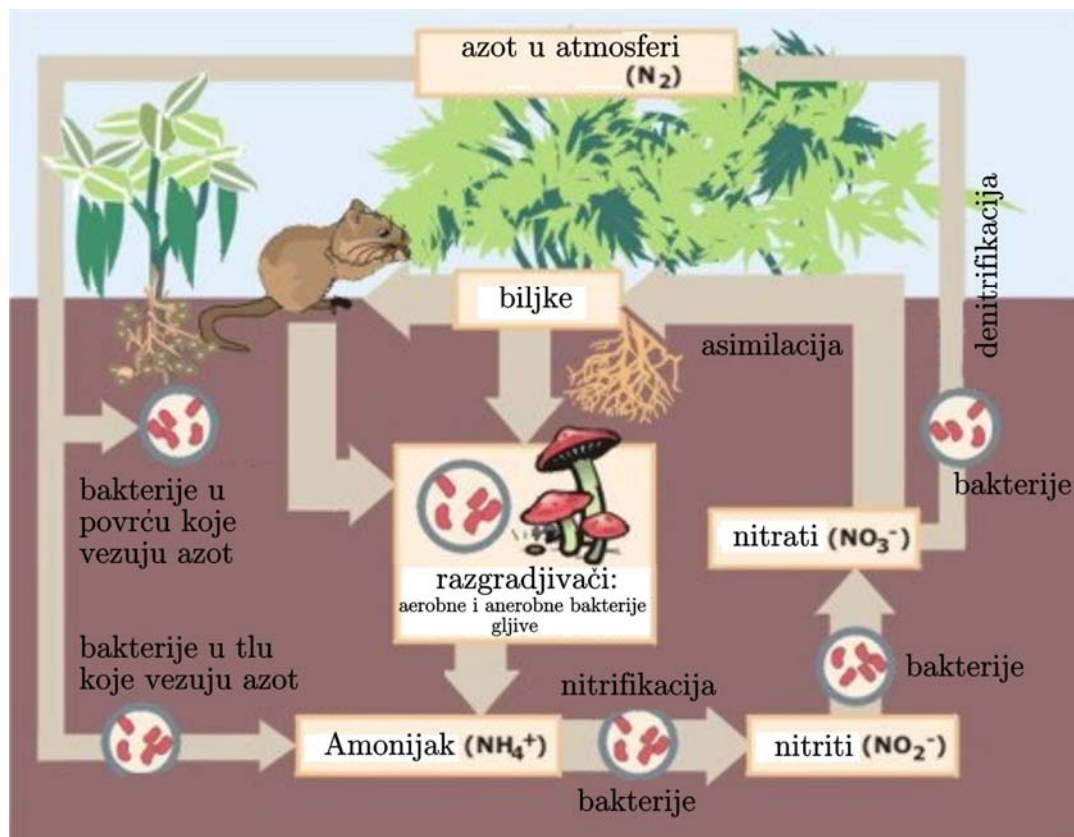
- минерализација
- адсорпција
- потрошња (раст) биљака
- нитрификација
- денитрификација
- везивање
- емисија гасова

Азотне соли:

- нитрати NO_3
- нитрити NO_2

Отровна азотна једињења:

- амонијак NH_3
- амонијум јона NH_4^+



БГХ процеси (2)

БГХ процеси фосфора Р

- везивање за органиски материјал и неорганске седименте кроз:
 - адсорпцију
 - потрошњу (раст) биљака
 - таложење у *аеробним* условима
- везани, исталожени Р се може поново ослободити у *анаеробним* условима (када недостаје кисеоник)
- нема емисије гасова

Фосфорне соли: фосфати

БГХ процеси (3)

БГХ процеси угљеника С

- биодеградација у *анаеробним* условима
- ферментација (врење) и продукција метана
- стварање “органиског тла” - тресета
- угљеник је подлога за раст бактерија
које су неопходне за трансформацију једних елемената у друге

БГХ процеси елемената у траговима

- „микро нутријенти” неопходни за опстанак флоре и фауне
- акумулисањем могу достићи токсичне концентрације
- најштетнији су “тешки метали”: Pb, Cd, Hg
(извор: вештачка ђубрива, индустријски отпад)
- процеси: адсорпција, таложење, потрошња (раст) биљака
- неки емитују гасове (жива, селенијум)

Како инундације задржавају/ослобађају нутријенте?

Задржавање N и P:

- везују се адсорпцијом за честице које се таложе;
- неки облици се хемијски везују у тлу под одређеним условима.

Задржавање **није трајно**! Нутријенти везани у дрвећу могу опстати десетинама и стотинама година, док се поново не ослободе и врате у екосистем (нутријенти у тресету и “органичком тлу”).

Ослобађање N и P:

- емисијом гасова (N)
- жетвом вегетације
- ерозијом



Ослобађање (уклањање) је **трајно** из екосистема.

Пажња! Денитрификација – уклањање нитрата из површинских вода претварајући га у безопасан гас азот, локално решава један проблем загађења, али глобално, може допринети другом проблему загађења – ако се процес не заврши до краја, резултира у продукцији нитратоксида који је гас стаклене баште (“pollution swapping” = замена загађења)

Како инундације задржавају угљеник и који су утицајни фактори?

- Биланс С највише зависи од хидролошких услова
- С се акумулира у органском (нарочито разграђеном - трулом) материјалу
- Задржавање С поспешује ниска температура, велика киселост, ниски садржај нутријената, а највише продор воде (спора дифузија кисеоника кроз водом засићено тло успорава разградњу органског материјала)
- С је важан енергетски извор водног екосистема, али утиче на квалитет воде:
 - турбидитет површинских вода
 - киселост рН, а тиме и на биолошку разноврсност
 - агенс транспорта многих хемикалија, нарочито тешких метала
 - велика концентрација отежава третман воде за пиће

Како инундације задржавају/ослобађају тешке метале?

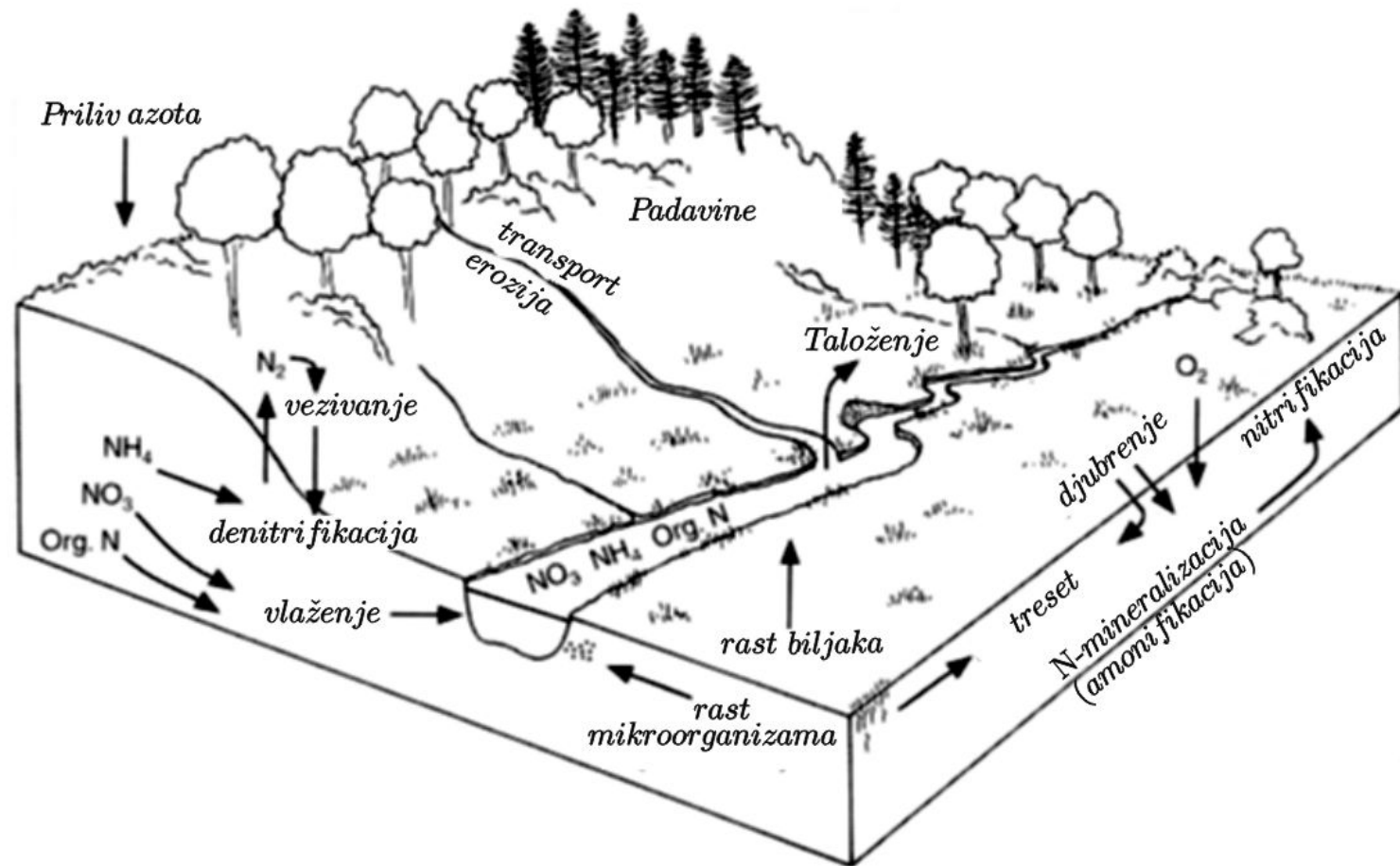
Задржавање:

- везивање за честице суспендованог наноса које се таложе
- резултат процеса: отрован (токсичан) талог
- инундације - “таложнице” сусп. наноса одређеног капацитета
- претерана концентрација деградира екосистем
- задржавање је (као код N и P) *привремено*

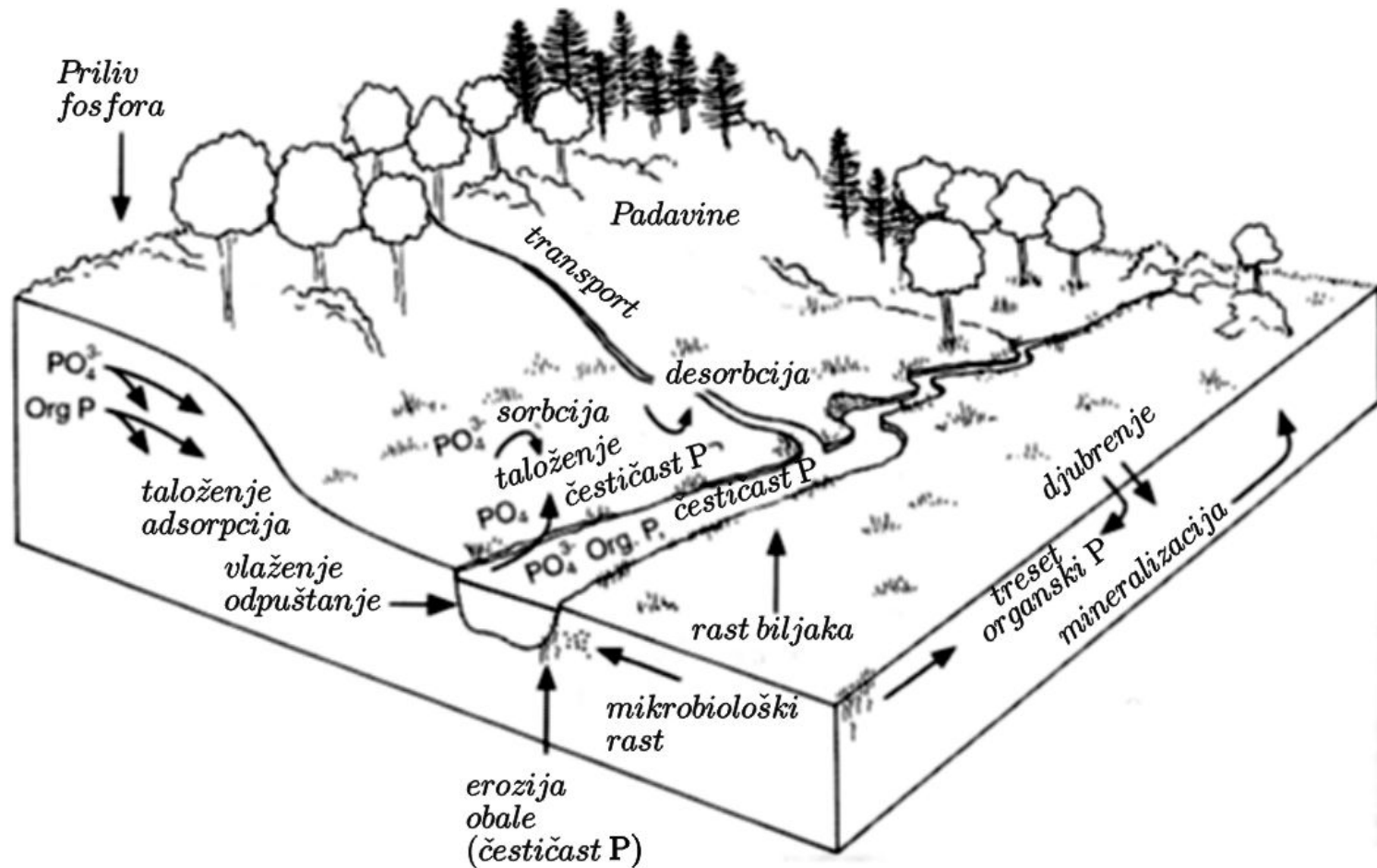
Ослобађање:

- жетвом биљака које садрже тешке метале
- ерозијом загађеног тла (флувијалном и еолском)
- БГХ ремобилизацијом кроз водени раствор
(последица еколошких промена – флуктуације рН или оксидо-редукционог потенцијала, тако да се инундације, од “понора” претварају у “изворе” тешких метала)

Азотни процеси и трансформације



Фосфорни процеси и трансформације



Нумеричка симулација таложења суспендованог наноса у инундацијама

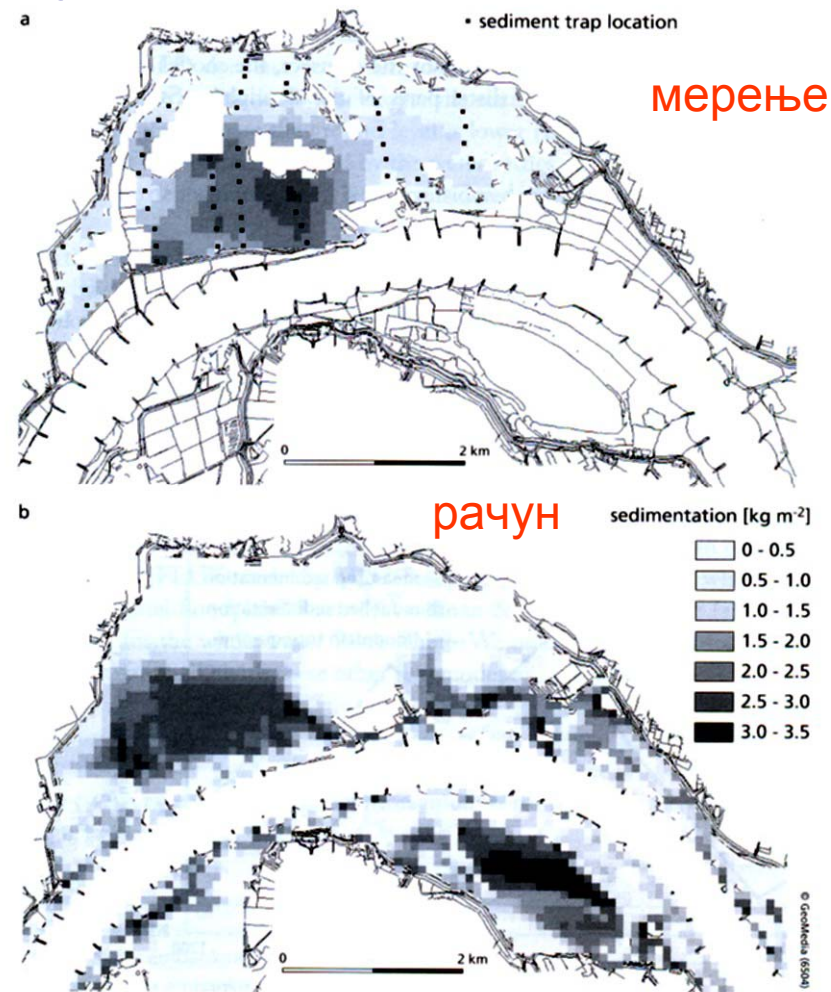
Транспортна једначина:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + S,$$

- разне методе нумеричког решавања
- захтев: висока тачност (због нумеричке дисперзије)
- проблем дефинисања члана извор/понор S

Пример:

река Vaal у Холандији, притока Рајне
талас из 2003 год. ($6500 \text{ m}^3/\text{s}$)
примењена метода “праћења честица”
("particle tracking" method)



Хидраулички разлог рестаурације инундација

Повећање пропусне моћи за евакуацију великих вода



- 1 – снижење напера
- 2 – продубљење корита
- 3 – уклањање хидрауличких препрека
- 4 – снижење инундационих површина

- 5 – локално померање насипа
- 6 – глобално померање насипа
- 7 – формирање ретензије
- 8 – смањење бочног дотока

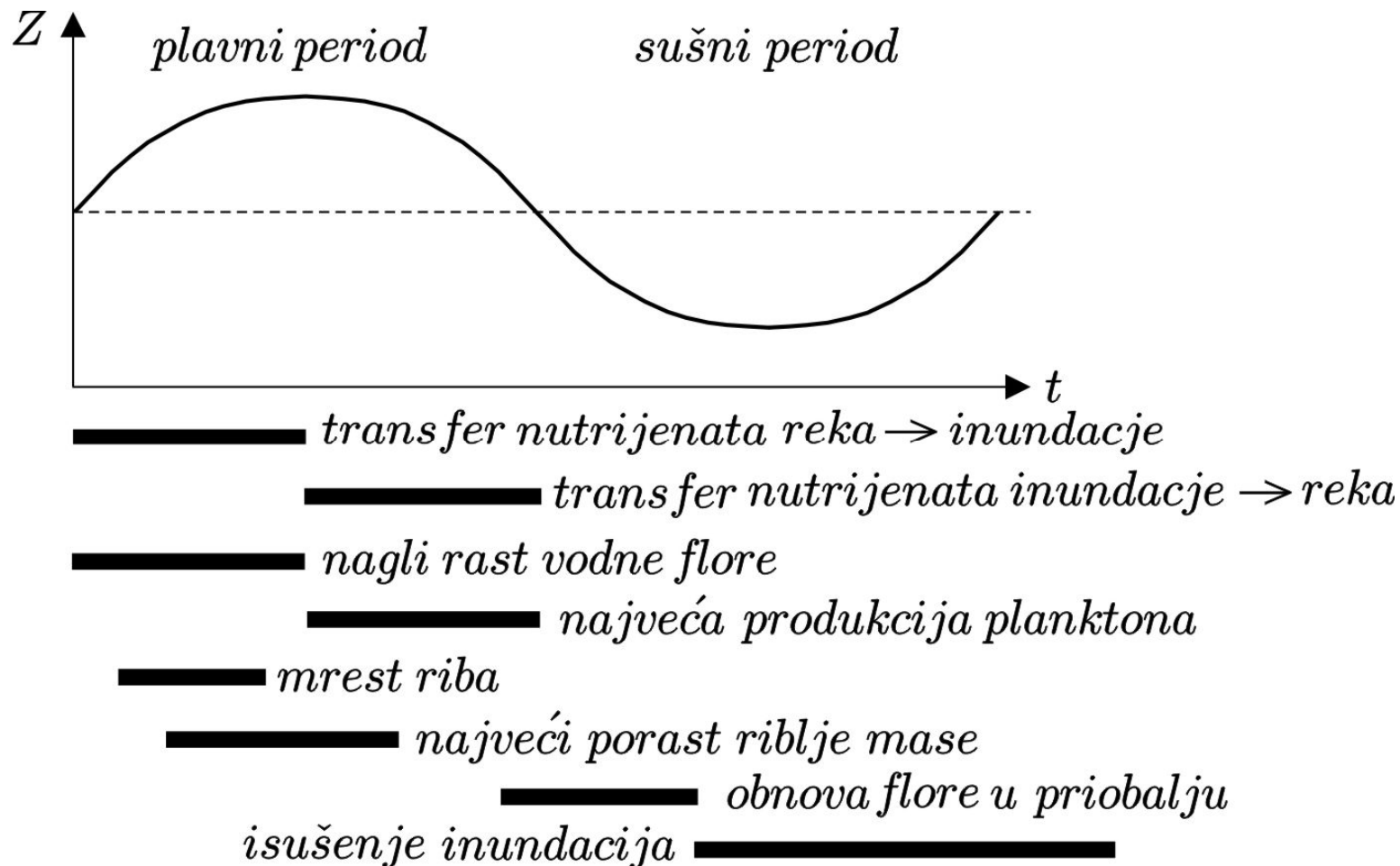
Еколошки разлози за обнову плављења инундација:

1. Одржање биогехемијских (БГХ) процеса који су значајни за побољшање квалитета воде и регулацију нутријената
2. Одржање кључних еколошких функција:
 - задржавање/одношење нутријената
 - задржавање угљеника
 - регулација раствореног органског угљеника
 - задржавање/одношење тешких (отровних) елемената

Концепти еколошке рестаурације плавних инундација

- **Концепт “речног континуума”**: интегрално посматрање речног система са свим његовим физичким условима и одговарајућим биотичким прилагођавањима
- **Концепт “плавног пулсирања”**: интеракција (бочна повезаност) реке и инундација са сезонском сменом влажних и сувих периода која обезбеђује просторну и временску размену енергије и материје неопходну за одржање екосистема
- **Концепт “пулсирања протока”**: сезонско осциловање нивоа подземних вода у складу са динамиком нивоа у реци
- **Концепт “цикличног кретања нутријената”**: краћи циклуси су еколошки продуктивнији по приобаље

“Плавно пулсирање”



Принципи подужног, попречног и вертикалног повезивања речног екосистема

1. Инундације су реципијенти наноса и на њему везаних нутријената
2. Површина плављења је корелисана са ефикасношћу задржавања азота и његовим коришћењем у екосистему
3. Поплаве и суше су природни механизам који регулише циклично кретање нутријената
4. При рестаурацији инундација треба очувати и развијати “**екотоне**” – прелазне области између суседних еколошких подсистема.

Екотони утичу на кретање воде и материјала кроз пејзаж и појачавају биолошку разноврсност.

Слика: прелазна зона која штити реку од загађења са оближњег пашњака



Аустрија – горња Драва

(јужни Тирол, на граници Аустрије и Италије)

- Један од највећих пројеката ресторације (1999-2003)
- Регулација почетком 20. века:
 - каналисање
 - деградација природних станишта
 - нестанак алувијалних шума
 - повећање брзине тока, ерозија корита 2 cm/god
 - снижење нивоа подземне воде
- Пројекат је обухватио 57 km реке у природном режиму
- Остварени циљеви:
 - формиран експанзиони простор од 1900 ha
 - побољшана одбрана од поплава
 - поново успостављена природна динамика процеса
 - обновљени хабитати и приобална вегетација



Данска – река Brede

(улива се у Wadden-ско море на крајњем југозападу земље;
слив 473 km³, дужина 1000 km)

- Демонстрациони пројекат ресторације (1991-1998)
- Регулација 1950:
 - исправљано корито
 - исушене инундације због пољопривреде
 - избагеровано корито у циљу повећања капацитета и снижења нивоа подземне воде
 - изграђени бочни преливи за спречавање меандрирања
- Последице регулације - дренирања:
 - брза деградација тла
 - смањење приноса
 - разградња тресетних наслага
 - оксидација пирита
 - загађење воде у реци и у плиткој морској зони
- Остварени циљеви:
 - рехабилитована биљна и животињска станишта
 - обновљено повезивање корита и инундација
 - елиминисани проблеми квалитета воде



Данска – река Skjern Å

(улива се у фјорд Rinkøbing на истоку земље, а одавде, кроз морску уставу-баријеру, у Северно Море; највећа данска река, слив 2500 km², дужина 95 km)

- Велики пројекат у 3 фазе (1987-2002)
- Обухваћено 2200 ha
- Регулација 1900:
 - просечене кривине и скраћен ток
 - дренаирано приобаље (насипи, канали, пумпне станице)
 - 4000 ha претворено у пољопривредно земљиште
- Циљеви пројекта - обнова:
 - континуитета великих инундација
 - биљног и животињског света
 - самопречишћавајућег капацитета водотока
 - побољшање квалитета воде у фјорду Rinkøbing
 - одбрана од поплава од секундарног значаја



Немачка – средњи ток реке Елбе

(једна од највећих река средње Европе; слив 150000 km², дужина 1165 km)

- Пројекат заштите шуме Löderitzer као дела UNESCO-овог заштићеног резервата (2001-2010)
- Од 12. века, више од 76% инундација (617000 ha) је насипима искључено од плављења
- Предузете мере:
 - експроприсано 1000 ha да би се избегли конфликти
 - повезани канали одвођења плавних вода у инундацијама
 - обновљене шуме изменом трасе насипа и сађењем биљака



Пољска – река Одра

(долина Одре је једна од најзначајнијих европских еколошких коридора; слив 11800 km², дужина 854 km)

- Нереализован пројекат
- Циљеви:
 - смањење ризика од поплава
 - очување биолошке разноврсности
- Предложене мере:
 - померање постојећих насипа од обале
 - прилагођавање постојећег система управљања шумама режиму плављења на 670 ha
- Очекивани ефекти:
 - стварање природне ретензије воде на 670 ha
 - ниже коте круне нових насипа
 - заустављање деградације инундација и смањења биолошке разноврсности
 - бољи услови за експлоатацију шума и туризам
 - запослење локалне оперативе



Пољска – река Łacha

(мала река, притока реке Barycz, односно Одре)

- Реализован пројекат (1999-2002)
- Циљеви:
 - смањење ризика од поплава
 - ресторација природних хабитата
- Предложене мере:
 - експропријација земљишта
 - изградња низа малих ретензионих базена
 - уклањање тла засићеног нутријентима
 - изградња брдашаца као склоништа у периоду поплава
 - кошење траве на ливадама и ограничење паше
 - изградња топлане на енергију биомасе
- Очекивани ефекти:
 - повећање ретензионог капацитета за око 150000 m³
 - појава нових врста биљака и животиња
 - зарада од биомасе
 - едукативни ефекти



Мађарска – река Тиса

(једна од највећих притока Дунава, део слива у Мађарској око 25000 km²)

- Реализован демонстрациони пројекат (2001-2005)
- Обухвата 135 km и 950 ha
- Регулациони радови почев од 1846:
 - просецање кривина и скраћење тока
 - исушивање мочварног земљишта и његово претварање у пољопривредно земљиште
 - изградња нових и надвишење постојећих насипа
- Последице:
 - сушење приобалне вегетације
 - интензивирање поплава (1867, 1879, 1888, 1919, 1932, 1940-1, 1998-2001)
- Мере:
 - рехабилитација рибљих базена
 - повратак систему (“фок”) устава за повезивање реке са инундацијама
 - уклањање плантажа тополе ради ефикаснијег плављења
 - обнова ливада и пашњака
 - проширење подручја рехабилитације
 - узгајање нових врста (дабар)



Хрватска – средњи ток реке Саве

(Лоњско Поље, заштићени природни резерват, 380 km²)

- Пројекат заштите од поплава започет 1964.
- Велики комплекс приобалних шума
- Резерват птица (Крапје Дол, 1963)
- Циљеви пројекта:
 - управљање поплавама и заштита Загреба и Сиска
 - задржавање нутријената са узводних подручја
 - очување амбијента, природне геоморфологије и хабитата
- Мере:
 - план интегралног управљања природног парка Плоње (2003)
 - до 1980. изграђене 4 ретензије (Лоњско поље, Мокро поље, Зеленик и Купчина)
 - ревидована траса насипа дуж главног корита
 - изграђени канали који повезују ретензије
 - насипи око ретензија ради повећања њиховог капацитета
 - изграђени преливи за контролу пуњења/пражњења ретензија
 - испаша стоке спречава бујање вегетације и смањује хидрауличке отпоре



Србија – река Караш

(у Банату, улива се у канал ДТД;
дужина 32 km, 20% слива)

- Нереализован пројекат (2004)
- Обухвата 3000 ha
- Комбинација техничких и еколошких мера
- Еколошки циљеви: очување природног амбијента, заштита биотопа, заштита изворишта подземне воде

