

Pojem stabilita, vztah stability a změny v přírodě

Stabilita se na první pohled může jevit jako stav s absencí procesů, jako něco rigidního, strnulého, ovšem, jak si ukážeme, stabilita je výsledkem procesů, dění a to dokonce i v případech, které tomu zdánlivě nenasvědčují.

Tyto procesy mohou samozřejmě dosažení stability předcházet (vyrovnávání teplot) ovšem mohou stabilní stav i udržovat (těleso pohybující se na oběžné dráze země jistou rychlostí)

Důležitý pojem z hlediska stability je rovnováha, stabilní stav je stav rovnovážný, například jsou v rovnováze jisté síly, koncentrace, atd.

Pokud je stabilita makroskopického systému výsledkem vyrovnání jistých diferencí v systému (rozpuštění soli, difúze plynů, rovnováha elektrostatických sil v krystalu, stav po konci exergonické chemické reakce), nazývá výsledný stabilní stav termodynamickou rovnováhou.

Pokud je stabilita výsledkem probíhajících procesů (stabilita větrného víru, kulového blesku, živého organismu), nazýváme stabilní stav dynamickou rovnováhou.

Stabilita všech živých systémů a některých neživých je výsledkem dynamické rovnováhy.

Stabilita je rovněž výsledkem vztahu prostředí a jeho okolí: v mrazáku je zmrzlina stabilní, za pokojové teploty nikoliv, z vody nasycené CO₂ vyprchá část tohoto plynu, jakmile snížíme tlak nad hladinou, ekosystém je stabilní za určitého průměrného ročního srážkového úhrnu.

Vidíme tedy, že stabilita úzce souvisí:

- a) S rovnováhou
- b) Vztahem systému (objektu) s jeho prostředím

Dá se tedy říci, že systém je stabilní, pokud je rovnováze se svým prostředím, jelikož prostředí představuje interakční pole, které může systém na základě vzájemného oboustranného působení systém měnit.

„v případě zrušení diferencí by vše zaniklo“ (Hérakleitos A 22; Simplicios, In Categorias comm. 412.26 Kalbf)

Stabilita tedy úzce souvisí se změnou.

Změna je tedy pojem antagonistický k pojmu stabilita.

Vznik a zánik struktur byl předmětem zájmu prvních řeckých filozofických škol:

„vznik a zánik se děje podle nutnosti, neboť vše si navzájem platí pokutu a pokání za své bezpráví, podle pořadí času“ (Anaximandros, B 1; Simplicios, Physika 24, 13)

podle tradice se jedná o nejstarší písemně dochovaný výrok evropské filozofie.

Často tedy platí (zvláště v případě dynamické rovnováhy), že aby jeden objekt mohl být stabilní, musí se druhý měnit nebo se musí měnit nějaká část ze sledovaného systému.

Abychom správně pochopili určitý jev, je někdy vhodné studovat jej společně s jevem jemu antagonistickým, jelikož jevy často vystupují jako jisté protichůdné polarity, jejichž vzájemným časovým působením teprve vzniká obraz dané skutečnosti, tak, jak ji vnímáme.

Například ochuzování ekosystémů o druhy je vhodné studovat s procesy růstu biodiverzity, vznik velkých civilizací je vhodné konfrontovat s procesem jejich rozkladu atd.

Stabilita a měřítko: obecná část

Stabilitu je nutno vztahovat k určitému pevně zvolenému časovému a prostorovému měřítku

Zvolené prostorové a časové měřítko totiž může zásadním způsobem ovlivnit náš názor na to, zda daný systém považujeme za stabilní či nikoliv.

Někdy se události, které probíhají na rozdílných měřítcích, neovlivňují, přestože pokud bychom neuvažovali měřítko, byla by zde možnost vzájemného ovlivnění.

Rozdíly v měřítcích se v případě živých systémů a globálního ekosystému týkají prostorových a časových souřadnic.

Například:

- u chemických reakcí v roztoku je rychlost některých reakcí limitovaná difúzní rychlostí molekul: molekula je v roztoku nestabilní a zreaguje s molekulou rozpouštědla dříve (díky malé rychlosti difúze), než se dostane k molekule, se kterou bychom očekávali reakci (příklad různých časových měřítek)
- mineralizací jisté mršiny ležící v lesním ekosystému dojde k lokálnímu zvýšení koncentrací jistých živin v půdě, ovšem na úrovni celého lesního ekosystému tento efekt nepozorujeme (příklad různých prostorových měřítek)
- příklad chybného určení příčinnosti jevů na různých časových měřítcích představuje třeba také výrok, že současné zvyšování koncentrace oxidu CO₂ je výsledkem přirozených pochodů. Přirozené změny obsahu CO₂ vlivem výměnných procesů mezi atmosférou, biosférou a geosférou totiž probíhají v relativně velkých časových měřítcích a nemohly tudíž vést, k tak velkému nárůstu CO₂, jaký byl pozorován od počátku průmyslové revoluce (z hodnoty 280 ppm na hodnotu 360 ppm během dvou set let).

Důležitý je vztah měřítko a změn v systému.

Například organismy jsou stabilní jen po určitou dobu, která odpovídá délce jejich života,

Člověk má obecně tendenci posuzovat stabilitu právě v řádu délky svého života: například vodní vír nebo tornádo by mnozí lidé neoznačili jako stabilní, protože mohou vidět jejich zánik, naopak pohoří většina lidí označí jako stabilní strukturu, protože čas jeho „života“ je mnohem větší.

Stabilita-změna-měřítko: několik příkladů z minulosti

Středoevropský smíšený opadavý les tvoří pro naše zeměpisné šířky klasický příklad stabilního, dlouhodobě udržitelného a autoregulujícího se ekosystému.

Přesto, vezmeme-li v úvahu časové měřítko v řádu desetitisíců let, nejedná se o stabilní stav, ale pouze o část stabilního vývojového cyklu.

Jsme totiž na úrovni kvarterního klimatického cyklu, v němž se pravidelně (již nejméně 2,5 miliónu let) střídají ledové doby (glaciály) a meziledové doby (interglaciály).

Tento cyklus se nazývá rovněž Iversenův cyklus. Amplituda glaciálního cyklu byla zhruba 40 000, ovšem s poslední dobou ledovou se změnila na 10 000 let.

V tomto měřítku představuje středoevropský opadavý les jakousi periodicky se opakující fází, která prosperuje v době meziledové a ustupuje v době ledové.

Co se týče složení lesa, potom nebylo v jednotlivých interglaciálech shodné. Například pro střední fázi minulého interglaciálu bylo typické všeobecné rozšíření habru a dominantní role smrku.

Přestože na první pohled má nástup glaciálu devastující účinky (zánik ekosystémů, nástup nových, migrace druhů na jih) a vede tedy ve středoevropském prostředí k výraznému ochuzení flory a fauny, jedná se o důležitou regenerační fázi půd, v níž se půda obohacuje o důležité bazické ionty, nezbytné pro výživu rostlin.

Rozklad opadu mnohých členů lesních ekosystémů totiž okyseluje půdu, což mobilizuje významné minerální živiny a vede k jejich vymývání z půdy do řek a následně oceánů.

Naopak v průběhu glaciálu obnaží ledovce půdotvorný substrát a tím se dostanou horniny s ještě nevymytými bázemi k povrchu.

Proto glaciály přispívají ke stabilizaci poměrů v půdách.

Interglaciály jako období s vydatnějšími srážkami a lesní vegetací naopak přispívá k ochuzování půdních horizontů o bazické ionty.

Pro první fázi interglaciálu bývají typické úživné půdy, které jsou postupně ochuzovány, což je spolupříčinou změn druhového složení lesů v průběhu interglaciálu.

„zjermíme“ časové měřítko a podíváme se na poslední interglaciál (holocén)

První fáze současného interglaciálu (holocénu) se vyznačují nástupem břízy, lísky a borovice, následuje rozvoj bohatých smíšených dobřav s vysokým podílem jilmu, lípy, jasanu a javoru, které dle výsledků pylových analýz pokrývaly celé území ČR, včetně stanovišť na extrémně chudých pískovcových substrátech.

Smíšené doubravy představují typ ekosystému náročný na minerální úživnost půd. Těmto ekosystémům se nejvíce blíží současné suťové lesy s hlubokým, provzdušněným a mikrobiálně oživeným půdním profilem a lužní lesy na povodňových hlínách.

Jak je ale možné, že tyto bohaté smíšené doubravy rostly i na dnes extrémně chudých půdách pískovcových krajin Kokořínska a Českého Švýcarska, na temeni Českomoravské vrchoviny a ve vysokých polohách pohraničních hor, kde dnes rosou jen kyselá smrčiny nebo borové doubravy?

Půdotvorný substrát je zde přirozeně chudý a je tedy záhadou, kde se zde vzaly ony úživné půdy nutné pro rozvoj bohatých smíšených doubrav.

Za vysvětlením této záhady stojí opět děje v předchozím glaciálu: na území ČR sice nezasahoval glaciální ledovec, ale zato Čechy tvořili jakýsi odlesněný koridor mezi severním ledovcem a jižním, Alpským ledovcem, kde intenzivně proudil suchý a mrazivý vítr vanoucí od mohutných ledovcových příkrovů – glaciální fén.

Ten unášel jemné částičky zvětralých hornin, které se šířily otevřenou periglaciální krajinou při mohutných prachových bouřích, takže většinu území ČR pokrýval jemný úživný prach.

Dokládá to výskyt reliktních spraší a prachovic (eolických sedimentů), které se tu a tam zachovaly v sedimentačních pastech pod pískovcovými převisy a v meziprostorech balvanitých sutí.

Opět se tak potvrdil význam glaciálních procesů pro regeneraci půdního prostředí.

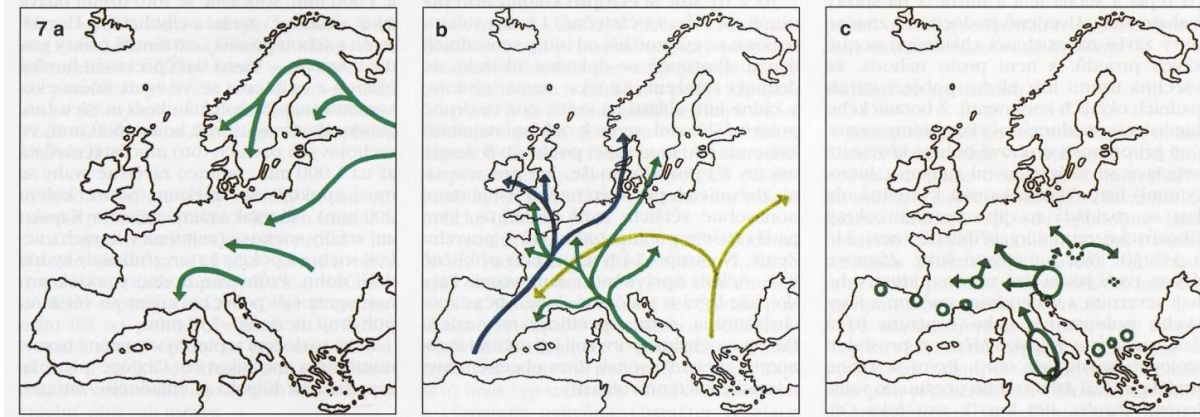
Největší rozvoj holocenních smíšených listnatých lesů pak v České republice datujeme do období 7500–2000 před n. l.

Období	Přibližně let před dneškem	Klima	Převažující charakter vegetace a lesní dřeviny	Archeologický věk
Subrecent -recent	1 300-0	mírně teplé	lesy silně ovlivněné člověkem, odlesnění/plantáže	historická doba
Subatlantik (SA)	2 700-1 300	relativně chladné a vlhké	buk, jedle, smíšené lesy s bukem	železná doba
Subboreál (SB)	4 000-2 700	mírně chladné	smíšené lesy s dubem a dalšími listnáči, v horách vzrůstající podíl buku	bronzová doba
Atlantik (AT)	8 500-4 000	teplé, mírně vlhké	smíšené lesy s dubem, jilmem, jasanem, v horách s lípou, olší, částečně se smrkem	neolit
Boreál (BO)	10 500-8 500	teplé, suché	líška, borovice, dub	mezolit
Preboreál (PB)	11 500-10 500	chladné, suché	bříza, borovice	
Mladý dryas (DR3)	12 700-11 500	chladné, suché	řídka tajga	
Alleröd Starší dryas Bölling	15 200-12 700	velmi chladné	šíření borovice a břízy	paleolit
Starý dryas	16 500-15 200	velmi chladné	bezlesá tundra, sprašová step	

Od konce doby ledové vidíme tedy jisté kontinuum vývoje lesních ekosystémů. Ve zvoleném časovém měřítku se les mění, v měřítku lidského života by se jevil jako stabilní.

Pokud je změna jistým postupným kontinuem, systém si během ní uchovává svou stabilitu.

V případě lesních ekosystémů se v průběhu první fáze holocénu jedná o kontinuální přizpůsobování se podmínkám prostředí, které ovšem ekosystém sám ovlivňuje a integraci nových prvků do struktury systému.



Důležité je, že toto přizpůsobování se probíhá pomocí autoregulačních mechanismů a důležité „inovace“ jsou uloženy v nové struktuře systému a uchovány v genomu členů tvořících ekosystém.

Okolo roku 2500, tedy na sklonku subboreálu, začíná na naše území pronikat buk, který postupně vytlačí dub do nižších poloh a smrk do vyšších.

Dominance buku v lesních ekosystémech druhé poloviny holocénu je specifikum našeho interglaciálu.

Blíží se konec období bohatých smíšených doubrav.

Kontinuum vývoje je přerušeno okolo roku 1000 př. n. l., kdy nastává událost zvaná Lužická katastrofa.

Souběhem kolísajícího klimatu, předchozího vyluhování půd během vlhkých období (atlantik, subatlantik) a jistého okyselení půd opadem, dojde na chudých půdách Kokořínska a Českého Švýcarska ke skokovému úbytku bází, o nichž byla půda obohacena v průběhu glaciálu.

To, že byla změna náhlá, souviselo s vyčerpáním uhličitánového pufracího mechanismu v půdách (tlumí výkyvy pH, udržuje půdu mírně zásaditou, drží v půdě důležité bazické ionty).

K ochuzení půd došlo někde v průsečíku vlivu prostého vyloužení, závislého na srážkách a poměrně složitého procesu humifikace, závislého na změnách vegetace. Proměna bohatých půd na chudé se mnohdy odehrála velice rychle, během jednoho staletí.

Prudká změna podmínek prostředí je čitelná ze společenstev měkkýšů, která se dochovala jako fosilní ulity v souvrstvích opadaného písku pod skalními převisy.

Tímto pohledem se změna jeví jako náhlé a drastické ochuzení měkkýších společenstev. Druhově pestrá fauna, více než 30 náročných druhů plžů vázaných na živinově bohaté, uhličitánem vápenatým nasycené půdy pod smíšeným listnatým lesem, náhle vyhynula. Vystřídalo ji několik málo nenáročných druhů oživujících kyselou půdu, jež známe pod bukovými a borovými lesy pískovcových oblastí i dnes.

V některých oblastech tento proces patrně urychlila činnost člověka, který v lesech prováděl pastvu a občasnou těžbu, čímž umocnil export bází z ekosystému.

V některých oblastech Velké Británie byl tento proces ještě rychlejší a výraznější: kvůli okyselení se uvolnily oxidy železa a přestěhovaly se do půdní spodiny, kde vytvořily nepropustnou vrstvu (půdoznalci ji označují německým termínem *ortstein*). Následkem toho se svrchní horizonty zamokřily a posléze vznikly velké plochy rašelinišť a vřesovišť.

Rozbory rašeliništi pohřbených půdních profilů prokázaly, že vrstvy rašeliny nasedají přímo na pravěká pole, která byla obdělávána až do času těsně před katastrofou.

To, že se obdělávaná pole změnila přímo na rašeliniště, svědčí o rychlosti těchto změn.

Přesný sled událostí, který vedl k lužické katastrofě, dnes již jen těžko rozkódujeme, faktem je, že druhy původních smíšených doubrav (lípa, jilm, líska), dokáží efektivně navracet ve svém opadu báze do půdy, dub, buk, habr a jedle leží v této schopnosti někde uprostřed a smrkové a borové jehličí produkty svého rozkladu vyloženě způsobuje okyselení a vyplavování bází z půdy.

Období od začátku holocénu a relativně malá zásoba bází na chudých substrátech českého Švýcarska a Kokořínska, neposkytla vývojovým procesům v ekosystému dostatečný prostor pro formaci efektivnějších mechanismů zachytu bází v půdě.

Ne každé stanoviště totiž dlouhodobě umožňuje existenci lesa.

Z hlediska stability plyne z Lužické krize následující: přirozený autoregulovaný vývoj nemusí vždy znamenat kontinuum bez katastrof, pokud je tento vývoj ovlivněn nepříznivými vnějšími, či vnitřními okolnostmi.

Uzavřenost cyklu bazických prvků je jedním z důležitých ukazatelů stability v terestrických ekosystémech, jak si později ukážeme.

Na dalším příkladu si ukážeme příklad vlivu člověka disponujícího prostředky klasického zemědělství na stabilitu a dynamiku vývoje ekosystému:

V současné době odlesněné a erodovaná svahy hor středomoří, porostlé pouze trnitou vegetací, byly v první polovině holocénu převážně zalesněny.

Ovšem s rozvojem antický měst, které vzkvétaly především díky obchodu, souvisela rozsáhlá těžba dřeva, především pro stavbu lodí a domů, otop a vaření a za účelem získávání pastvin a úrodné půdy, již byl v relativně hornatém Středomoří velký nedostatek.

Mýcení lesů představuje v antice jeden z nejzávažnějších ekologických problémů, který měl nejen nedožité environmentální, nýbrž i ekonomické a sociální důsledky. Lze říci, že některé z nich nesporně přispěly i k celkovému oslabení a úpadku antické civilizace.

Rozsáhlá deforestace zásadním způsobem proměnila charakter středomořské krajiny. Jejím důsledkem byla eroze a s ní související degradace zemědělské půdy i klimatické změny.

Přímo ukázkovým příkladem bludného kruhu ekologických problémů antického Středomoří je příklad Efezu. Rozsáhlé mýcení lesů v okolí tohoto starověkého velkoměsta vedlo k rozsáhlé erozi. Vzniklé

naplaveniny z půdy smyté deštěm a odnášené říčními toky zanesly efezský přístav, což v konečném důsledku vedlo k ekonomickému úpadku této bohaté metropole, jejíž prosperita vyrůstala z námořního obchodu.

„To, co zůstalo, vypadá ve srovnání s tím, co existovalo dříve, jako kostra nemocného člověka – ubylo tuku i kypré půdy ... Jsou zde hory, ve kterých teď není nic než pastva pro včely, ale není tomu dávno, co na nich rostly stromy ... a ležely bezmezné pastviny. Navíc je každoročně zavlažoval Zeus svým deštěm, jenž se v nich neztratil jako nyní ... přinášel vydatné zásoby pramenité vody v potocích, z nichž se dodnes zachovaly svatyně v místech, kde dříve existovala zřídla.“

Platón, dialog Kratylos

Z hlediska stability je u této změny důležitý následující fenomén: odlesnění středomoří provedené už ve starověku je za současných podmínek jevem nevratným.

Navíc zde nacházíme zpětnou vazbu: deforestace způsobila lokální změny klimatu směrem k většímu suchu a zároveň nevratnou erozi svrchních, organickým materiálem bohatých vrstev půdy a nakonec i odnos spodních horizontů až na půdotvorný substrát.

To vedlo ke vzniku velmi mělkých půd, které jsou zároveň velmi prosychavé.

Nevratnost je dalším důležitým aspektem chování složitých systémů, o kterém se dále zmíníme.

Zde jsme zmínili změny, odehrávající se v časovém měřítku, které je pro nás postřehnutelné, díky historické paměti.

Pokud chceme pochopit fungování a stabilitu daného složitého systému je optimální nazírat jej v kontextu jeho přirozené vývojové dynamiky a právě k tomu je nepochybně nutné zvolit správné časové měřítko.

Právě v tomto vhodném měřítku se jeví například rozpad klimaxových horských smrčín jako součást přirozené vývojové dynamiky těchto porostů.

Stabilita má vztah nejen k měřítku časovému, ale i k měřítku prostorovému.

Což můžeme demonstrovat na radikální proměně středoevropské kulturní krajiny.

Ve středoevropském prostoru se člověk stává významným činitelem výrazně spoluutvářející krajinný ráz s nástupem neolitu a rozvojem zemědělství.

Počátky zemědělské činnosti v nejúrodnějších rovinách spadají ještě hluboko do mezolitu a člověk zde byl činitelem, který v těchto oblastech bránil návratu lesa, díky čemuž se udržely stepní druhy vyžadující volnou nezapojenou krajinu.

Jelikož zemědělství bylo hlavní hybnou silou a elementárním předmětem činnosti většiny obyvatelstva Evropy až hluboko do novověku, byl člověk v krajině silně přítomen, to vedlo k vytvoření mozaiky pasteveckých hájů, polí, oddělených mezemi, luk, alejí, rybníků a spolu s architektonickou složkou vytvořilo obraz vrcholné kulturní krajiny, jejíž vývoj vrcholí zhruba v polovině 19. Stol.

Přestože rozsáhlé odlesnění, které bylo markantní už v raném středověku a dosáhlo vrcholu někdy v 16. století, způsobilo vznik mohutných záplav a pastva hospodářských zvířat spolu s těžbou palivového dříví s krátkou obmýtní dobou, vedla v lesích k urychlenému odnosu bází a změně jejich druhového složení ve prospěch habru, byla krajina jako celek stabilní, jelikož měla mozaikovitou strukturu.

Jednotlivá zrna mozaiky zahrnovala pole s různými plodinami, louky, pastviny, lesy v různé fázi malého vývojového cyklu, tedy škálu člověkem různě ovlivněných ekosystémů s autonomní dynamikou, které obsahovala druhy s různými ekologickými nároky.

Tato heterogenita byla zárukou stability krajiny jako celku.

Tato zrna mozaiky spolu navíc na svých styčných plochách (ekotonech) komunikovala.

Intenzifikace zemědělství, odliv lidí ze zemědělství a používání umělých hnojiv vedou k zániku této mozaiky, přičemž tento děj byl výrazně urychlen v 70. a 80. létech, v celém Evropském prostoru, bez ohledu na politické zřízení.

Globalizace obecně vede k zániku této mozaiky, vzniku velkých celků orientovaných pouze na jeden produkt (např. pěstování řepky, kukuřice, rýže, výrobu automobilů, poskytování turistických služeb), což způsobuje výrazné zvýšení nestability subsystémů globálního systému (ať už subsystému globální ekonomiky, který je subsystémem globálního ekosystému nebo dalších subsystémů).

Peripetie orientace určitého celku na jeden produkt/plodinu/surovinu jasně demonstruje „bramborový“ hladomor v Irsku v letech 1845-1849.

Změna „zrnatosti“ neboli struktury rozdělení systému do subsystémů, může tedy výrazně ovlivnit stabilitu celého systému.

Proces globalizace obecně vede ke změně prostorových měřítek subsystémů daného systému, což ovlivňuje stabilitu.

Analogie pro konstrukci možných důsledků současné globalizace lze najít například v analýze příčin úpadku Starověkého Říma (např. Lubor Kysučan *Oni a my. Dvanáct neodbytných otázek mezi antikou a postmodernou*)

Podobně jako pozorovatelova volba časového měřítka může výrazně ovlivnit jeho závěr o stabilitě daného systému, může i pozorovatelova volba velikosti pozorované části systému ovlivnit jeho závěr o stabilitě.

Například většina ekosystémů má mozaikovitou strukturu, kde v rámci jednoho zrna mozaiky může být pozorována diskontinuální (kolapsová) dynamika, přestože systém jeho celek má dynamiku kontinuální.

Vztah mezi prostorovou strukturou a stabilitou bude v této přenášce ještě hlouběji diskutován.

Hlavní závěry z první přednášky tedy jsou:

Stabilita je esenciálním předpokladem existence živých i neživých objektů (systémů) ve vesmíru a rovněž esenciálním předpokladem pro možnost je pozorovat.

Stabilita se u živých systémů často doplňuje se změnou (např. postupné přizpůsobování se systému podmínkám prostředí), přičemž kontinuální autoregulovaný vývoj systému, tedy jeho velmi postupná změna, umožňuje systému uchovat si jeho stabilitu.

Pozorovatelova volba časového měřítka, ve kterém bude provádět popis vybraného systému, může výrazně ovlivnit jeho závěr o stabilitě daného systému.

Pozorovatelova volba prostorového měřítka, ve kterém bude provádět popis vybraného systému, může výrazně ovlivnit jeho závěr o stabilitě daného systému.

Změna prostorové struktury systému (např. velikosti subsystémů: zrnitosti) výrazně ovlivní stabilitu systému.

Změna časové struktury procesů v ekosystému (např. rychlosti metabolických procesů, délky cyklu glaciál/interglaciál, změna rozložení srážek v čase) výrazně ovlivní stabilitu systému.

Ani vývoj přirozeného systému nemusí být kontinuální, pokud se prostředí ekosystému změní více, než unesou stabilizační mechanismy v ekosystému.