

Pružné oblasti (oblasti bez plasticity)

Program: MKP

Soubor: Demo_manual_34.gmk

Úvod

Při zatížení zeminy napětím, jehož hodnota dosáhne meze plasticity, dojde v zemině k vzniku deformací, které v materiálu přetrvávají i po odtížení. Tuto trvalou deformaci nazýváme plastickým přetvořením materiálu a lze ji modelovat pomocí standardních modelů typu Mohr-Coulomb, Drucker-Prager či pokročilých modelů typu Cam clay.

Pokud při modelování metodou konečných prvků chceme vývoj plastických deformací v určitém místě a určité výpočetní fázi potlačit, můžeme použít funkce *Pružné oblasti*.

Kdy *Pružné oblasti* použít

Zamezit vzniku plastických deformací je užitečné v případech, kdy:

- Vznikají excesivní plastická přetvoření v malé oblasti, která jinak neovlivňuje celkové chování konstrukce. Tyto nerealistické deformace se někdy projevují divergencí výpočtu.
- Z důvodu zjednodušení přijatých ve výpočetním modelu dochází k nereálně velkým plastickým deformacím. K tomu může dojít například v místě paty pažící stěny či uzlu, do kterého je uchycen kořen kotvy.
- Chceme zjistit, jak se plastické chování zeminy podílí na celkových posunech a napětí tím, že porovnáme pružně-plastické chování s čistě pružnou odezvou.

Pro jaké materiálové modely můžeme *Pružné oblasti* použít

Funkce *Pružné oblasti* je aplikovatelná na následující modely.

- Mohr-Coulomb
- Modifikovaný Mohr-Coulomb
- Drucker-Prager

Chování ostatních materiálových modelů není zavedením *Pružné oblasti* ovlivněno.

Vlastnosti zeminy v *Pružných oblastech*

Prvky v *Pružné oblasti* si zachovávají svoje vlastnosti určující elastickou tuhost materiálu (modul pružnosti, Poissonovo číslo, smykový modul). Parametry pevnosti, tedy soudržnost a úhel vnitřního tření, však mají takové hodnoty, že napětí v žádném případě nedosáhne plochy plasticity a nevzniknou trvalé plastické deformace.

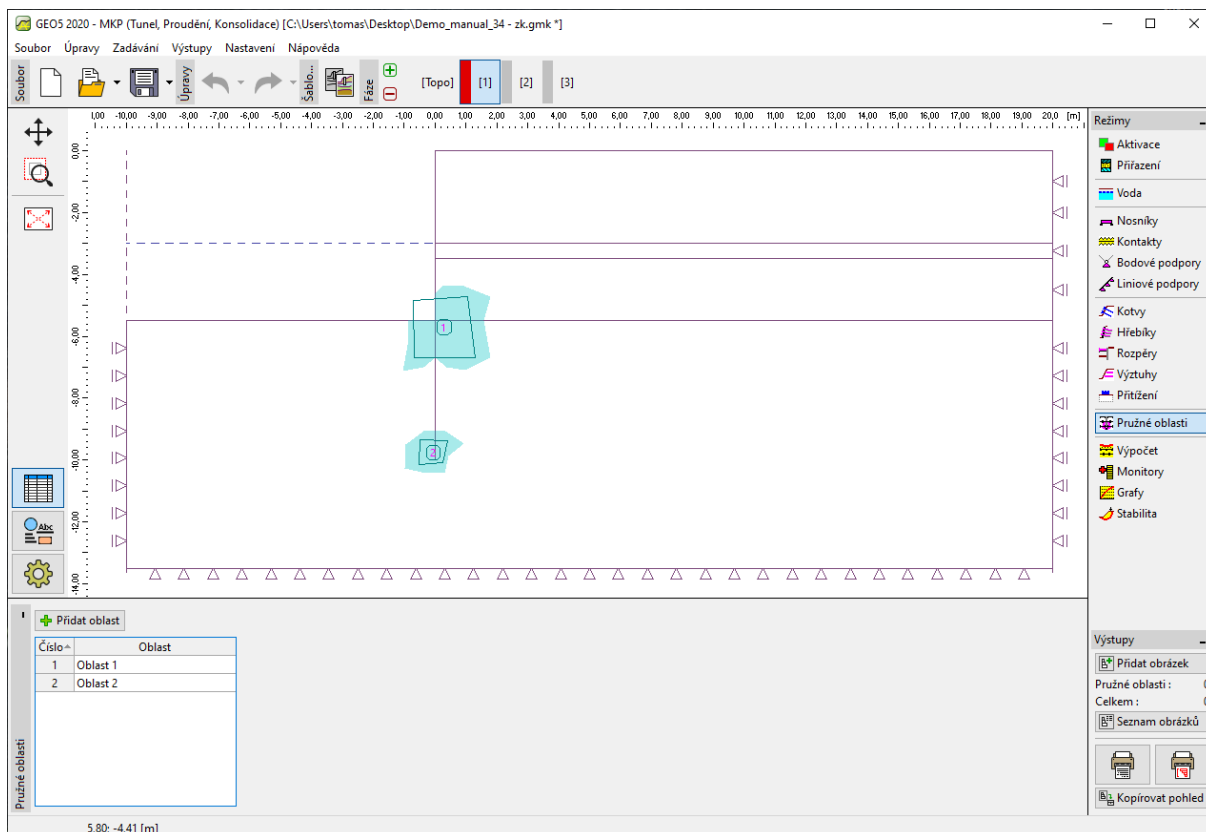
Vynucené pružné chování se projeví pouze ve fázi, ve které je pružná oblast zadána. V dotčených prvcích se nebude plastické přetvoření vyvíjet a zůstane v nich hodnota z předchozí fáze.

Čeho se při použití *Pružných oblastí* vyvarovat

Při použití *Pružných oblastí* je důležité mít na paměti, že v dotčených konečných prvcích nemůže dojít k dosažení podmínky plasticity. Prakticky to znamená, že skrze pružnou oblast nemůže procházet globální smyková plocha, která by vedla ke ztrátě stability celé konstrukce.

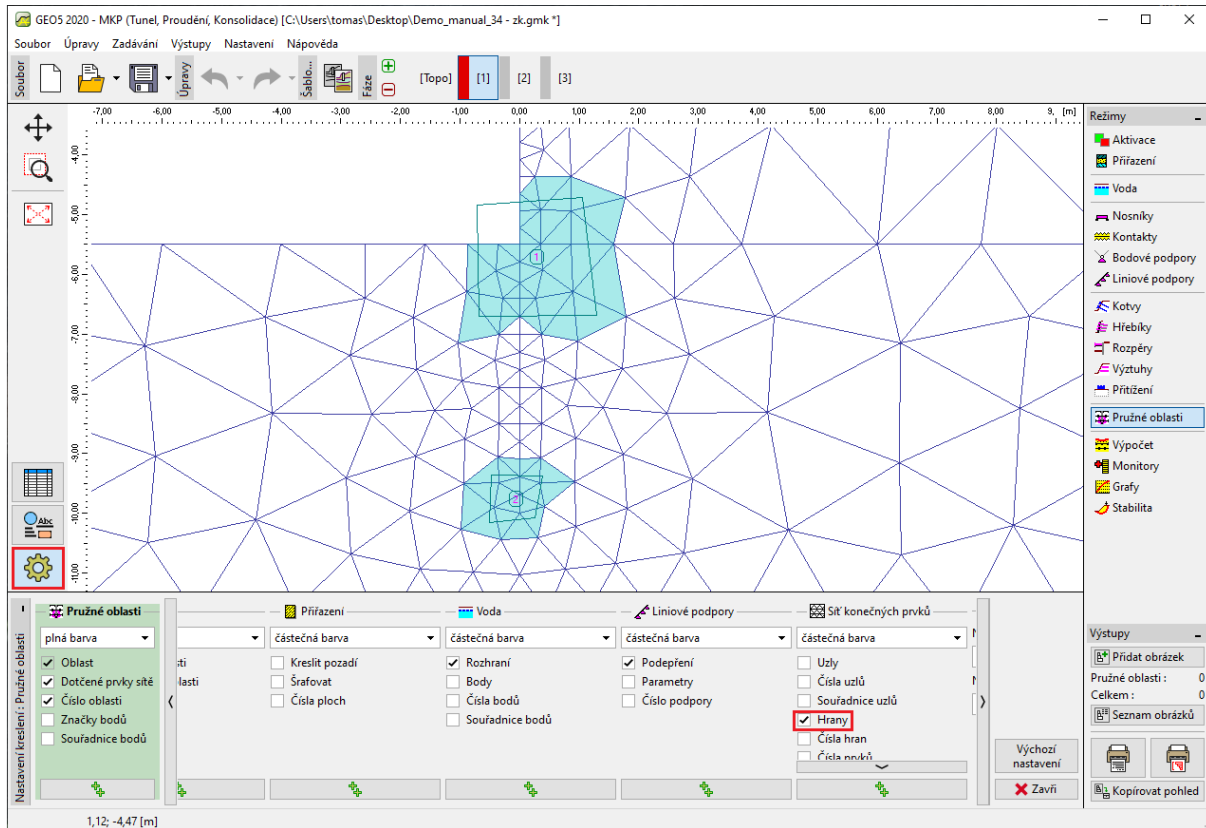
Jak se *Pružné oblasti* zadávají

Pružná oblast se zadává ve zvolené výpočetní fázi. Na obrazovce se zadají body polygonu. Všechny prvky, které alespoň částečně zasahují do oblasti, jsou na obrazovce zvýrazněny.



Obrazovka zadávání Pružných oblastí

Poznámka: Při zadávání pružné oblasti je praktické zobrazit síť konečných prvků. Hrany prvků zobrazíme kliknutím na Nastavení kreslení -> Síť konečných prvků -> Hrany, viz obrázek.



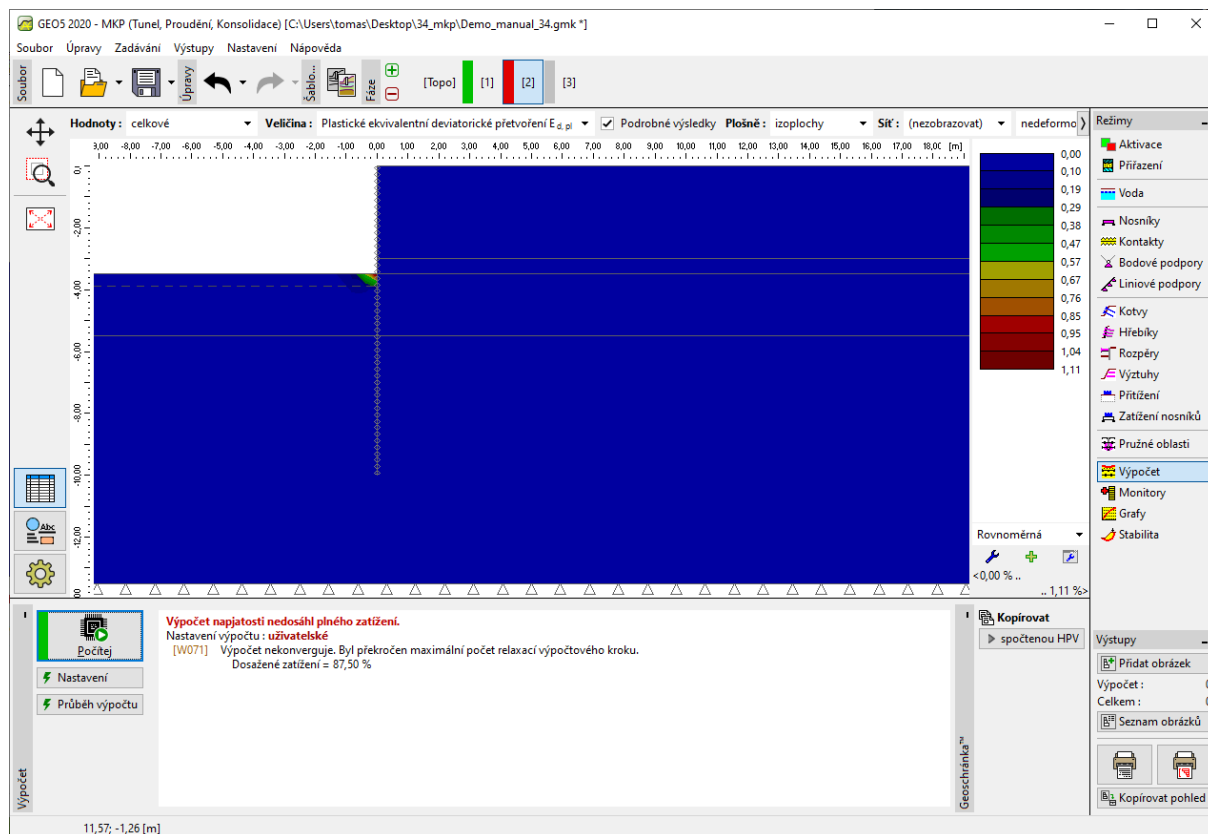
Nastavení zobrazení sítě konečných prvků

Pružná oblast zůstává i v následujících výpočetních fázích, ale je možno ji odstranit. Pokud pružnou oblast v následující fázi odstraníme, umožníme opět výpočet plastických deformací. V praxi to znamená, že po odstranění pružné oblasti dojde v modelu k redistribuci napětí a přírůstku plastických deformací i v případě, že není definováno žádné přitížení.

Příklad použití *Průžné oblasti*

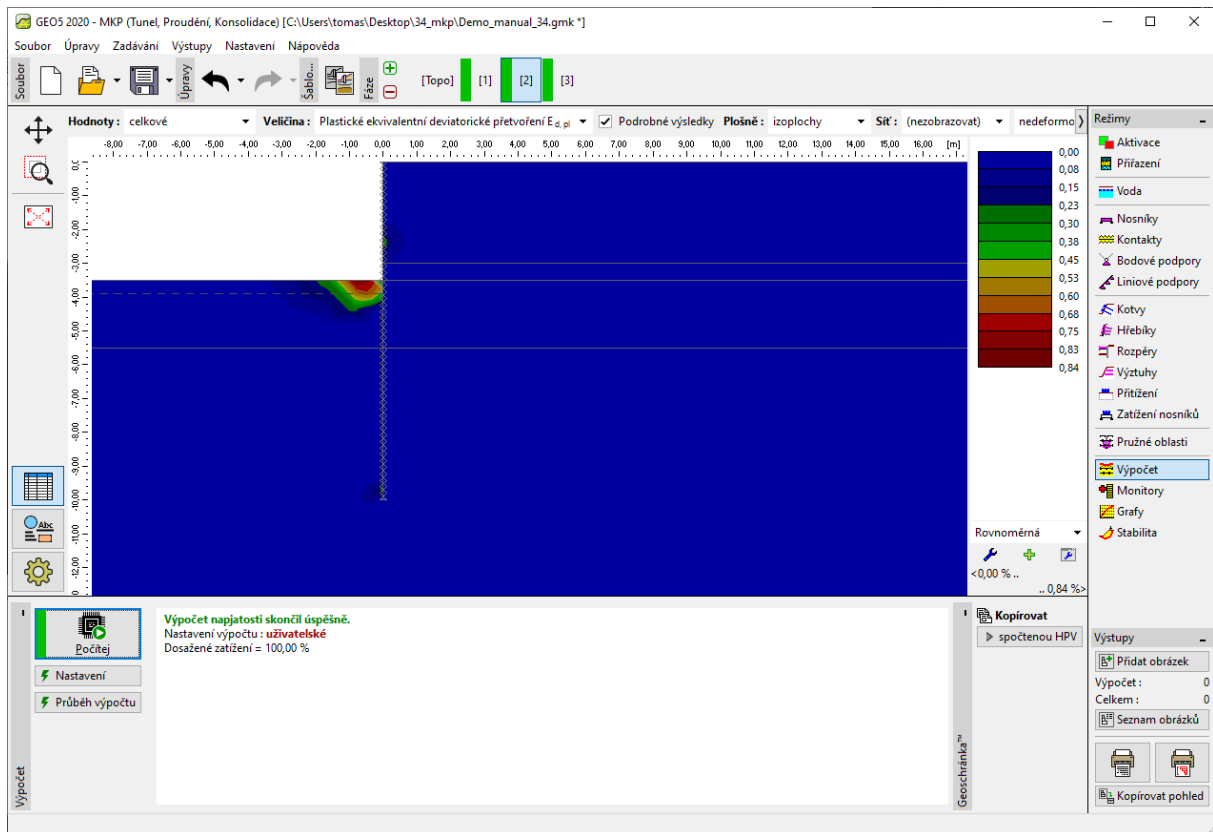
Použití pružných oblastí budeme ilustrovat na úloze modelování kotvené pažící stěny. Geometrie úlohy, geologický profil a fáze výstavby jsou zadány v souboru Demo_manual_34.gmk. První fáze slouží k výpočtu geostatické napjatosti. V druhé fázi je do modelu vložen nosníkový prvek s kontakty a zároveň je exkavována (deaktivována) zemina na úroveň dna před instalací kotev. Ve třetí fázi je instalována jedna řada kotev a exkavována zemina na konečnou úroveň dna.

Ve druhé výpočetní fázi bylo dosaženo pouze 87,5 % zatížení a výpočet nedosáhl rovnováhy. Plasticita se vyvíjí pouze v jednom prvku v úrovni dočasného dna a nedochází k redistribuci, viz obrázek.



Divergující výpočet ve druhé výpočetní fázi

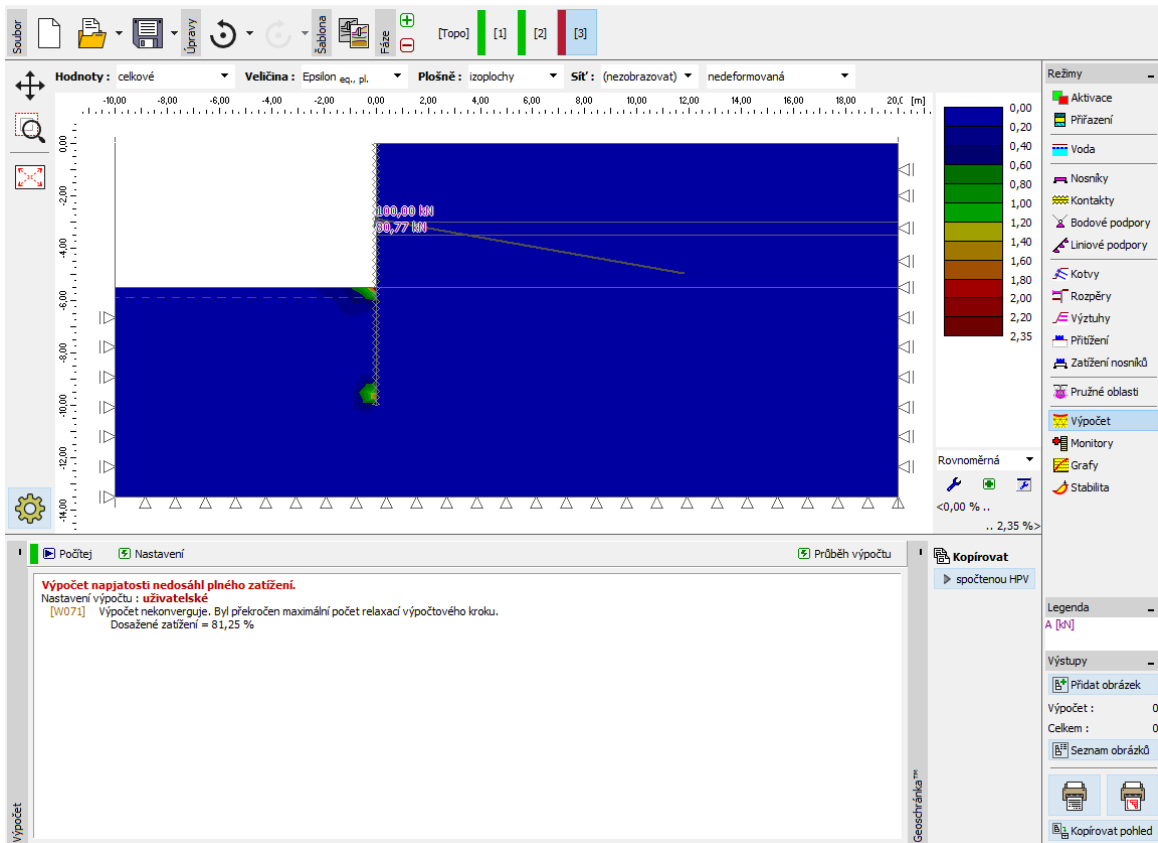
Vzhledem k tomu, že v modelu nedochází k vývoji globální plochy porušení, lze výsledek připsat numerické nestabilitě, nikoliv nestabilitě konstrukce. K nápravě použijeme funkci *Pružné oblasti*. Pružnou oblastí označíme problematický prvek u dna jámy a výpočet spustíme znovu. Při výpočtu je tentokrát aplikováno celé zatížení a plastické přetvoření se redistribuuje do okolních prvků, viz obrázek.



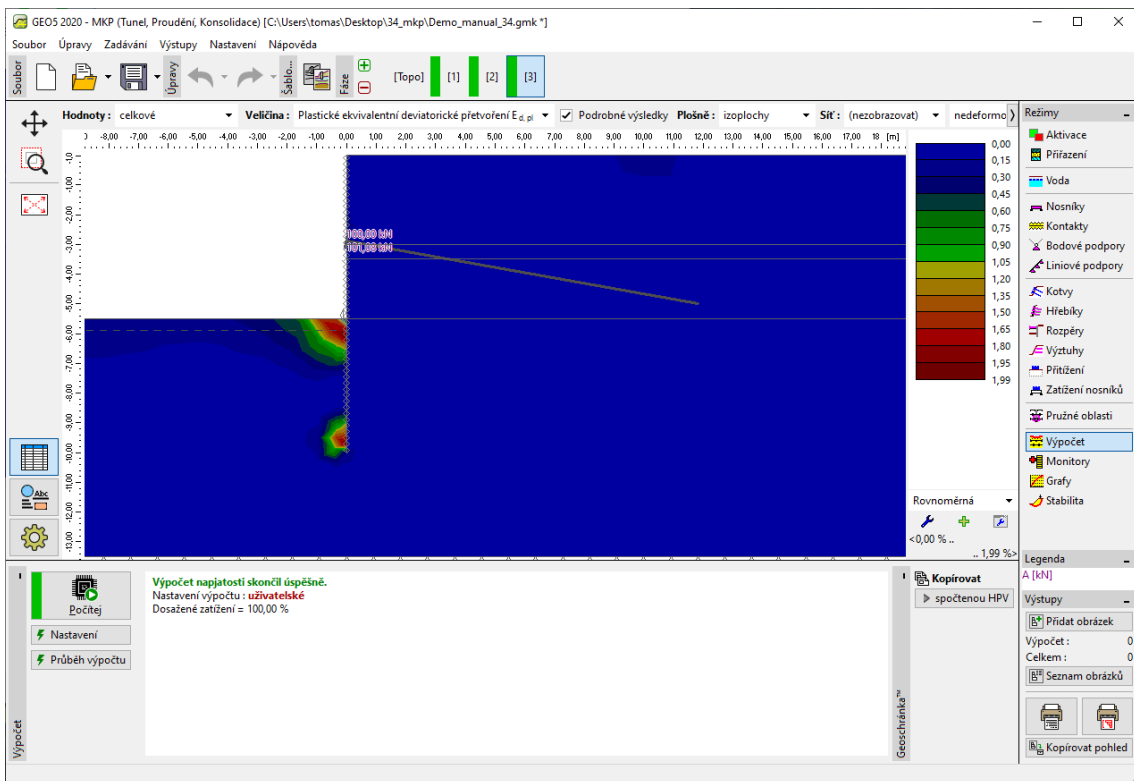
Dosažení rovnováhy s použitím elastické oblasti čítající jeden prvek

Poznámka: Problematický prvek je ve vodorovném směru přitížen (přenáší vodorovnou reakci pažíci stěny vyvolanou aktivním tlakem zeminy v pravé části za stěnou). Ve svislém směru je tento prvek naopak odtížen. Výsledný rozdíl mezi svislým a vodorovným napětím se projeví významným nárůstem deviatorického napětí a ekvivalentních plastických deformací.

V třetí výpočetní fázi je výsledek obdobný – není dosaženo rovnováhy pro celkové zatížení díky plasticitě v jediném prvku u dna jámy. Řešením je opět označení problematického prvku jako pružnou oblast.



Nedosažení rovnováhy pro celkové zatížení ve třetí výpočetní fázi – nedochází k redistribuci plastických deformací, výpočet diverguje



Dosažení rovnováhy ve třetí výpočetní fázi pomocí pružné oblasti

Závěr

Funkce *Pružné oblasti* dovoluje vynutit pružné chování zeminy ve vybraných prvcích a tím potlačit plastické chování. Tímto ad-hoc přístupem lze vyřešit situace, kdy se nedaří dosáhnout rovnováhy. Tento přístup můžeme použít pouze tehdy, kdy k divergenci či oscilaci výpočtu dochází z numerických důvodů, tj. deformace nenaznačují globální ztrátu stability konstrukce.