

# Integrované nástroje pro generativní design a zvýšení konkurenceschopnosti české architektury

Projekt MPO FR-TI1/568  
07/2009–06/2013

CUBESPACE spol. r.o.  
ČVUT v Praze, Fakulta stavební

Kontrola řešení projektu  
6. listopadu 2012

**CUBESPACE®**



*Účelem tohoto projektu je sjednotit a integrovat existující programy a postupy pro návrh a posouzení architektonických a stavebních projektů ve smyslu generativního parametrického designu. Výsledný nástroj přispěje k větší tvarové, materiálové a výrobní flexibilitě konečného návrhu.*

# Věcná náplň projektu

- 1 Volba vhodných výpočetních prostředků a formátů
- 2 Parametrizace konstrukce v objemovém modeláři, standardy výstupu
- 3 Rozhraní mezi geometrickým modelářem a statickým nástrojem
- 4 Podpůrné nástroje pro posouzení kvality návrhu
- 5 Prezentace výsledků
- 6 Verifikace postupu pro typové úlohy

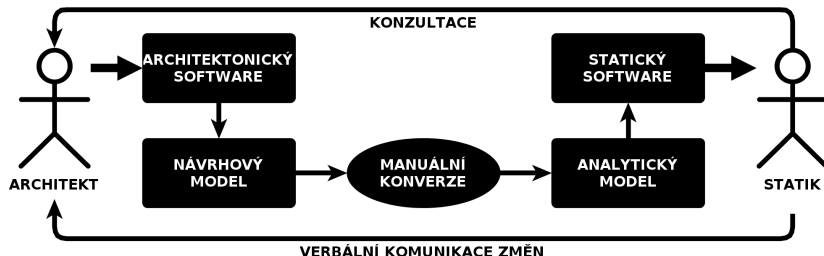
# Volba vhodných výpočetních prostředků a formátů

## Shrnutí etapy

- DOBA TRVÁNÍ 07/2009–04/2010
- DÍLČÍ CÍLE
  - ① Identifikace okruhu architektonických modelářů
  - ② Identifikace okruhu statických nástrojů
  - ③ Volba datových formátů
- KONTROLOVATELNÝ VÝSLEDEK  
Rešerše vhodných nástrojů a datových formátů, volba další strategie.
- VÝSTUPY
  - Technická zpráva dostupná na [igend.cz/publikace](http://igend.cz/publikace)

# Volba vhodných výpočetních prostředků a formátů

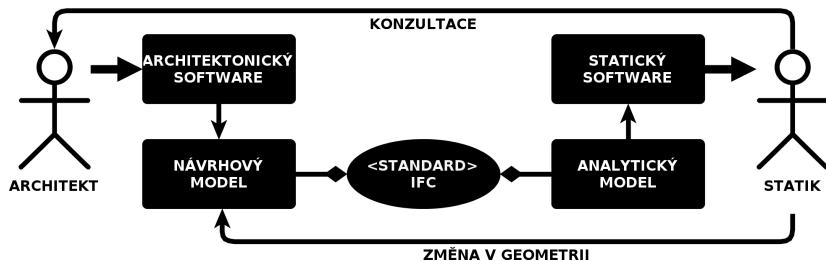
Obecná strategie: tradiční řešení



- Tradiční přístup k návrhu
- Časově náročné řešení
- Nemožné opakovaně analyzovat parametrické návrhy
- Datová nekompatibilita
- Nedostatečná zpětná vazba pro architekta

# Volba vhodných výpočetních prostředků a formátů

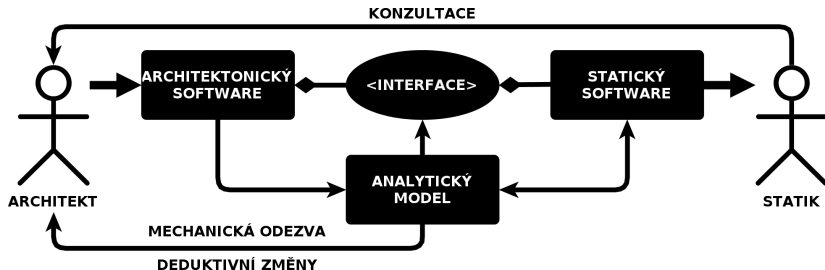
Obecná strategie: “many-to-one” řešení



- Populární přístup k návrhu
- Založený na Industry Foundation Classes (IFC)
- Standardizovaný formát
- Duální reprezentace geometrie (redundance)
- Důraz na centrální datový model, ne na zpětnou vazbu

# Volba vhodných výpočetních prostředků a formátů

Obecná strategie: Zvolené řešení



- Cílené na flexibilitu v koncepční fázi návrhu
- Využívá oddělených nástrojů
- Intuitivní způsob analýzy
- Konzistentní popis geometrie

# Volba vhodných výpočetních prostředků a formátů

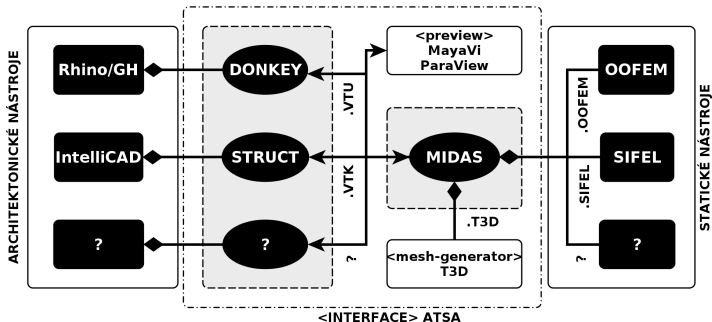
Příklady obdobných nástrojů (2010+)

- **Scan and Solve** ([www.dimensio.cz/scan-and-solve](http://www.dimensio.cz/scan-and-solve))
  - Prostředí: **Rhinoceros**
  - Monolitické řešení
  - Cílená na strojařské aplikace (3D)
  - Žádná podpora interpretace výsledků
  - Komerční produkt (nelze přizpůsobit)
- **Karamba 3D** ([www.karamba3d.com](http://www.karamba3d.com))
  - Prostředí: **Rhinoceros-Grasshopper**
  - Monolitické řešení
  - Statika a dynamika prutových a skořepinových konstrukcí
  - Žádná podpora interpretace výsledků
  - Komerční produkt (nelze přizpůsobit)
- **Zvolené řešení**
  - Není primárně vázáno na konkrétní prostředí (rozšiřitelnost)
  - Využívá existujících programů (obecnost)
  - Podpora interpretace výsledků
  - Otevřený produkt (lze snadno přizpůsobit)



# Volba vhodných výpočetních prostředků a formátů

## Schéma zvoleného řešení



- Otevřené nebo finančně dostupné komerční nástroje
- Námi vyvíjené moduly dostupné pod licencí GNU GPL verze 3
- Snadná rozšiřitelnost a konfigurovatelnost
- Komunikace přes textové soubory (otevřené **čitelné** formáty)

# Parametrizace konstrukce v objemovém modeláři, standardy výstupu

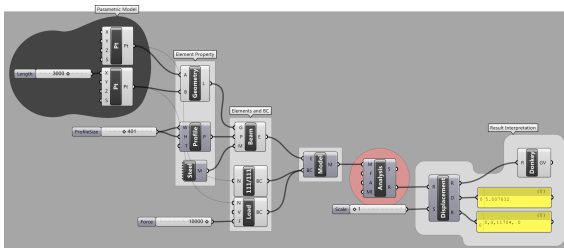
## Shrnutí etapy

- DOBA TRVÁNÍ 07/2009–04/2012
- DÍLČÍ CÍLE
  - ① Parametrizace geometrie
  - ② Specifikace výstupu modeláře
  - ③ Soubor pravidel a maker pro tvorbu geometrického modelu
- KONTROLOVATELNÝ VÝSLEDEK

Soubor pravidel a maker pro programy zvolené v Etapě č. 1 a výstupy specifikované v Etapě č. 3.
- VÝSTUPY
  - Technická zpráva dostupná na [www.igend.cz/files/zasady-navrhu.pdf](http://www.igend.cz/files/zasady-navrhu.pdf)
  - Software **Donkey** (výsledek typu R)

# Parametrizace konstrukce v objemovém modeláři

Software Donkey ([donkey.igend.cz](http://donkey.igend.cz))



- Zásuvný modul pro program **Rhinoceros**
- Využívá knihovny **Grasshopper** (parametrický návrh)
- Založen na jazyku **C#**
- Intuitivní reprezentace konstrukce
- Automatické “čištění” modelu

# Rozhraní mezi geometrickým modelářem a statickým nástrojem

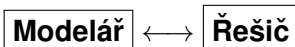
## Shrnutí etapy

- DOBA TRVÁNÍ 01/2010–04/2012
- DÍLČÍ CÍLE
  - 1 Návrh a implementace abstraktního rozhraní
  - 2 Identifikace minimální množiny atributů
  - 3 Podpůrné statické toolboxy
- KONTROLOVATELNÝ VÝSLEDEK  
Předběžný funkční prototyp, dokumentující možnosti na jednoduchých příkladech.
- VÝSTUPY
  - Prezentace dostupná na [mech.fsv.cvut.cz/~da/MIDAS/download/slide.pdf](http://mech.fsv.cvut.cz/~da/MIDAS/download/slide.pdf)
  - Software **MIDAS** (výsledek typu R)

# Rozhraní mezi geometrickým modelářem a ...

Software MIDAS ([mech.fsv.cvut.cz/~da/MIDAS](http://mech.fsv.cvut.cz/~da/MIDAS))

- Bez GUI (to zajišťuje **Donkey**)
- Implementováno v C++, dostupné verze pro Linux a Windows
- Založená na XML a nativních formátech řešičů
- Zajišťuje oboustrannou komunikaci



- Základní funkce
  - Čtení vstupních souborů a tvorba objektového modelu
  - “Čištění” redundantních údajů
  - Informační analýza MKP modelu
  - Úpravy konstrukce
    - Odebrání a slučování prvků
    - Slučování sítí prvků (zavěšené uzly, tuhá ramena)
    - Kontrola konektivity
    - ...

# Podpůrné nástroje pro posouzení kvality návrhu

## Shrnutí etapy

- DOBA TRVÁNÍ 01/2010–06/2013
- DÍLČÍ CÍLE
  - 1 Návrh identifikátorů proveditelnosti
  - 2 Funkce autodesignu
  - 3 Podpůrné rozhodovací toolboxy
- KONTROLOVATELNÝ VÝSLEDEK  
Aplikace ověřená na skupině testovacích příkladů.
- SOUČASNÝ STAV
  - Tvar deformované konstrukce ✓
  - Lokální indikátor kvality  $q$

$q = 0$  (nevyužitý)  $\rightarrow q = 0.5$  (optimální)  $\rightarrow q \geq 1$  (přetížení)

- Globální indikátor kvality návrhu
- Inspirováno evolučními metodami návrhu

# Prezentace výsledků

## Shrnutí etapy

- DOBA TRVÁNÍ 01/2010–06/2013
- DÍLČÍ CÍLE
  - 1 Tvorba dokumentace výsledných nástrojů
  - 2 Prezentace výsledků v architektonické komunitě
  - 3 Publikace odborného článku
- KONTROLOVATELNÝ VÝSLEDEK  
Manuály k produktům, preprint článku
- VÝSTUPY
  - Pracovní verze dokumentace dostupná na `donkey.igend.cz` a `midas.igend.cz`
  - L. Kurilla (2010) Annelida: Parametrické premostenie, *Architekt* 01:74–76
  - L. Svoboda a kol. (2011) Mechanická odezva tvarově složitých konstrukcí v prostředí integrovaného návrhu, *Stavební obzor* 5:142–147 (výsledek typu  $J_{rec}$ )
  - M. Kokta a kol. (2010) *Putovní galerie mobilní architektury* “Sasanka”, instalace

# Prezentace výsledků

## Výstupy

- L. Svoboda a kol. (2012) A simple framework for integrated design of complex architectural forms, *Advances in Engineering Software*, v recenzním řízení (zasláno v březnu 2012)
- J. Thompson a kol. (2011) *Federico Díaz: Geometric Death Frequency 141*, Edizioni Charta srl, 139 stran  
ISBN: 978-88-8158-793-3
- L. Kurilla a kol. (2012) *Architectural software tool for structural analysis (ATSA) intended for intuitive form-finding process*, Proceedings of the 30th eCAADe Conference, Praha, září 2012, str. 547–553, ISBN: 978-9-4912070-2-0
- L. Kurilla a kol. (2012) *Geometry Optimization: Realization of a fluid-form structure composed of spherical components, fabricated by means of computer software and robotic arms*, Rob|Arch 2012 Conference, Vídeň, prosinec 2012  
(Vybrán mezi nejlepšími 10 příspěvky z 53 zaslaných)



# Verifikace postupu pro typové úlohy

## Shrnutí etapy

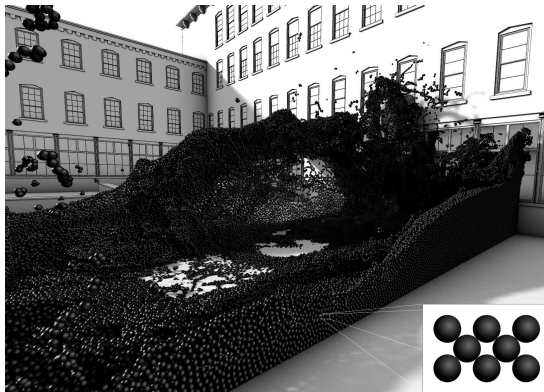
- DOBA TRVÁNÍ 01/2010–06/2013
- DÍLČÍ CÍLE
  - 1 Verifikace vyvinutých nástrojů na skupinu architektonických studií a návrhů vypracovaných žadatelem.
- KONTROLOVATELNÝ VÝSLEDEK

Dokumentace výsledných návrhů, kvantifikace připadané hodnoty podpůrných nástrojů.
- VYBRANÉ VÝSTUPY (chronologicky)
  - Geometric Death Frequency-141
  - Principy práce s nástrojem
  - Leonardův most

# Verifikace postupu pro typové úlohy

Geometric Death Frequency-141 (FEDERICO DÍAZ)

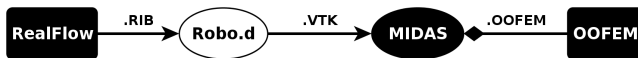
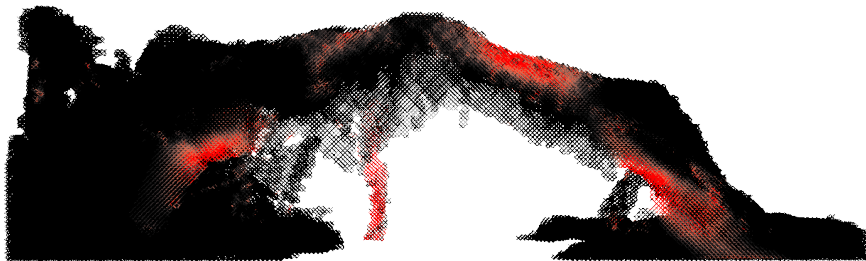
- V říjnu 2010 – dubnu 2012 instalován v Massachusetts Museum of Contemporary Art



# Verifikace postupu pro typové úlohy

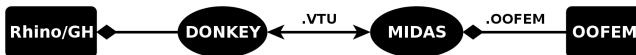
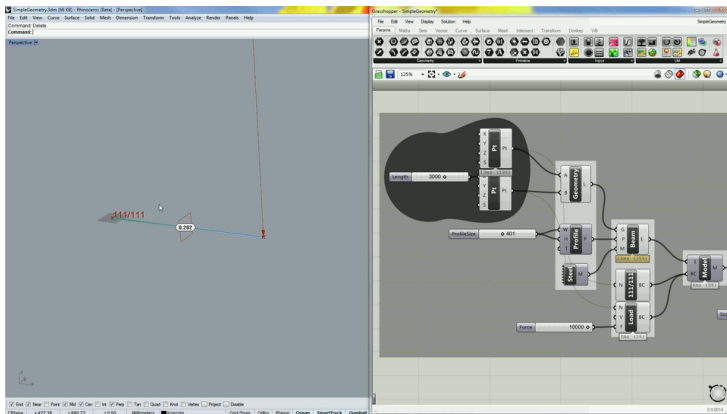
Geometric Death Frequency-141 (FEDERICO DÍAZ)

- V říjnu 2010 – dubnu 2012 instalován v Massachusetts Museum of Contemporary Art



# Verifikace postupu pro typové úlohy

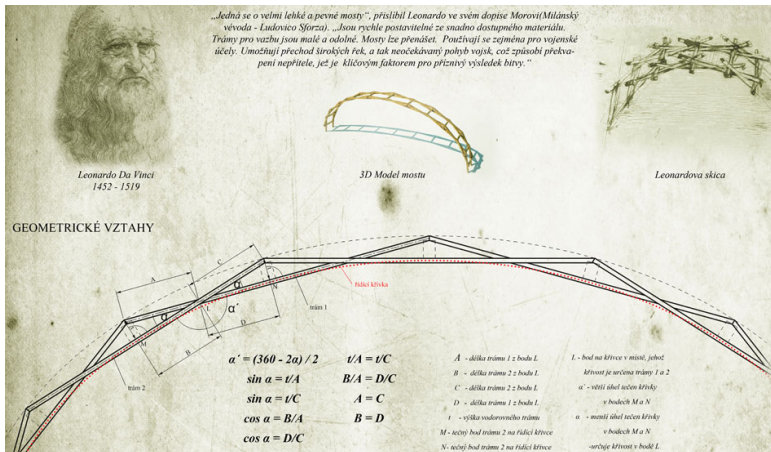
## Principy práce s nástrojem



# Verifikace postupu pro typové úlohy

Leonardův most (MARTIN CÍSAŘ)

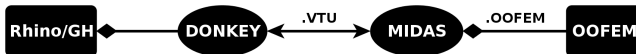
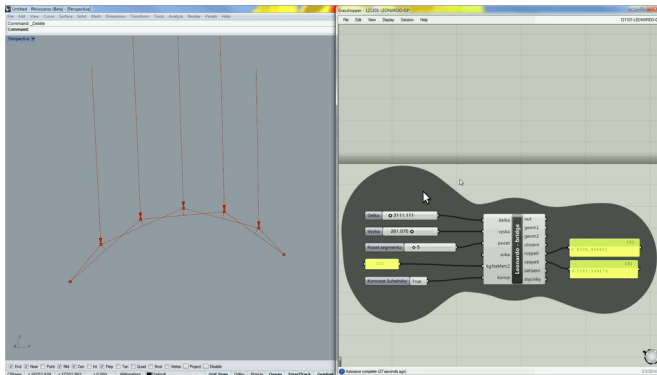
## ● Projekt sportovní haly v Kutné Hoře



# Verifikace postupu pro typové úlohy

Leonardův most

- Interaktivní analýza
- Plně parametrický návrh



- Implementace a testování indikátoru proveditelnosti
- Modelování lanových konstrukcí
- Skořepiny (z pracovních verzí softwaru)
- Implementace modulu **STRUCT** pro **IntelliCAD**
- Publikační aktivity
- Školení a manuály v češtině
- . . .