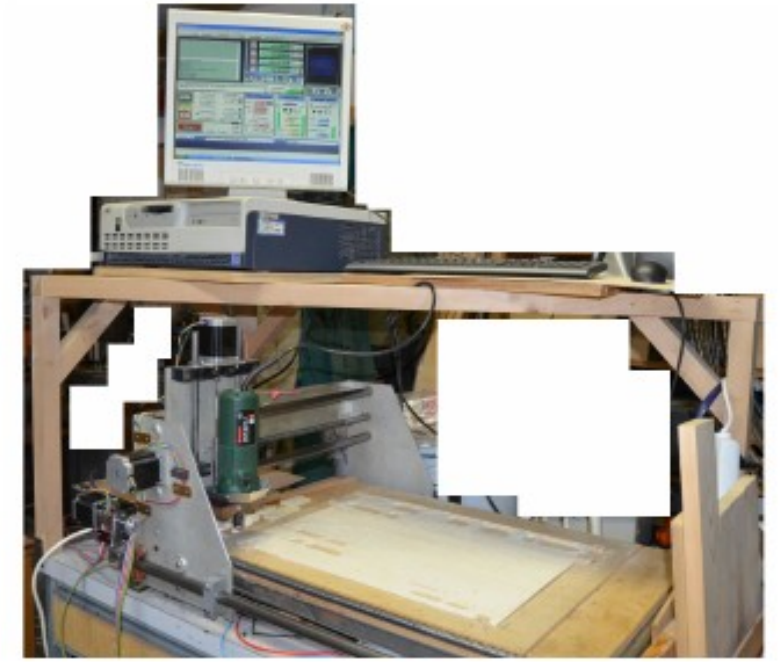
Vypĺňanie rovinných útvarov uzavretými 2D tvarmi

Tomáš Farský

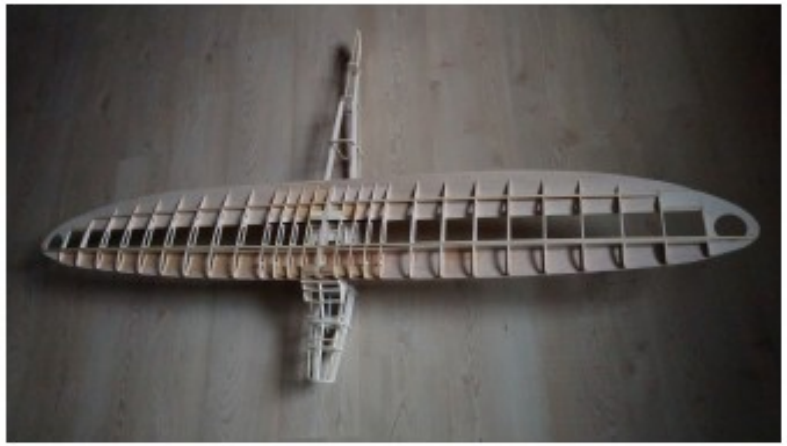
Školiteľ: doc. Dr. Tomáš Plachetka

Letecké modelárstvo



(a) CNC fréza

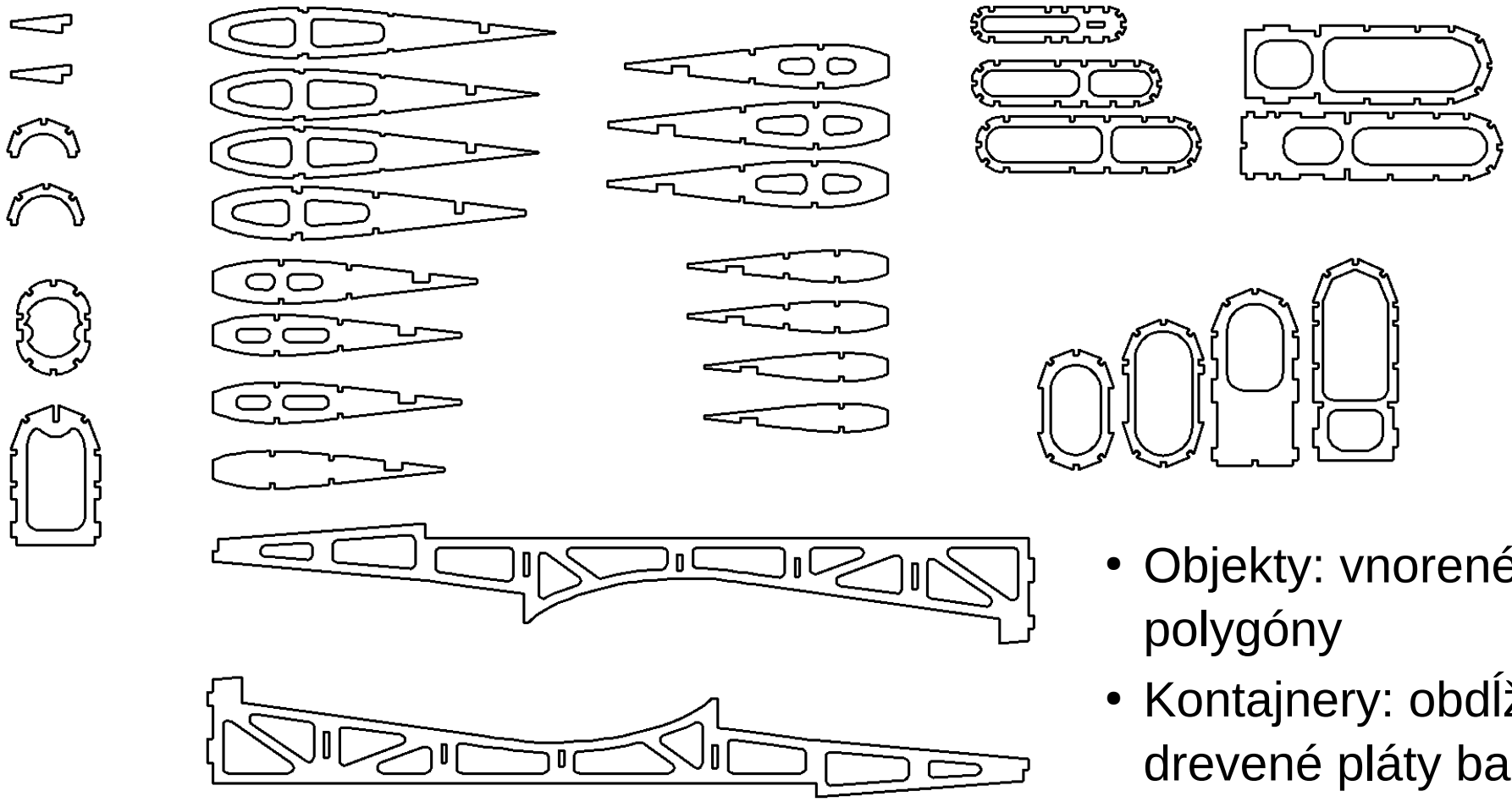
(b) Súčiastky vyrezané z plátu preglejky



(c) Model lietadla bez poťahu

(d) Model lietadla

Výkres so súčiastkami



- Objekty: vnorené uzavreté polygóny
- Kontajnery: obdĺžnikové drevené pláty balzy alebo preglejky (500x400 mm)

- Cieľ:
  (1) minimalizovať počet plátov
  (2) a potom maximalizovať súvislú voľnú časť posledného plátu

AutoCAD DXF formát

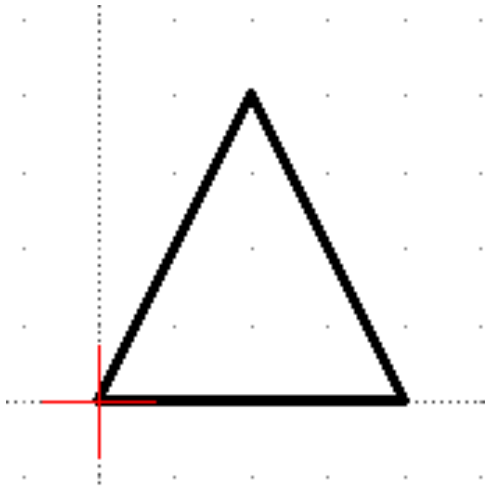
(1) Načítanie dát zo súboru do pamäte

(2) Zápis dát z pamäte do súboru

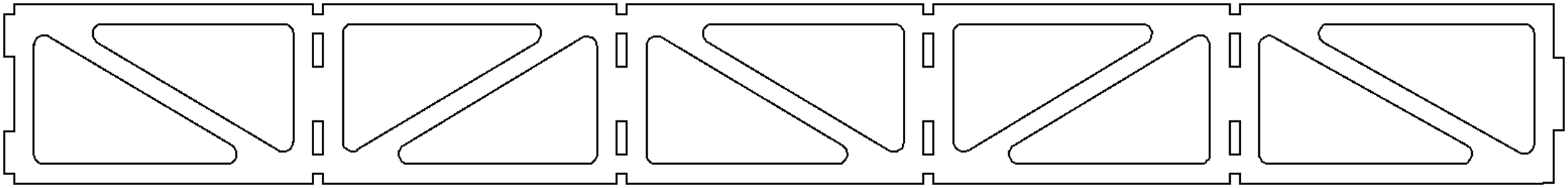
```
  0
SECTION
  2
ENTITIES
  0
LWPOLYLINE
  90
3
  70
1
  10
0
  20
0
  10
2
  20
4
  10
4
  20
0
  0
ENDSEC
```

polygón má 3 vrcholy

polygón je uzavretý



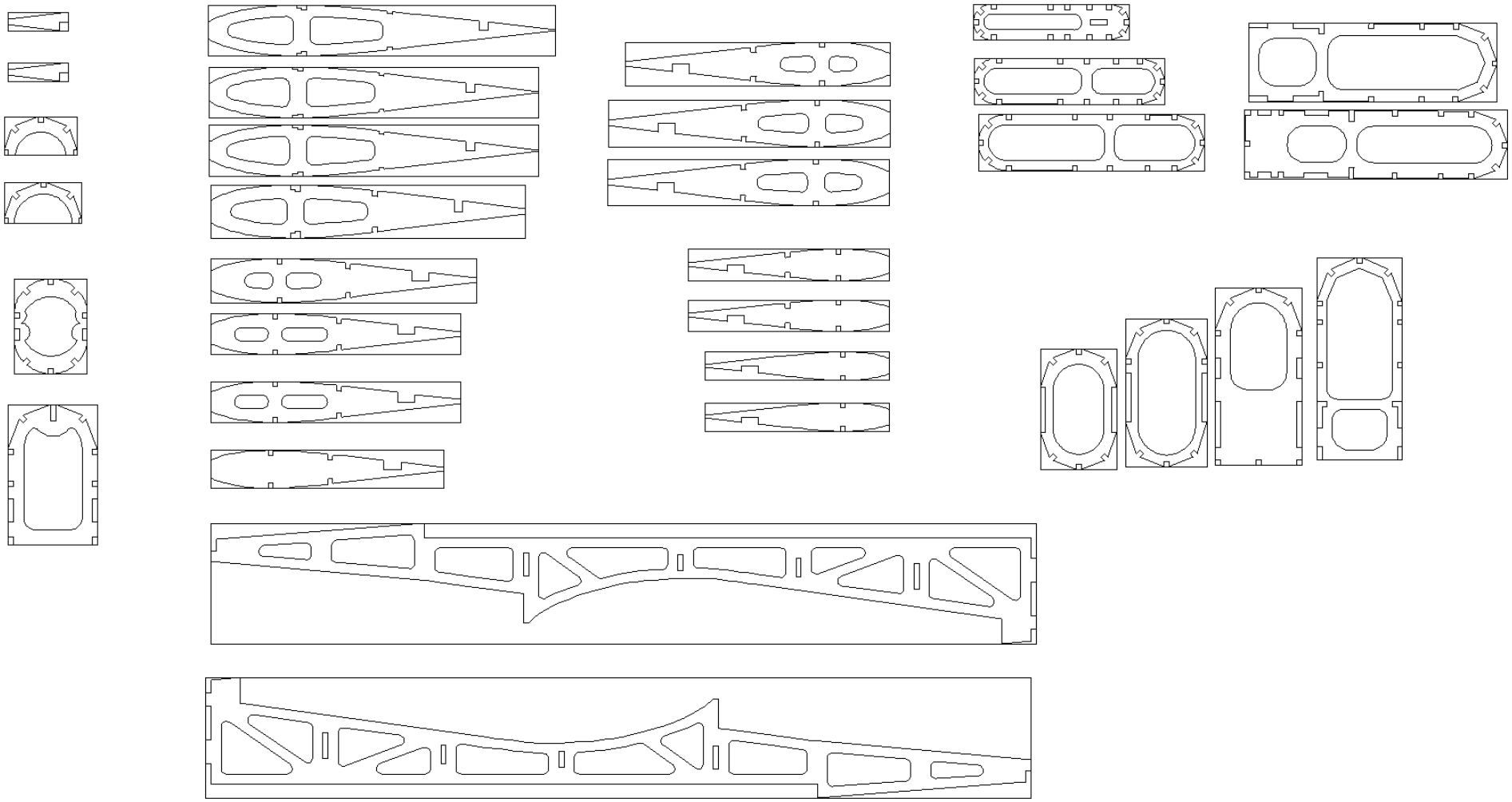
Vnorené polygóny



Špecifické požiadavky

- Súčiastky nie je povolené rotovať kvôli štruktúre dreva
- Medzi uloženými súčiastkami je potrebná medzera kvôli fréze
- Ak sa celý výkres nezmestí na jeden drevený plát, riešenie musí byť rozložené na viacero plátov

Metóda riešenia – ukladanie obdĺžnikov



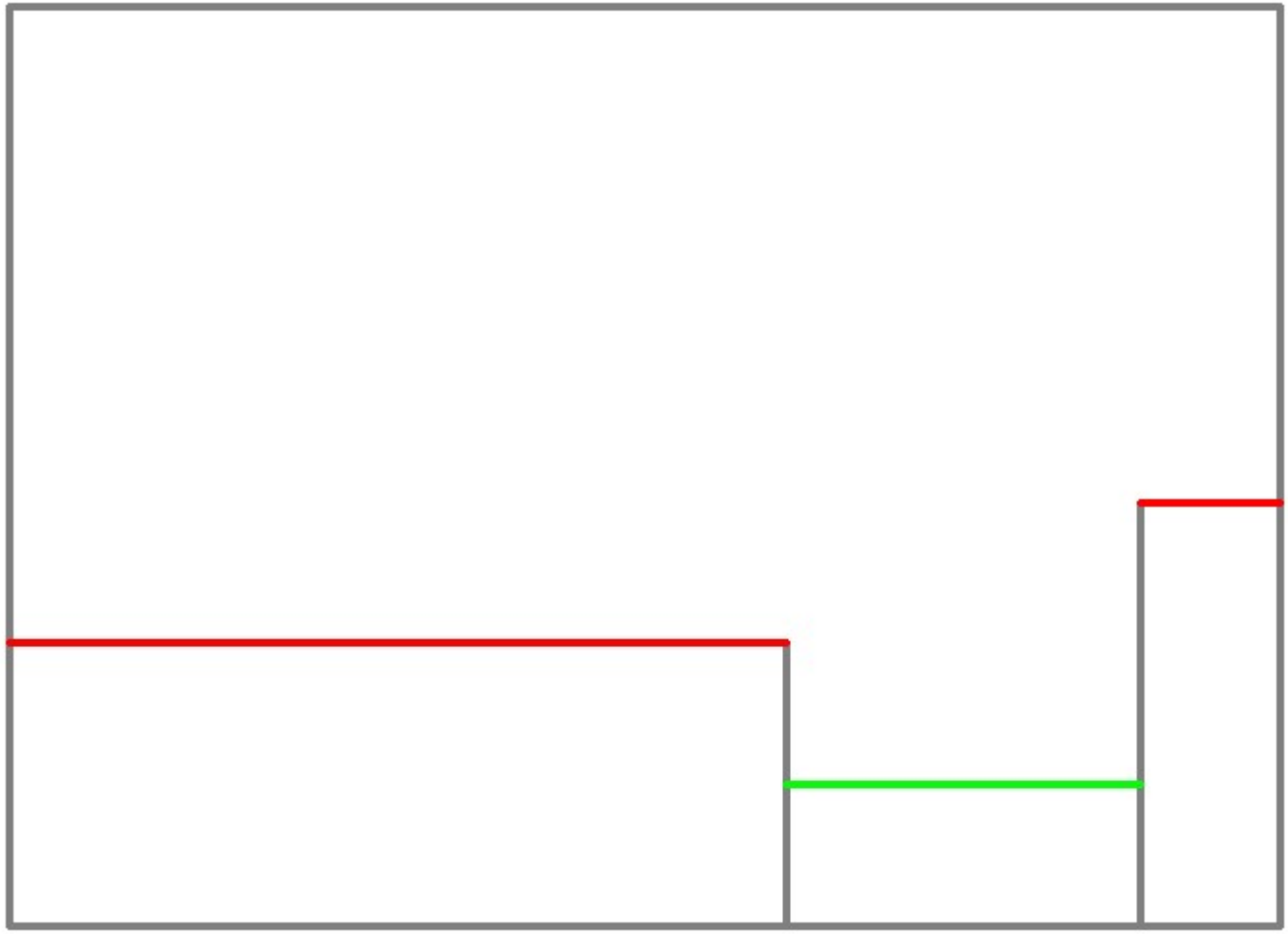
(1) Obalíme súčiastky do obdĺžnikov

(2) Riešime 2D obdĺžnikový Problém vypĺňania nádoby (jedného tvaru)

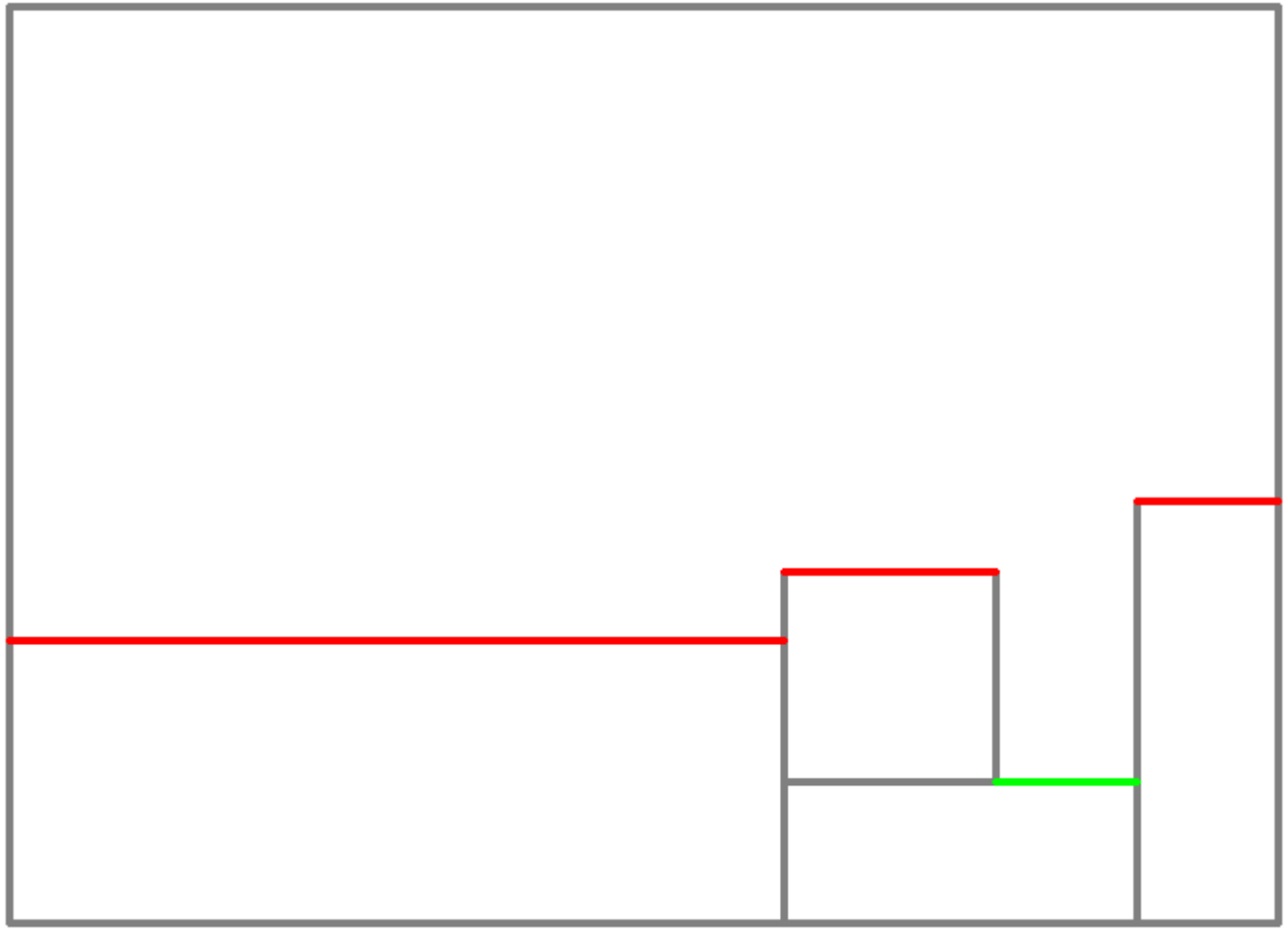
Best-fit skyline algoritmus

- Nájdenie optimálneho riešenia je NP-ťažký problém
- Heuristický greedy algoritmus
  - [M. Yagiura, S. Imahori: The best-fit heuristic for the rectangular strip packing problem: An efficient implementation and the worst-case approximation ratio, Computers and Operations Research 37(2), 2010, pp. 325–333]
  - Garantuje dobrú kvalitu riešenia (hornú hranicu odchýlky od optimálneho riešenia)

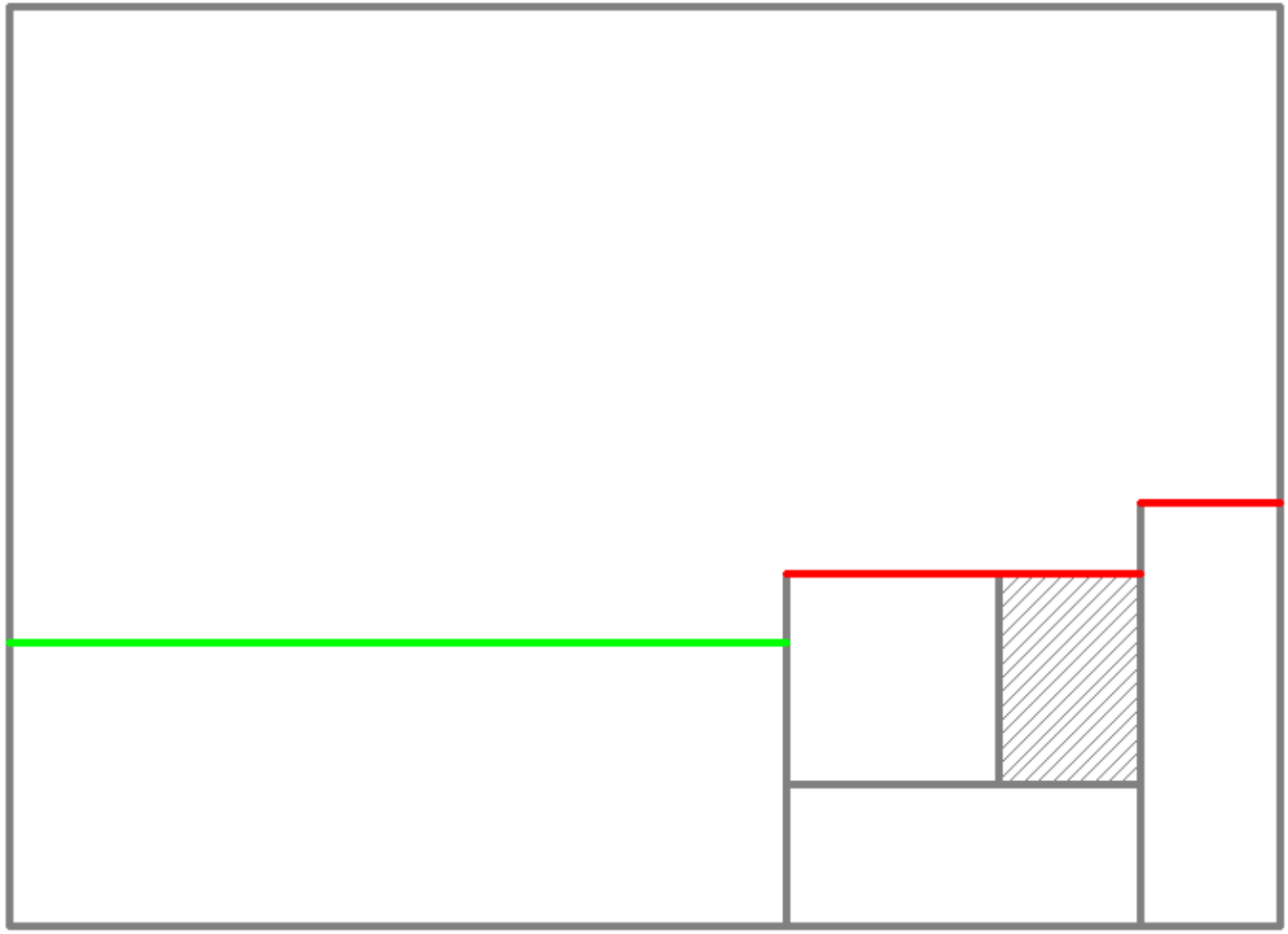
Skyline (1)



Skyline (2)



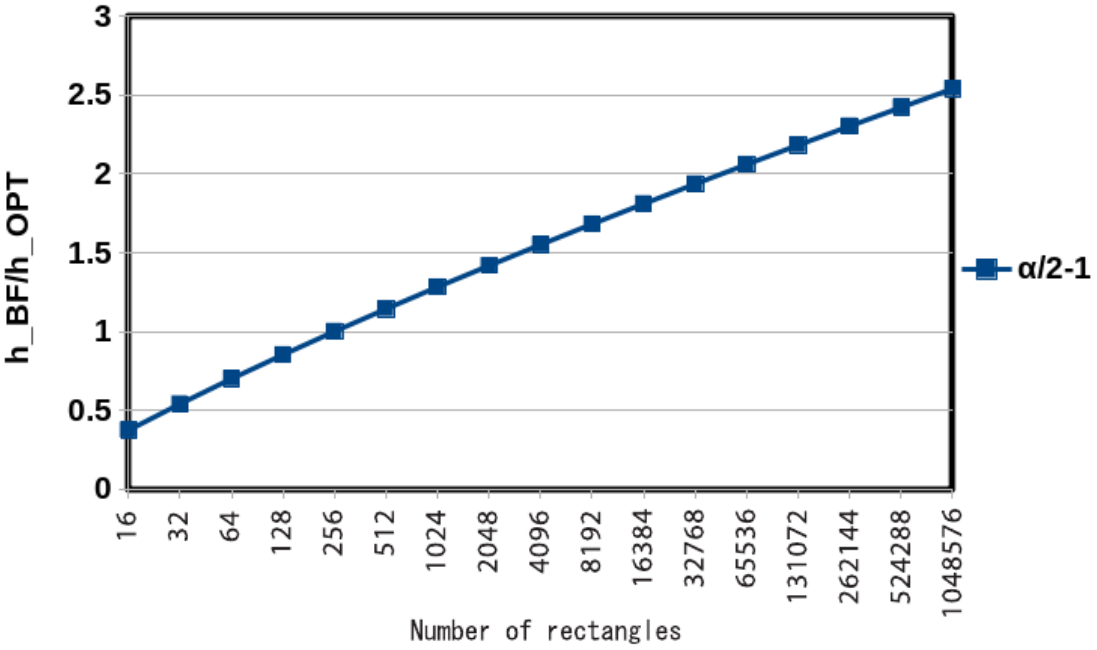
Skyline (3)

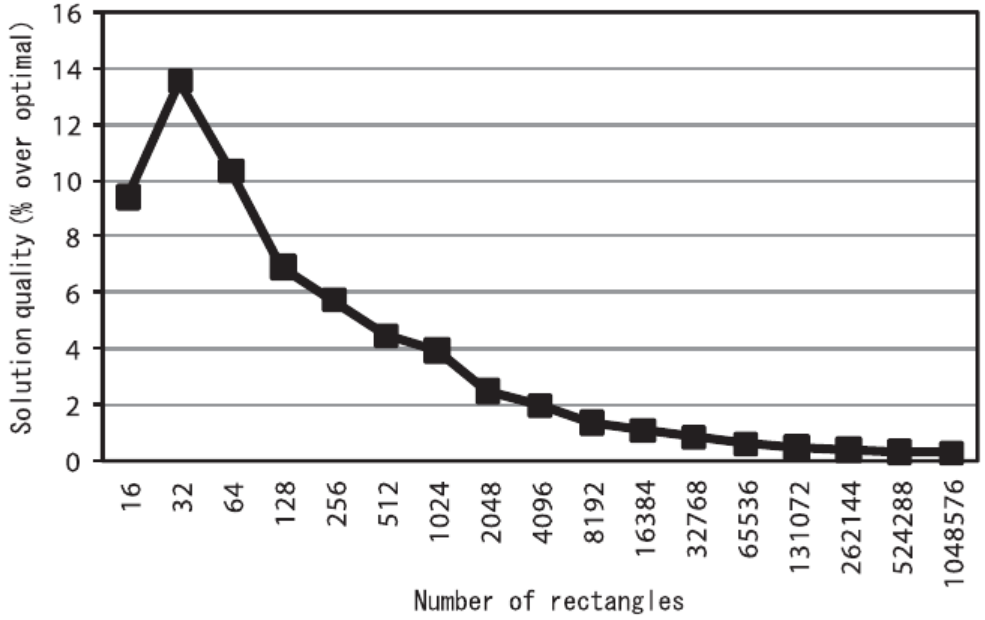


- Účelová funkcia: obsah pod skyline

Garancia kvality riešenia

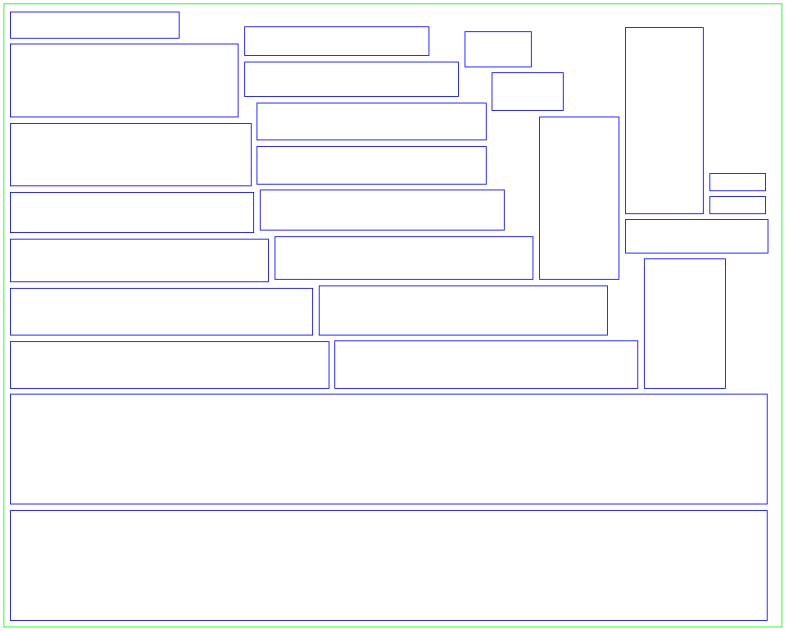
Veta [Yagiura, Imahori] Best–fit heuristika je Θ(α)-aproximačný algoritmus pre 2D obdĺžnikový Problém vypĺňania pásu s fixnou orientáciou obdĺžnikov. Pre číslo α platí $\alpha^{\alpha} = n$, kde n je počet obdĺžnikov na vstupe. (Poznámka: α rastie asymptoticky pomalšie než log n.)

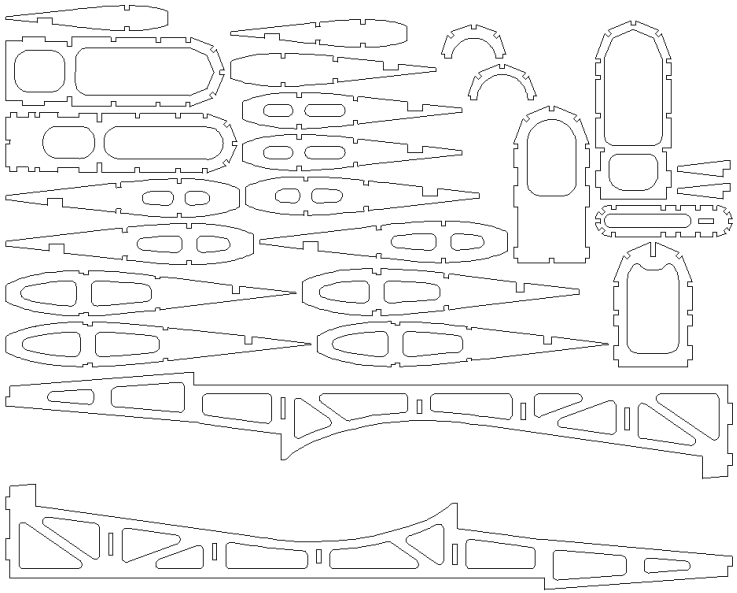


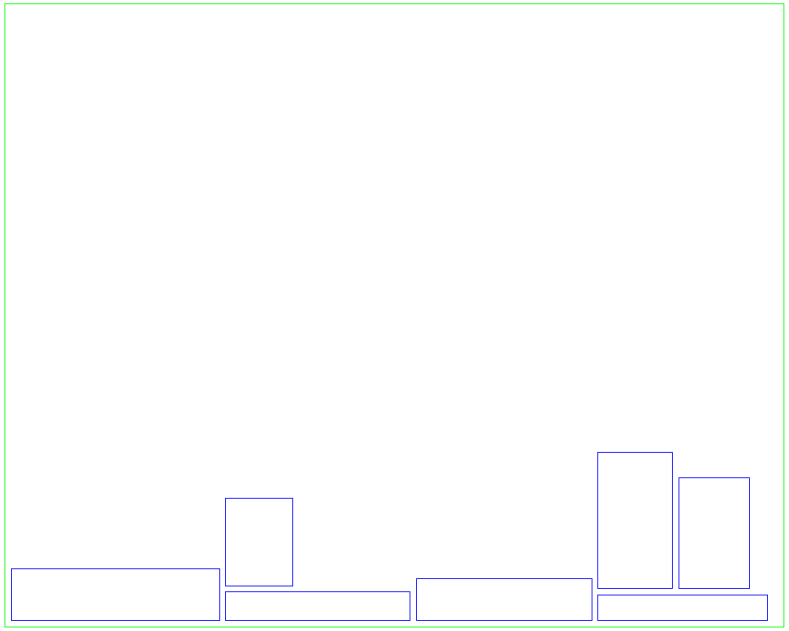


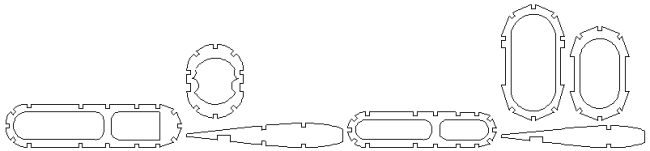
Zdroj: [M. Yagiura, S. Imahori, 2010]

Výsledok – ukladanie obdĺžnikov



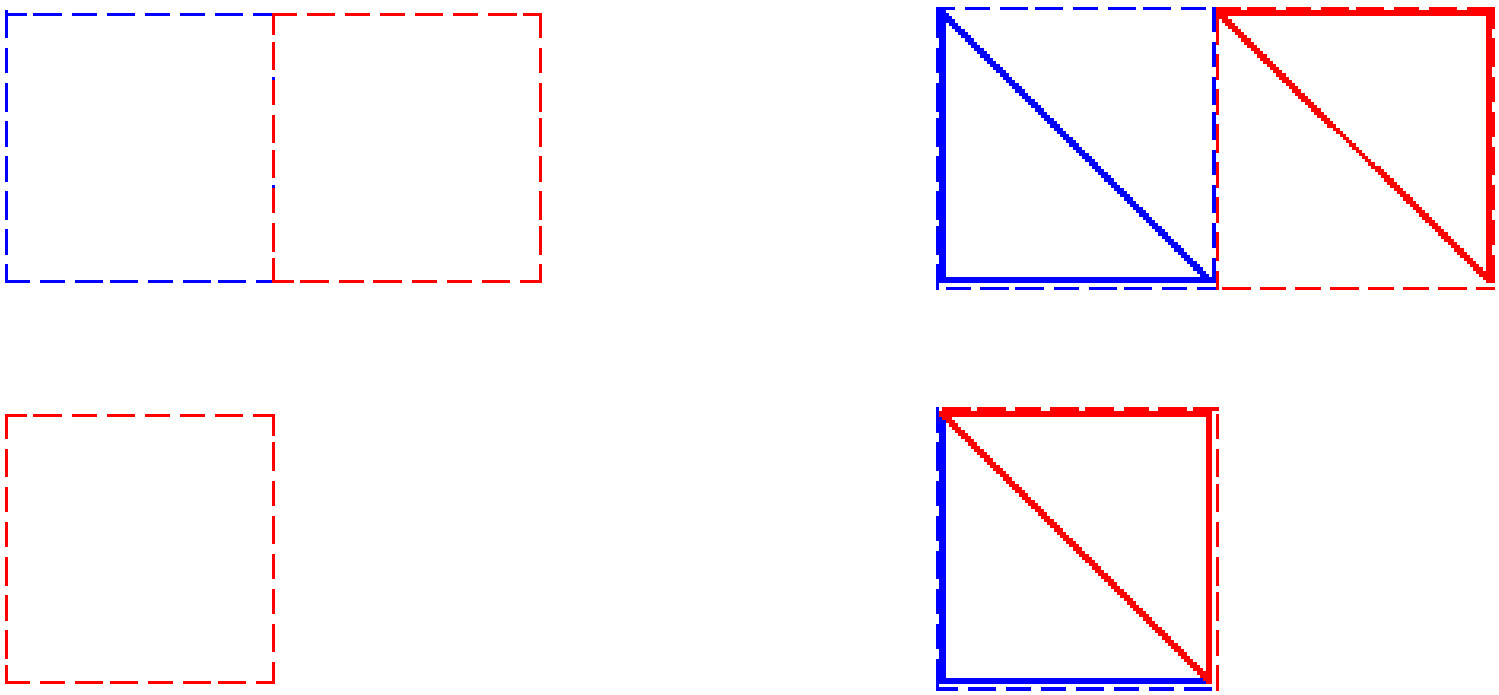






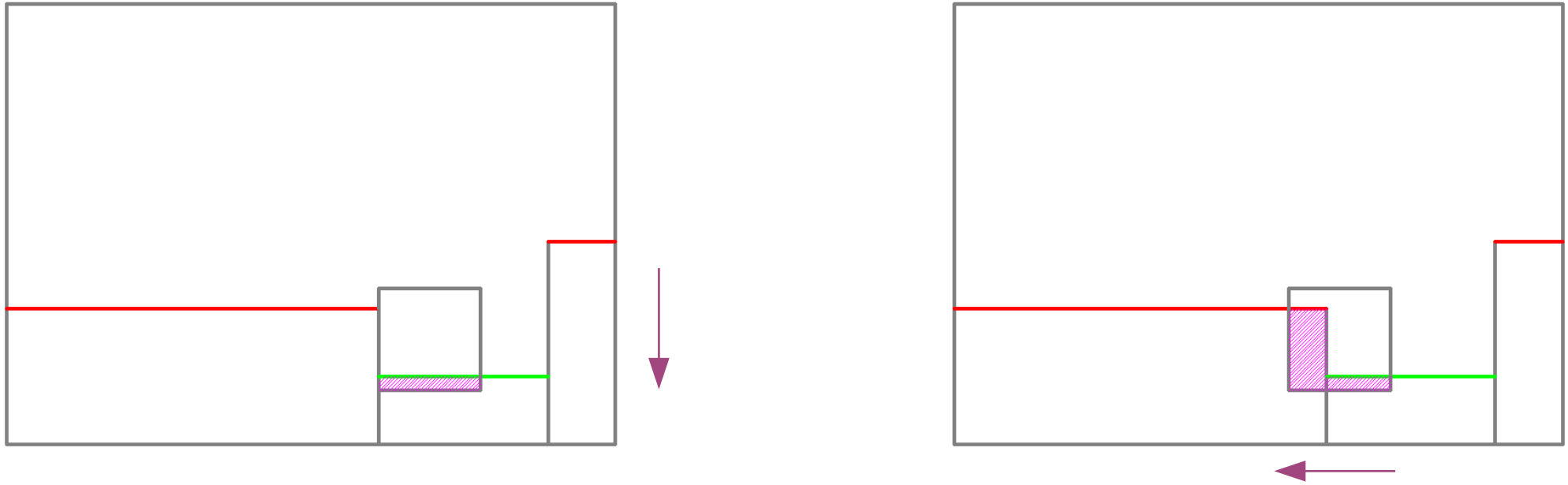
Vylepšenie algoritmu – ukladanie obdĺžnikov s prekrývaním

- Modifikácia best-fit skyline algoritmu
- Vylepšenie pre neobdĺžnikové objekty
- Obaľujúce obdĺžniky môžeme prekryť tak, aby sa neprekryli súčiastky

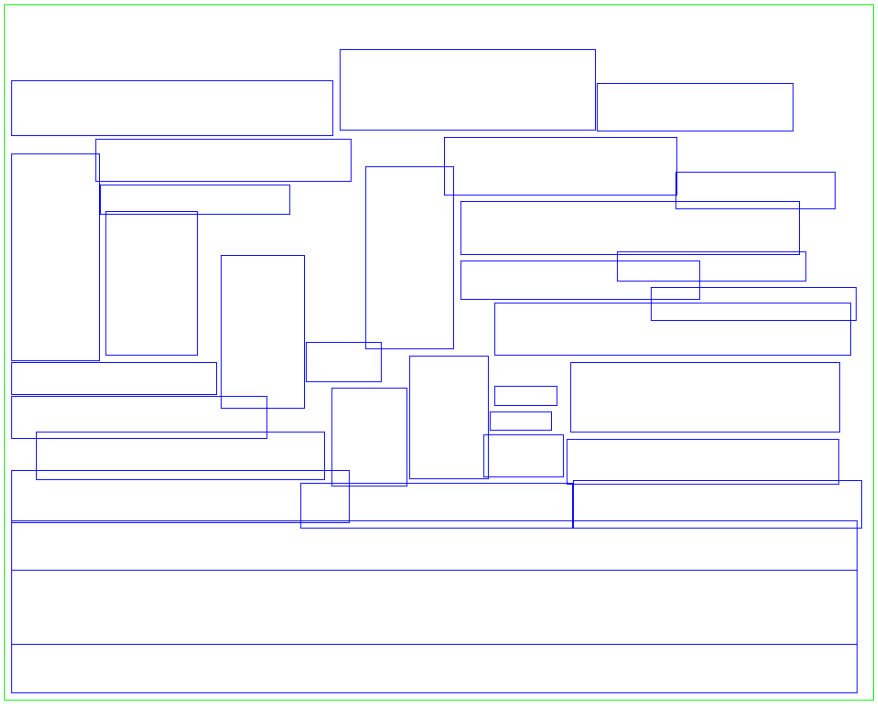


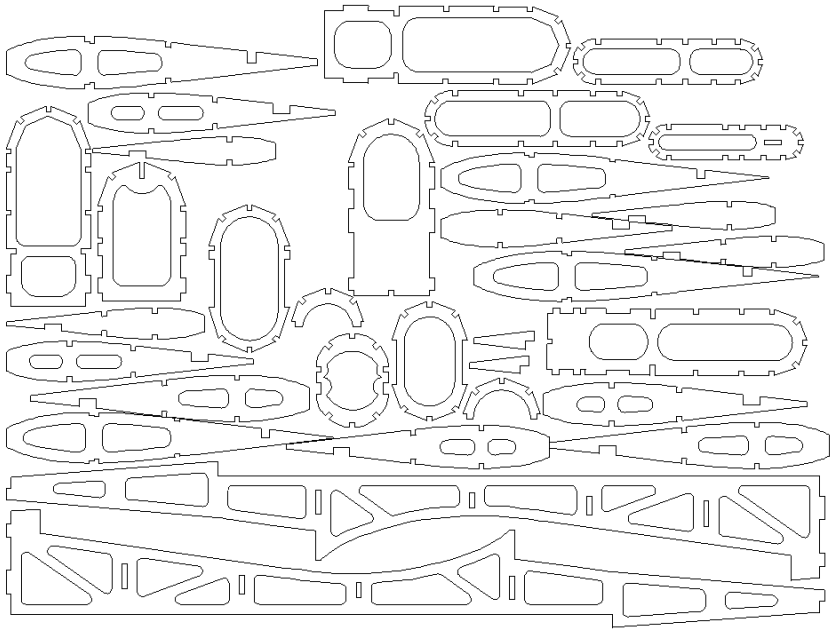
Vylepšenie algoritmu – ukladanie obdĺžnikov s prekrývaním

- Posun doľava-dole a dole-doľava po x, resp. y osi
- Viacero možností z ktorých sa v greedy-kroku vyberá lokálne optimum
- Ak sa nedá uplatniť nové kritérium na výber najlepšie pasujúceho objektu, použije sa pôvodné kritérium
- Týmto spôsobom určite nevyrobíme horšie riešenie (oproti ukladaniu bez prekrývania)

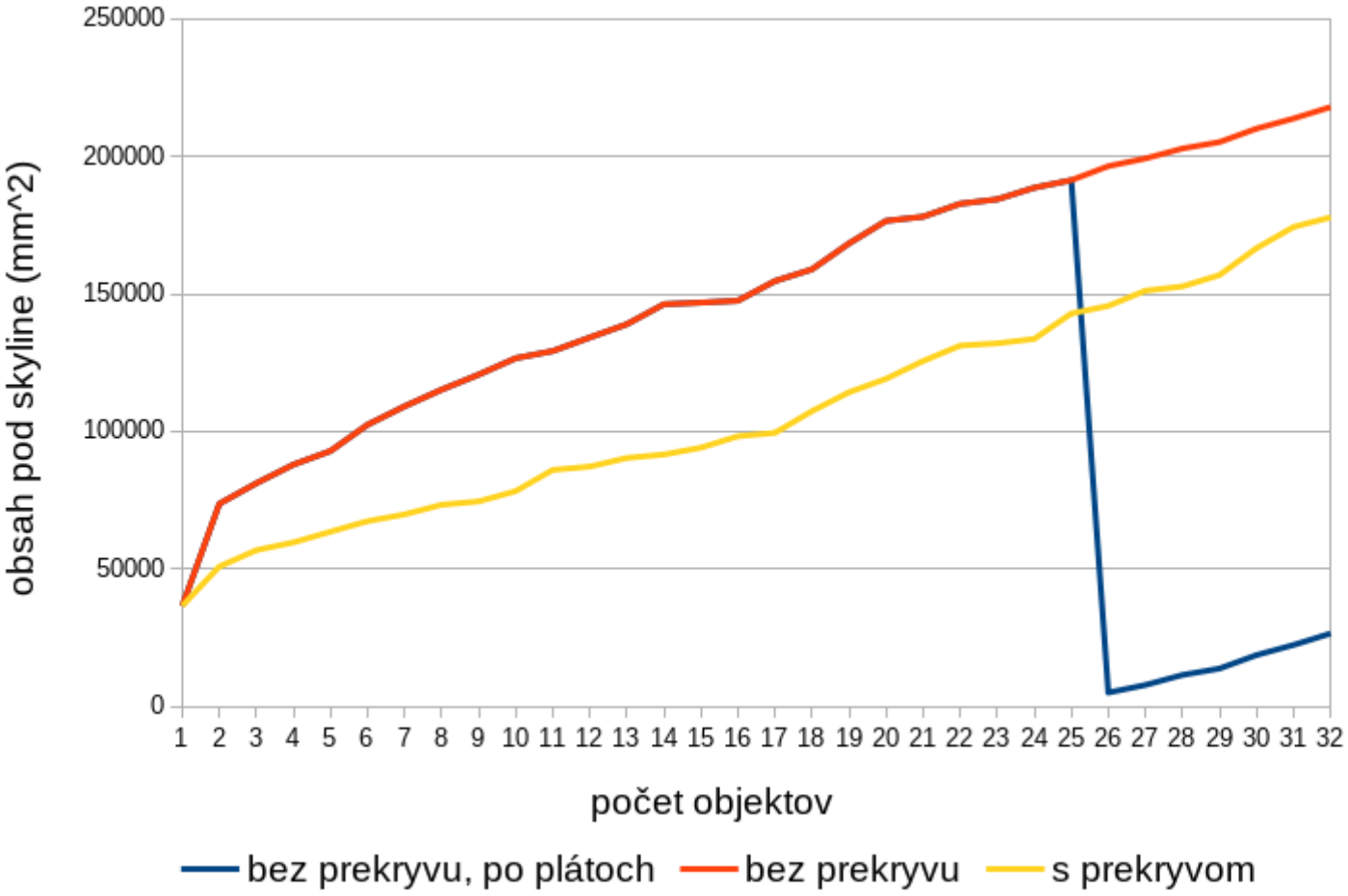


Výsledok – ukladanie obdĺžnikov s prekrývaním



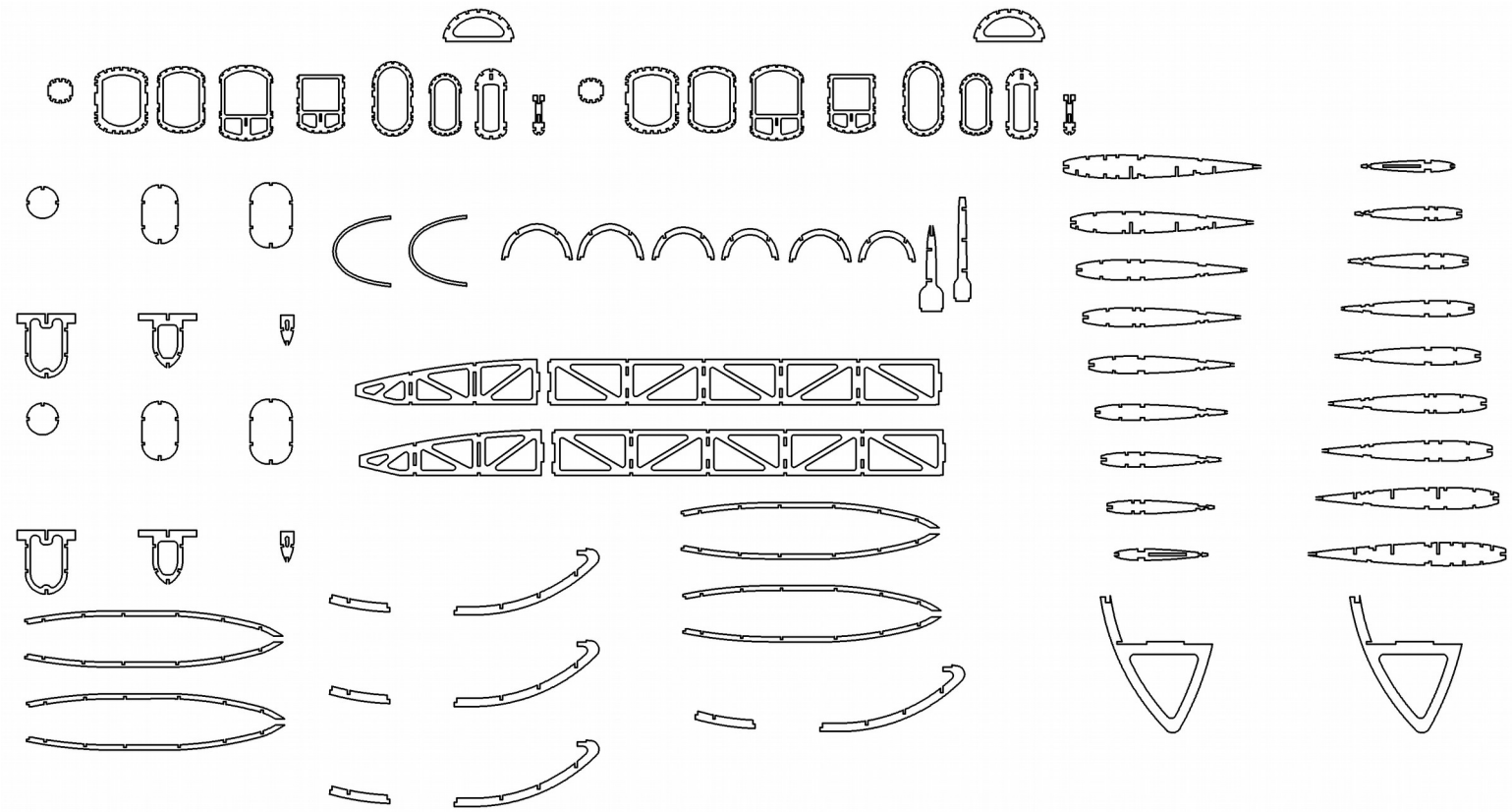


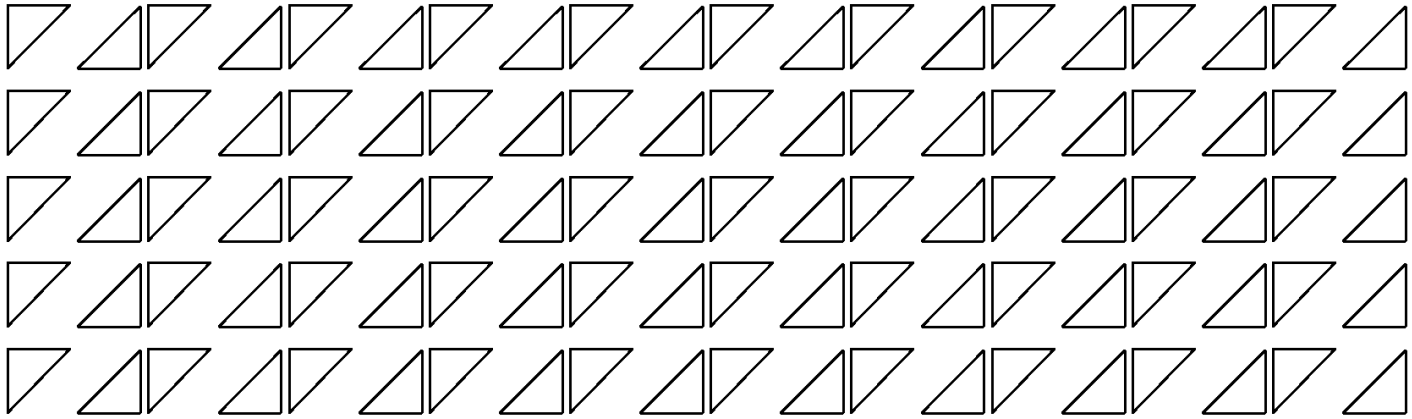
Zlepšenie riešenia prekrývaním obdĺžnikov



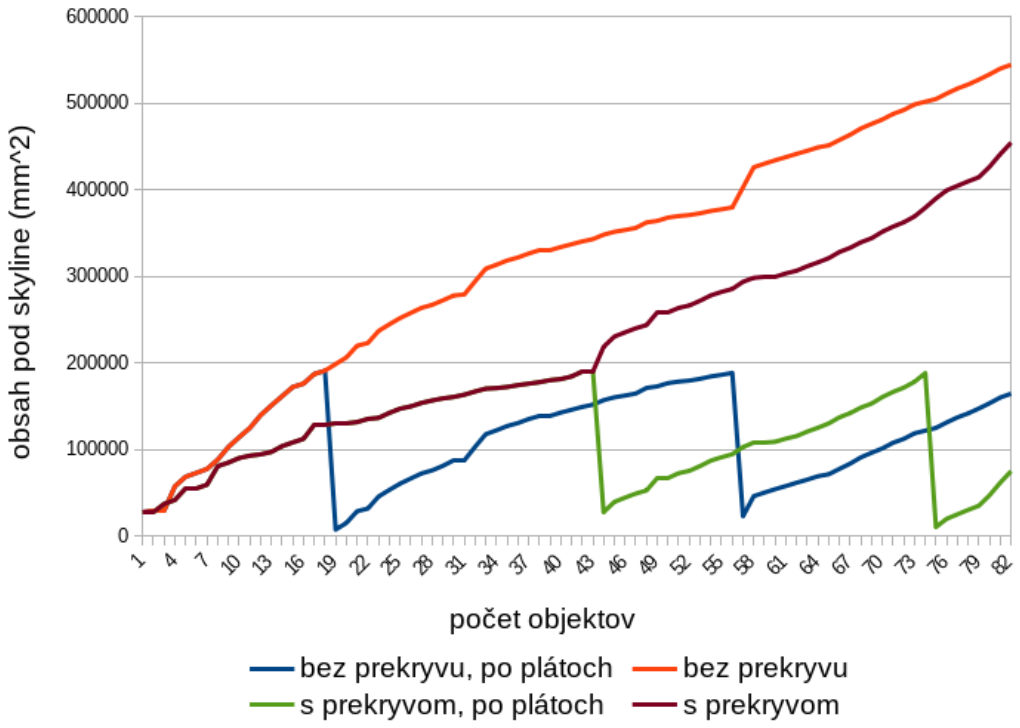
- Prekrývanie obdĺžnikov prinieslo zlepšenie 18.38 %

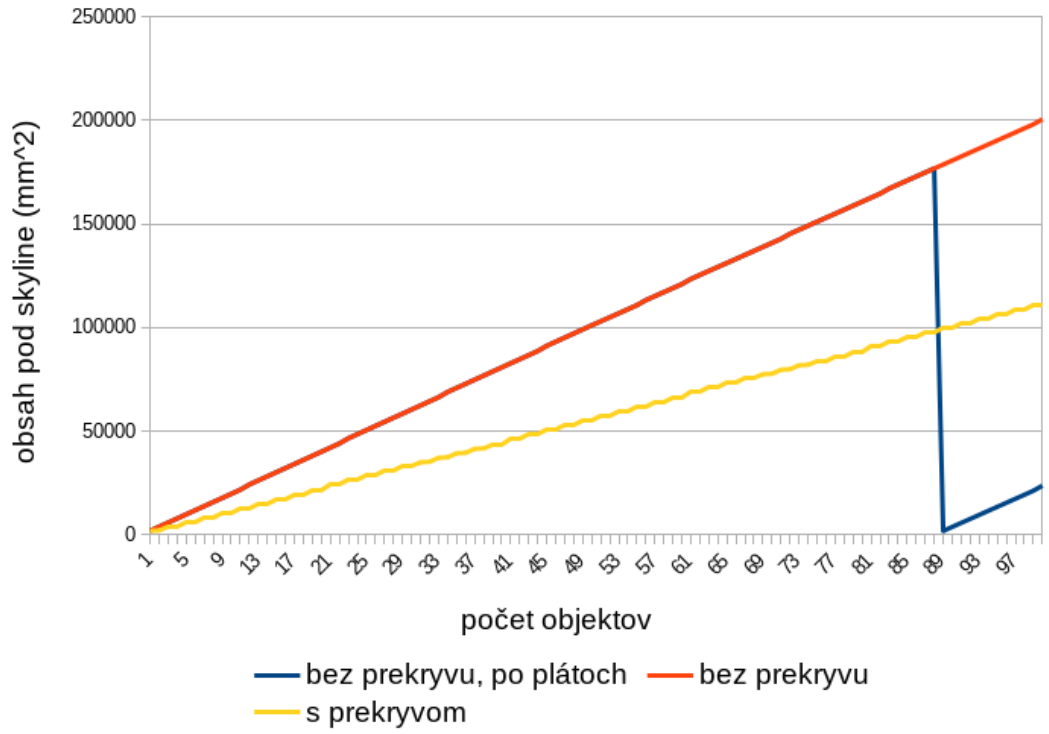
Iné výsledky – vstupy





Iné výsledky – zlepšenie riešení prekrývaním obdĺžnikov





zlepšenie o 16.52 %

zlepšenie o 44.75 %

Problémy vypĺňania
(Cutting and Packing Problems)

[H. Dyckhoff: A typology of cutting and packing problems, European Journal of Operational Research, 44(2), 1990, pp. 145–159]

[G. Wäscher, H. Haußner, H. Schumann: An improved typology of cutting and packing problems, European Journal of Operational Research, 183(3), 2007, pp. 1109–1130]

Kritéria [H. Dyckhoff, 1990]:

- Počet rozmerov
- Typ priraďovania
- Typ kontajnerov
  - jeden/rovnaké/rôzne
- Typ objektov
  - identické/malý počet/ veľký počet podobných/ veľký počet odlišných

Kritéria [G. Wäscher a kol., 2007]:

- Počet rozmerov
- Typ priraďovania
- Typ kontajnerov
  - počet kontajnerov
  - identické/podobné/odlišné kontajnery
- Typ objektov
  - identické/podobné/odlišné objekty
- Tvar objektov
  - pravidelné/nepravidlené objekty

Doplnenie prehľadových článkov

- Nadviazanie na tabuľku z [H. Dyckhoff, 1990]
  - tabuľka prehľadových prác z obdobia po roku 1990
- Nadviazanie na zoznam literatúry z [G. Wäscher a kol., 2007]
  - zaradenie prác z obdobia po roku 2007

Zhrnutie

- Letecké modelárstvo
  - rezanie súčiastok, špecifické požiadavky

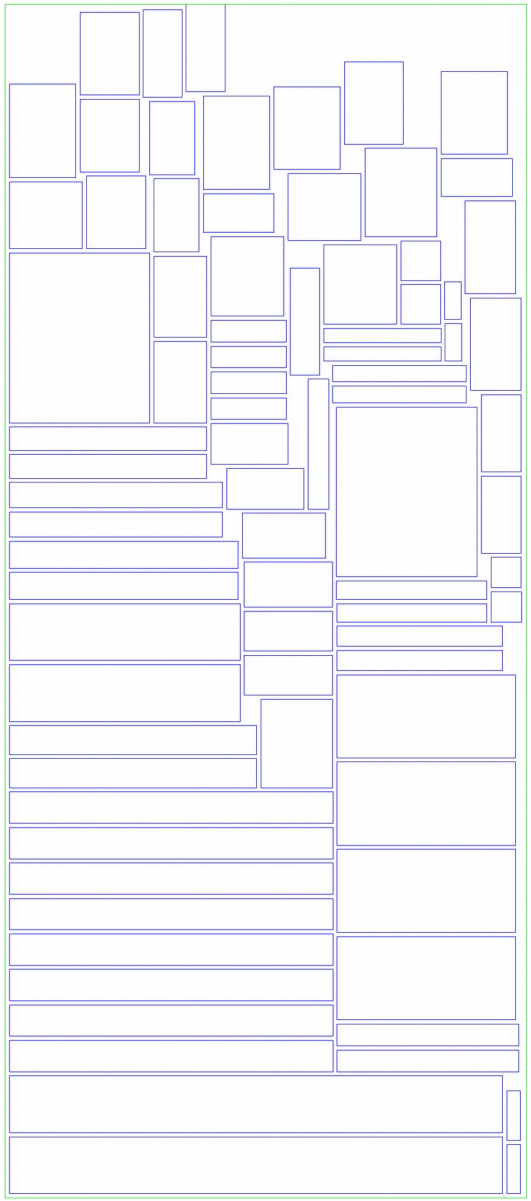
- Metóda riešenia
  - obalenie súčiastok do obdĺžnikov
  - best-fit skyline algoritmus

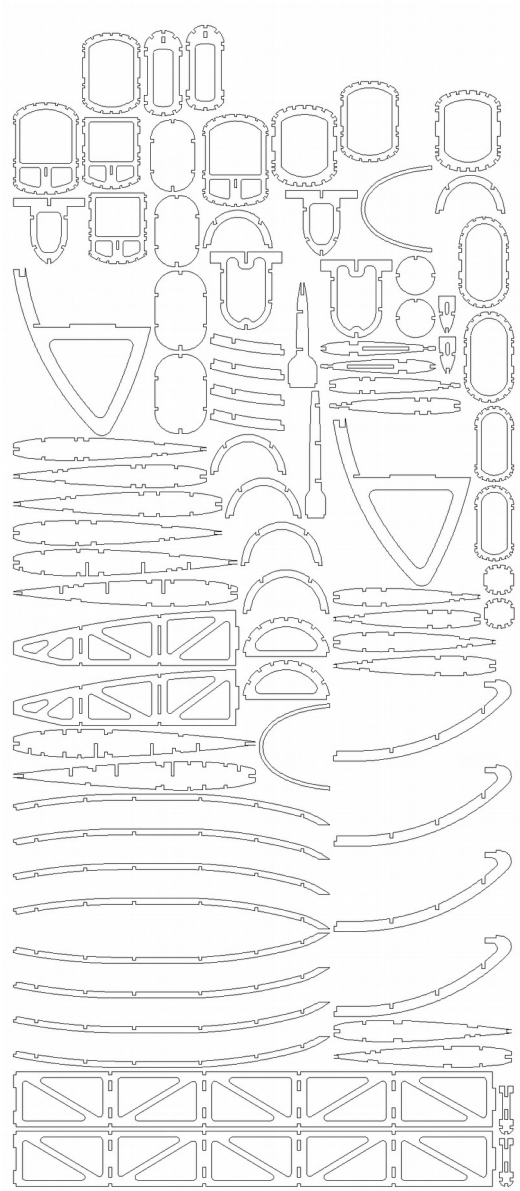
- Vylepšenie skyline algoritmu pre neobdĺžnikové objekty
  - prekrývanie obaľujúcich obdĺžnikov bez prekrytia objektov

- Demonštrácia zlepšenia na experimentoch

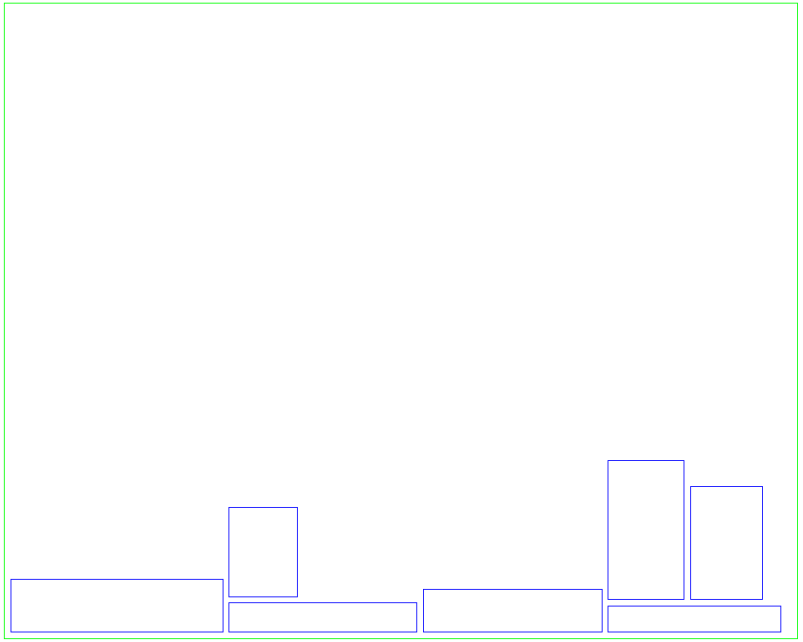
- Problémy vypĺňania (Cutting and Packing Problems)
  - zaradenie problému do existujúcej klasifikácie:
    2D obdĺžnikový/nepravidelný Problém vypĺňania nádoby jedného tvaru

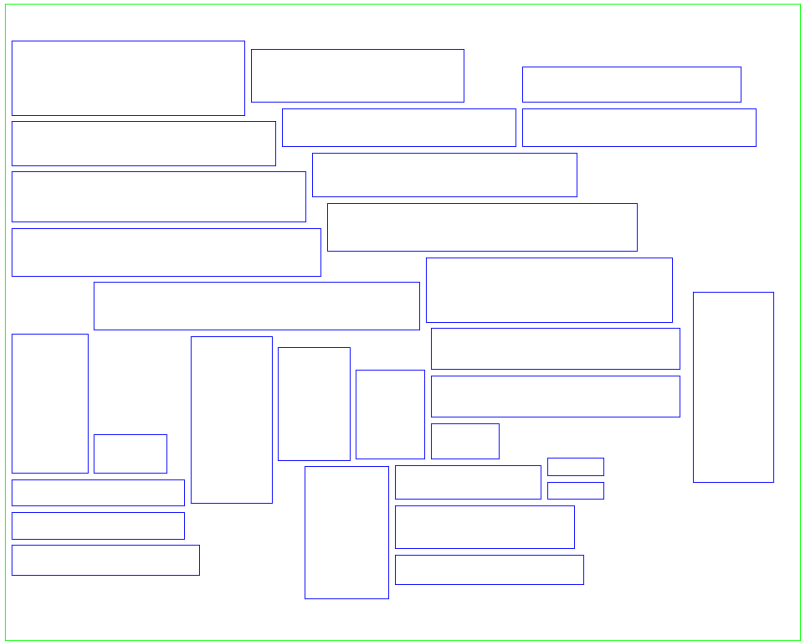
2D Problém vypĺňania pásu

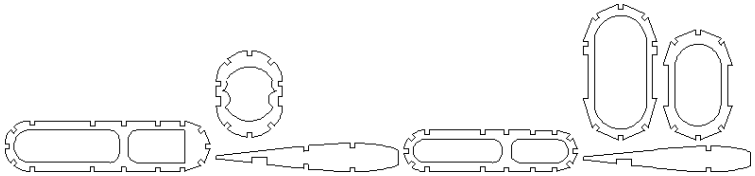


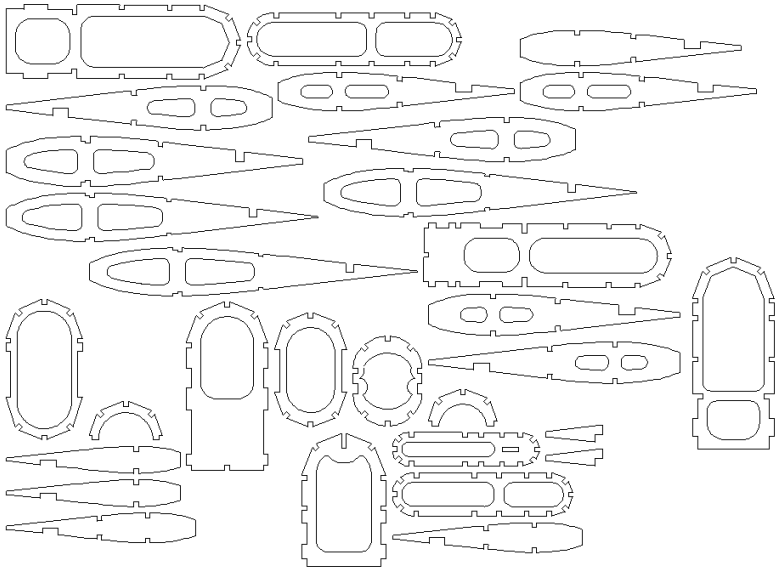


2D Problém vypĺňania zvyškovej nádoby









Časová zložitosť implementácie

- n = počet polygónov
- c = max{počet segmentov (čiar) polygónu}

- počet iterácií: $O(n)$
- jedna iterácia:
  - bez prekrývania: $O(n)$
  - s prekrývaním: $O(nc^2)$

- bez prekrývania: $O(n^2)$
- s prekrývaním: $O(n^2c^2)$