

# Odlévání zvonu

Autoři: **Jana Hejlová, Aneta Neubauerová**  
2.ročník, obor Strojírenská technická administrativa

Projekt se skládá z následujících částí:

- 1) Historie výroby zvonů
- 2) Návrh tvaru zvonu v CAD programu UNIGRAPHICS
- 3) Vizualizace proudění oceli ve formě programem MAGMASoft
- 4) Počítačová vizualizace chladnutí zvonu ve formě programem MAGMASoft
- 5) Výroba slévárenského modelu a jaderníku
- 6) Zaformování a odlévání

**Návrh dalších prací:** v dalším rozšíření projektu se autoři budou zabývat počítačovým výpočtem vnitřního pnutí při chladnutí zvonu a případně i pevnostní analýzou při zvonění

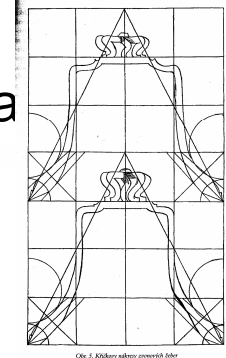
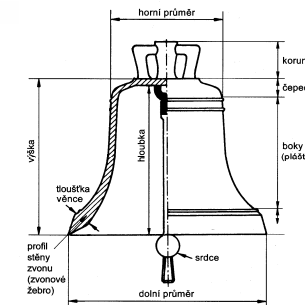
**Projekt byl vytvořen ve spolupráci s firmou ŽĐAS a. s. Žďár nad Sázavou.** Zvon byl odlit k výročí **55 let** Střední průmyslové školy ve Žďáře nad Sázavou a ke stejnému výročí zahájení provozu ve firmě ŽĐAS. Zvon a celý projekt bude prezentován na výstavě **FONDEX 2006** v Brně.

#### Konzultanti:

Dr. Ing. Josef Příhoda, ředitel VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou  
Ing. Jaromír Ošťádal, výrobní ředitel ŽĐAS a. s.  
Ing. Martin Homola, metalurgie ŽĐAS a. s.  
Bc. Arnošt Kříž, metalurgie ŽĐAS a. s.  
Ing. Rudolf Železný, metalurgie ŽĐAS a. s.

První dva zvony byly ve Žďárských slévárnách a strojárnách odlity při příležitosti zahájení výroby v srpnu roku 1951. Byly odlity z oceli na odlitky a jeden z nich je dodnes na zvonici kostela v obci Křižánky. Slévárny se k odlévání zvonů vrátily v roce 2001, kdy bylo odlito osm zvonů k výročí 50 let zahájení výroby ve firmě. Od té doby se na základě požadavků obcí odlilo několik dalších zvonů.

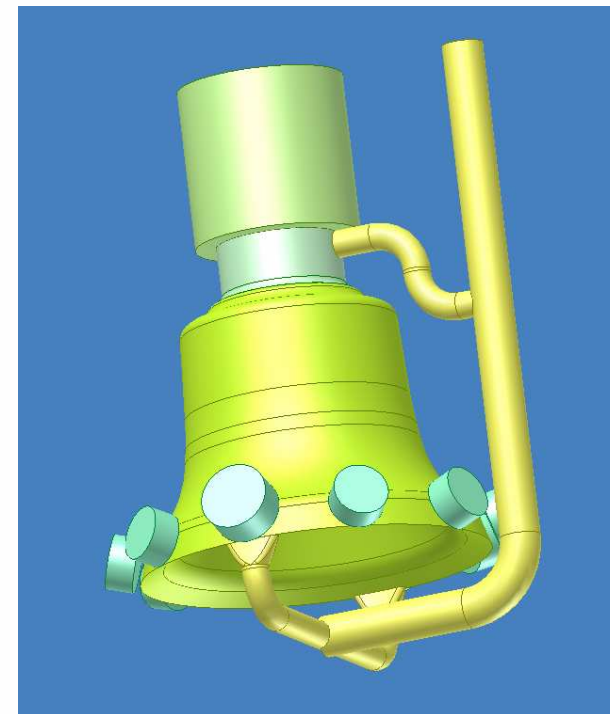
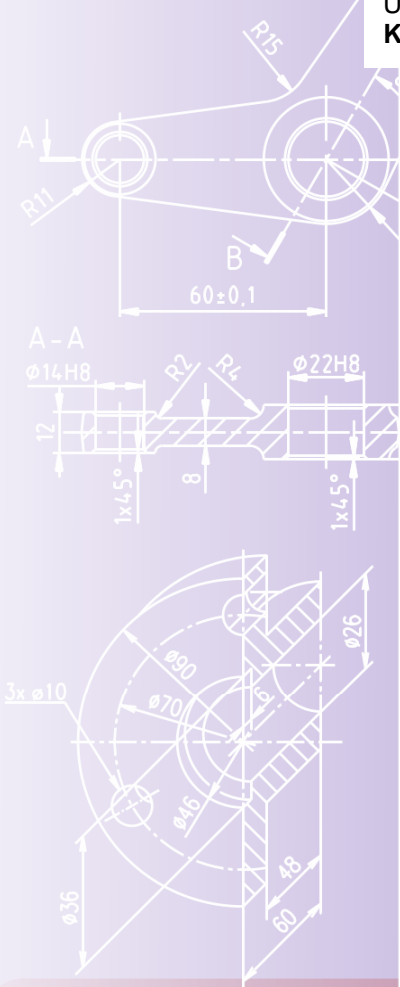
V první části studentské práce se popisuje historie výroby zvonů, technologie výroby, materiály pro výrobu zvonů a další informace získané z knih, Internetu a časopiseckých článků. V dalších částech projektu se autoři účastnili prací v a. s. ŽĐAS.



Obr. 3. Křížový řezový vzorek železa

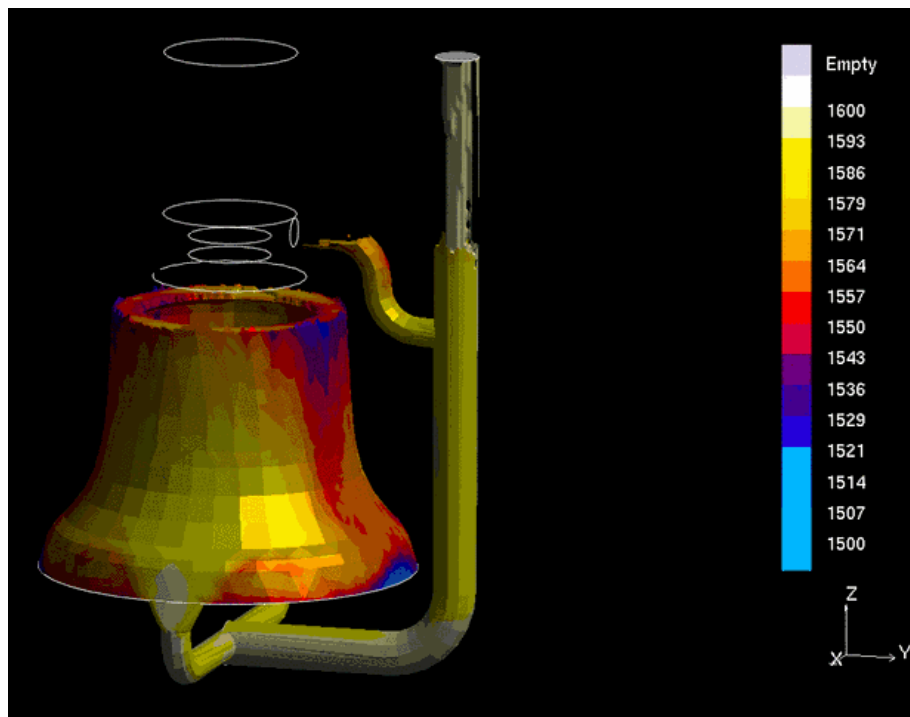
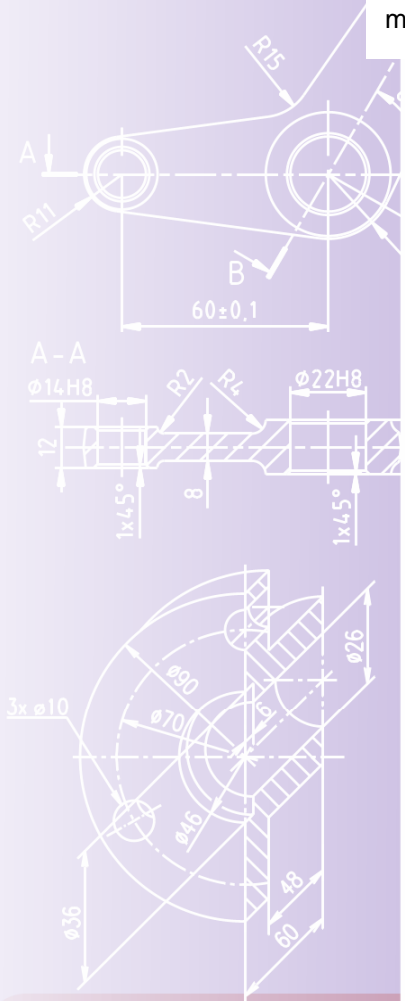
1. Návrh tvaru zvonu v CAD programu UNIGRAPHICS

V a. s. ŽĐAS byl tvar zvonu a jeho velikost navrženy podle historických výkresů zvonů. **3D model zvonu** byl vytvořen v programu UNIGRAPHICS (viz obr. vlevo)  
Ke zvonu byla připojena **vtoková soustava, systém chladítek a nálitek v hlavě zvonu** (viz obr. vpravo)



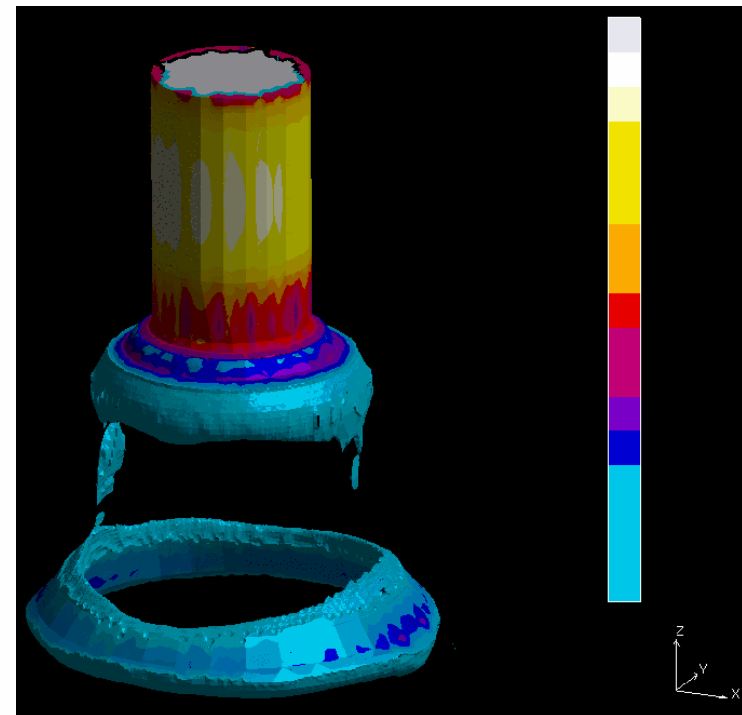
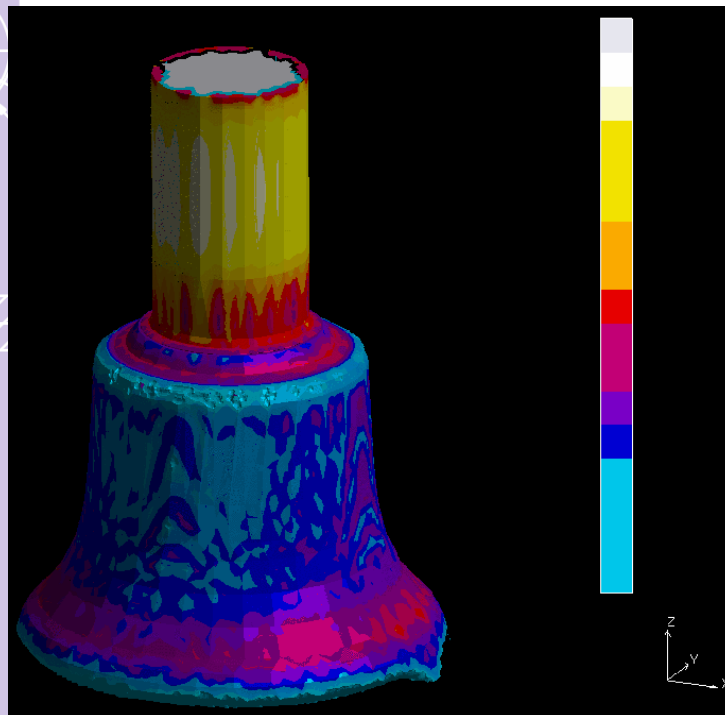
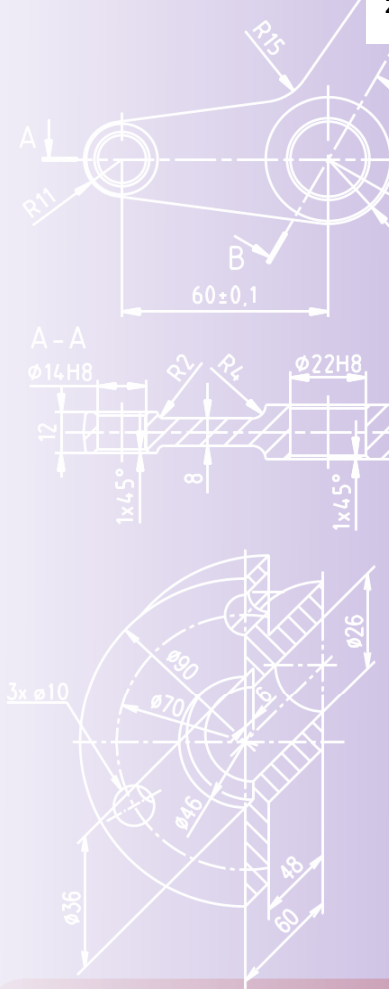
## 2. Vizualizace proudění oceli ve formě programem MAGMAsoft

Z programu UNIGRAPHICS se přes formát STL přenesl 3D model včetně technologie do programu MAGMAsoft a po zadání materiálových hodnot a okrajových podmínek se provedla simulace proudění oceli ve formě (viz obrázek)



### 3. Vizualizace chladnutí zvonu ve formě programem MAGMASoft

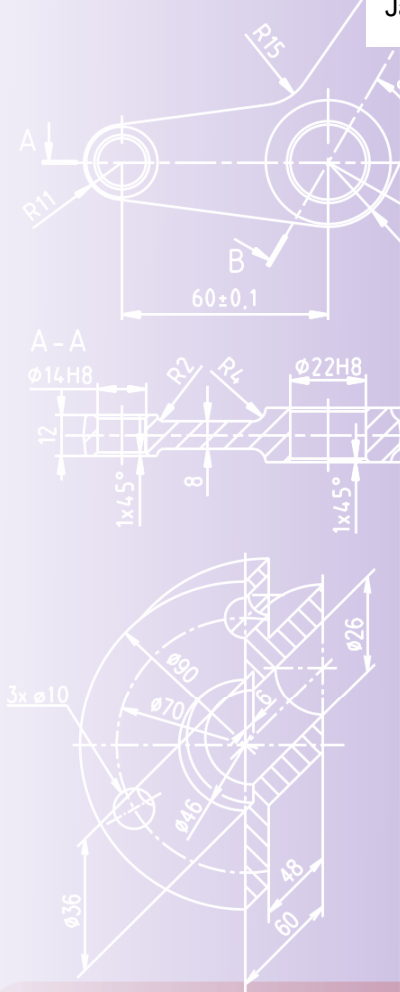
V programu MAGMASoft se provedla simulace chladnutí odlitku ve formě (viz obrázky). Obrázek vpravo je časově více vzdálen od odlití zvonu než obrázek vlevo. Obdobně lze provést výpočet vnitřního prnutí v odlitku a vznik stažení.





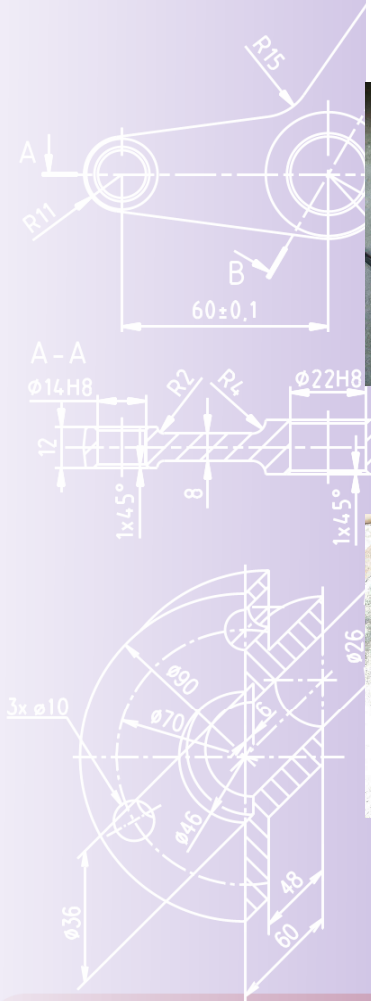
## 4. Výroba slévárenského modelu a jaderníku

Model zvonu se vyrobil soustružením, materiál modelu je polystyrén. Ten se po zaformování odstraní z formy vyřezáním po částech. Jaderník je dřevěný, slouží pro výrobu jádra, které tvoří dutinu zvonu.



## 5. Zaformování a odlévání

Model zvonu se zaformoval do formovací směsi chromitového písku pojeného fenolresolovou pryskyřicí novanol. Vytvrzování: CO<sub>2</sub> procesem. Složení oceli (%): C 0,16 - 0,19, Cu max. 0,35, Mn 0,60 - 0,80, Mo 0,95 - 1,05, Si 0,30 - 0,50, V max. 0,05, P max. 0,015, W max. 0,10, S max. 0,015, Al 0,02 - 0,03, Cr 2,10 - 2,35, Zr 0,02 - 0,04, Ni max. 0,50



Založení vtokové soustavy



Zasypávání chromitovým písekem



Vytvrzování pomocí CO<sub>2</sub>



Vylamování modelu z formy



Pohled do vnitřku formy



Zvony po rozbití forem



Zvon s nálitkem, bez vtokové soustavy



Obrobený zvon