



Vývoj výpočtových modelov pre detailnejšie hodnotenie životnosti hlavných komponentov a potrubných trás jadrových elektrární

HxGN LIVE Software User Conference CZ&SK,

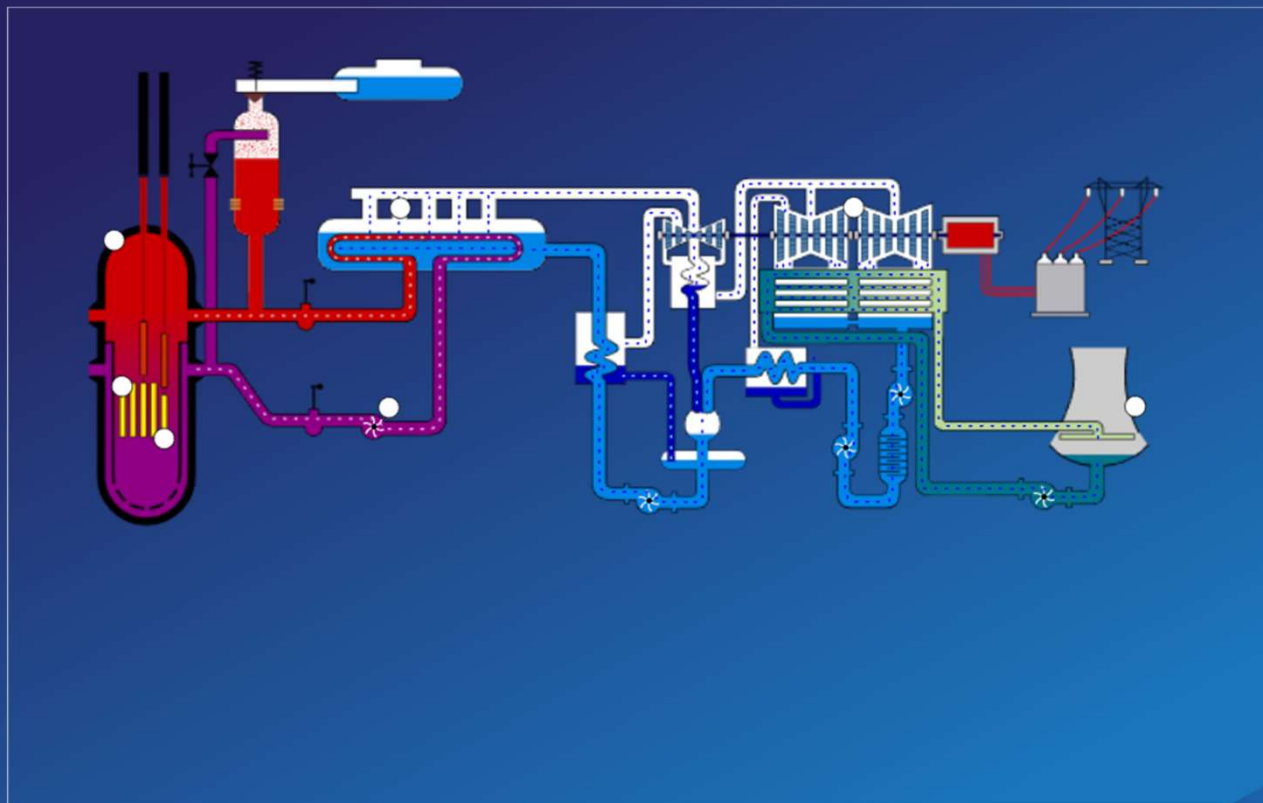
18.-19. června 2024, Zaječí

Ing. Marek Vittek, Ing. Matúš Stiller

OBSAH

□ Rozsah monitorovaných zariadení:

- ❖ Potrubné komponenty
- ❖ Hlavné komponenty PO
- ❖ Komponenty KO
- ❖ Komponenty PG



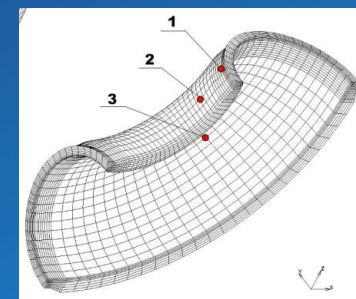
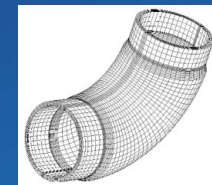
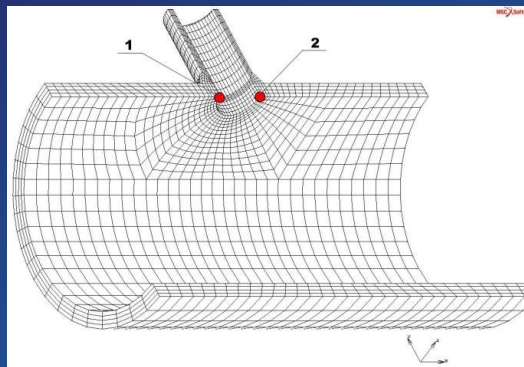
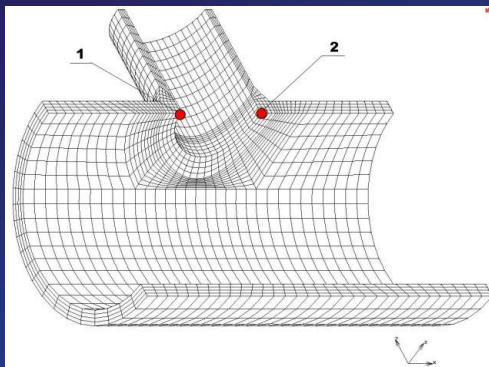
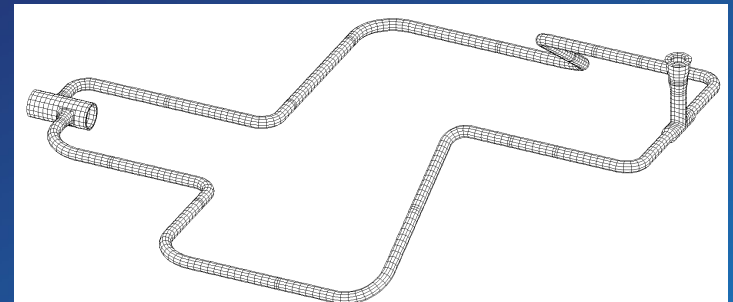
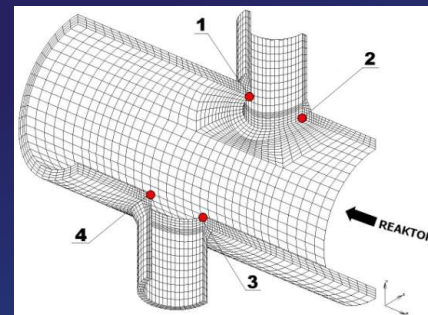
Hodnotenie únavovej životnosti komponentov JE

- ❑ Hodnotenie únavovej životnosti sa na základe rozhodnutí ÚJD SR vykonáva pre bloky JE EBO V2 periodicky po každej palivovej kampani od roku 1994 a pre JE EMO 1, 2, 3 od začiatku prevádzky;
- ❑ Rozhodnutia ÚJD SR špecifikujú minimálny rozsah komponentov, pre ktorý sa majú hodnotenia únavovej životnosti vykonávať;
- ❑ Rozsah monitorovaných zariadení JE pokrýva najviac namáhané zariadenia a komponenty :
 - komponenty potrubných trás - (nátrubky, odbočnice, kolená, ...)
 - hlavné komponenty primárneho okruhu - (TNR, HCČ, HUA, PG, KO)
- ❑ Prvé výpočtové modely vybraných komponentov PO (vytvorené pred rokom 1994) boli používané pre JE EBO V1 až do ukončenia prevádzky (2006 a 2008) a pre JE EBO V2 do konca obdobia projektovej životnosti (2014, 2015);
- ❑ V rámci prechodu JE EBO V2 na dlhodobú prevádzku bola realizovaná „aktualizácia“ MKP modelov ako aj výpočtov rozloženia teplôt, napätí a deformácií pri všetkých prevádzkových režimoch, ktoré majú nezanedbateľný vplyv na únavové poškodenie.

Rozsah monitorovaných zariadení

Potrubné komponenty

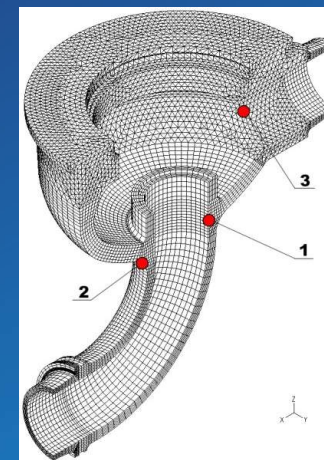
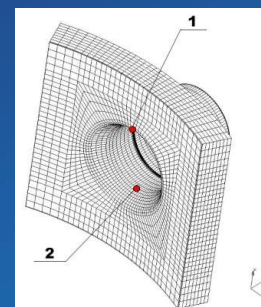
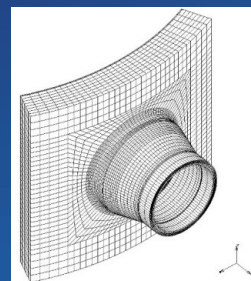
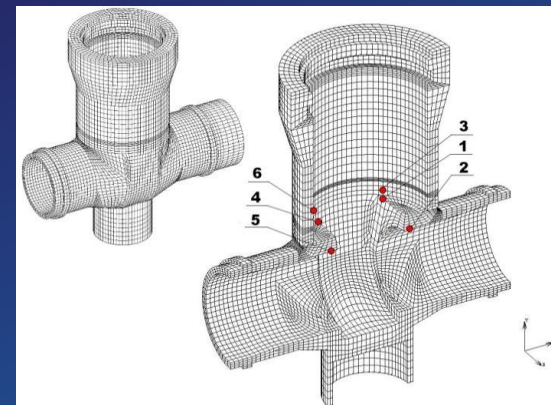
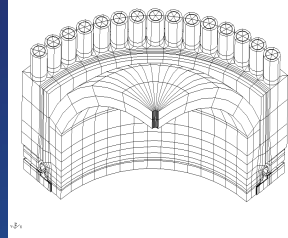
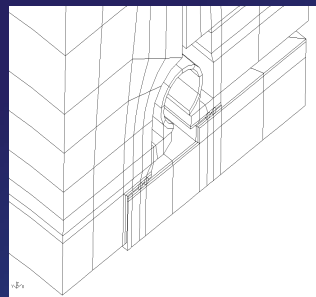
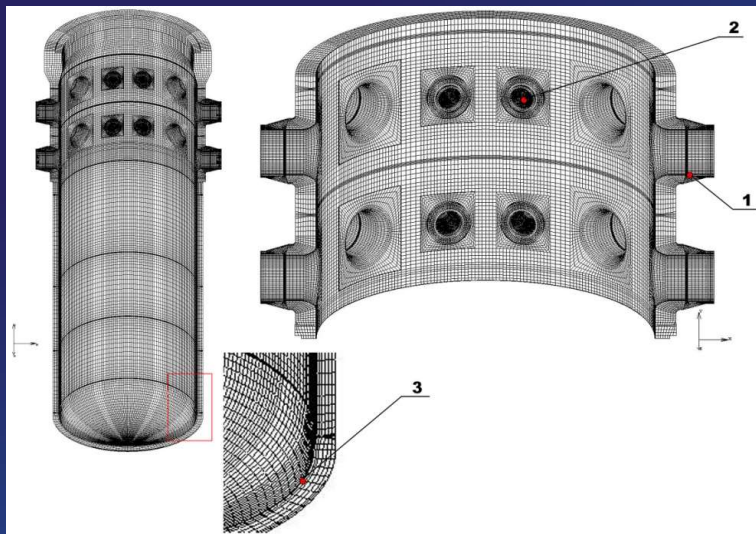
- dvojnásobná odbočnica DN 500/200
- odbočnica NT SAOZ na horúcej a studenej vetve
- odbočnica VT SAOZ
- odbočnica studeného vstrelu do KO
- horúce koleno pod PG
- vyrovnávacie potrubie KO



Rozsah monitorovaných zariadení

Hlavné komponenty PO

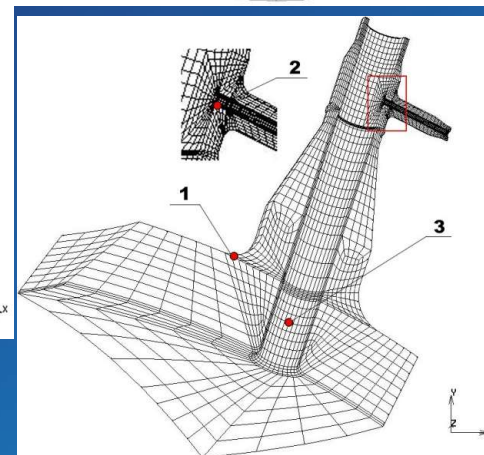
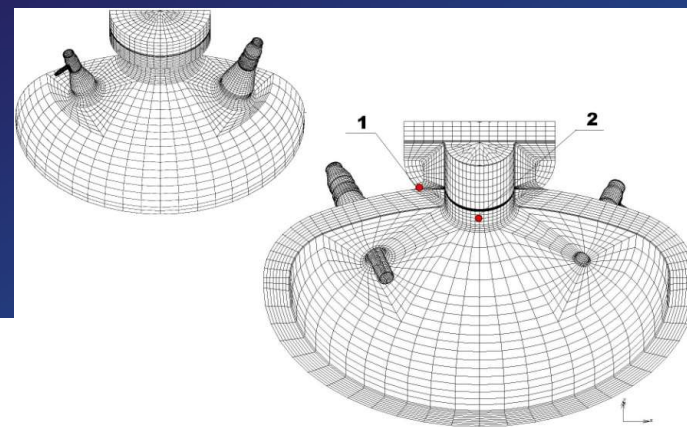
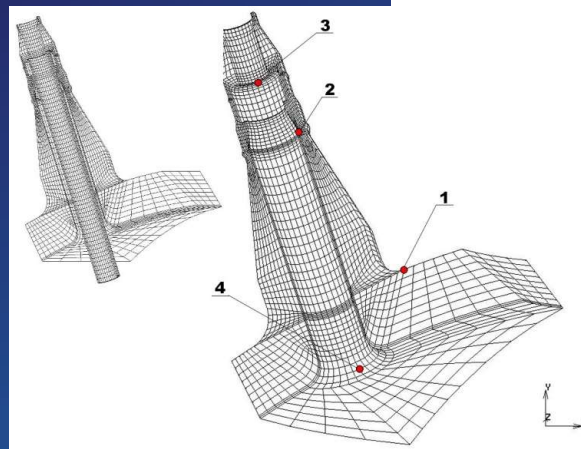
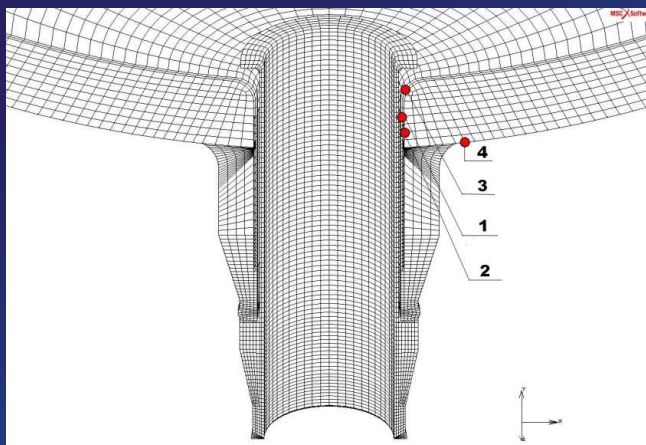
- tlaková nádoba reaktora - TNR
- horúci nátrubok TNR
- tesniaci uzol TNR
- hlavné cirkulačné čerpadlo - HCČ
- hlavná uzatváracia armatúra - HUA



Rozsah monitorovaných zariadení

Komponenty KO

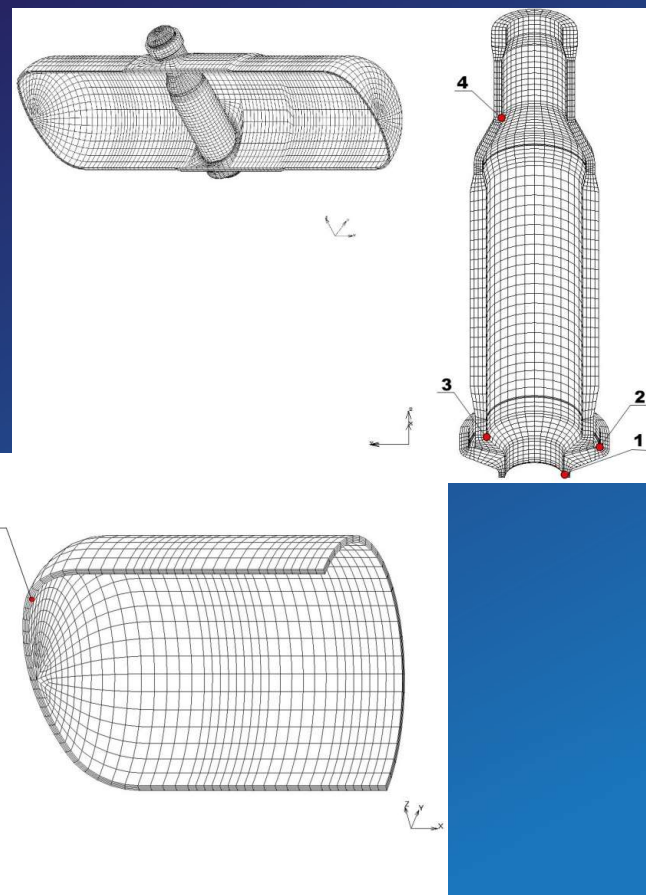
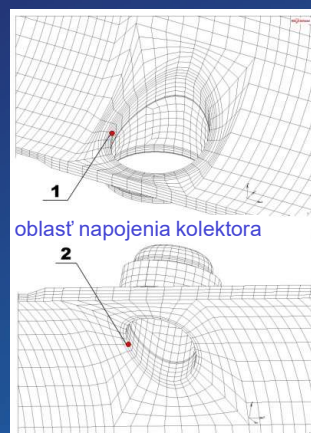
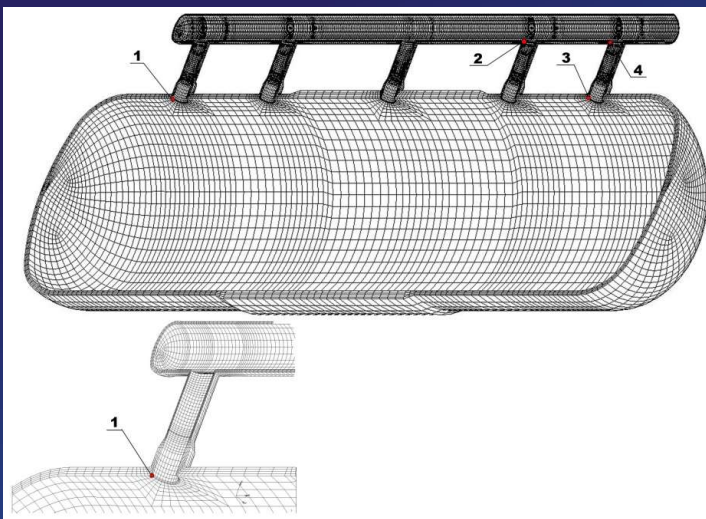
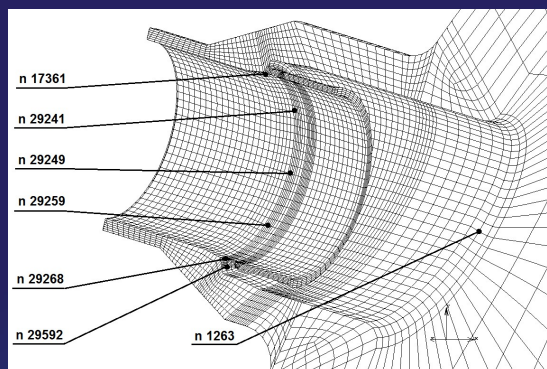
- teleso horného prielezu
- nárubok vstrekovania
- spodný nárubok v oblasti dna
- nárubok pripojenia k PV



Rozsah monitorovaných zariadení

Komponenty PG

- nátrubok NV
- primárny kolektor
- plášť PG
- parný kolektor

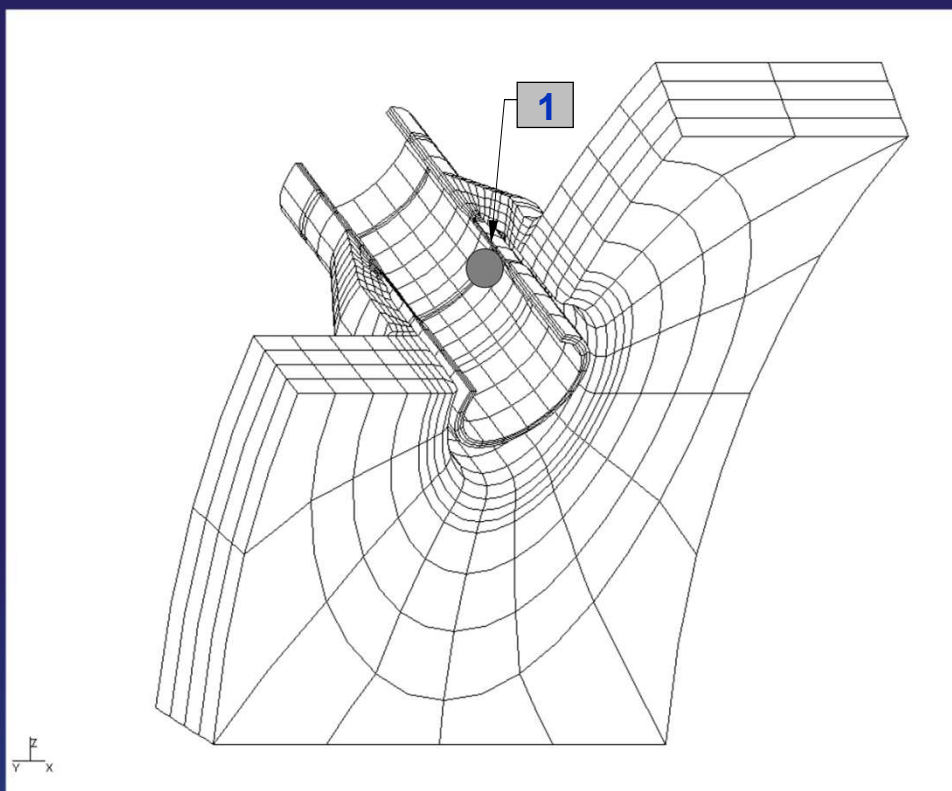


Hodnotenie únavovej životnosti komponentov JE

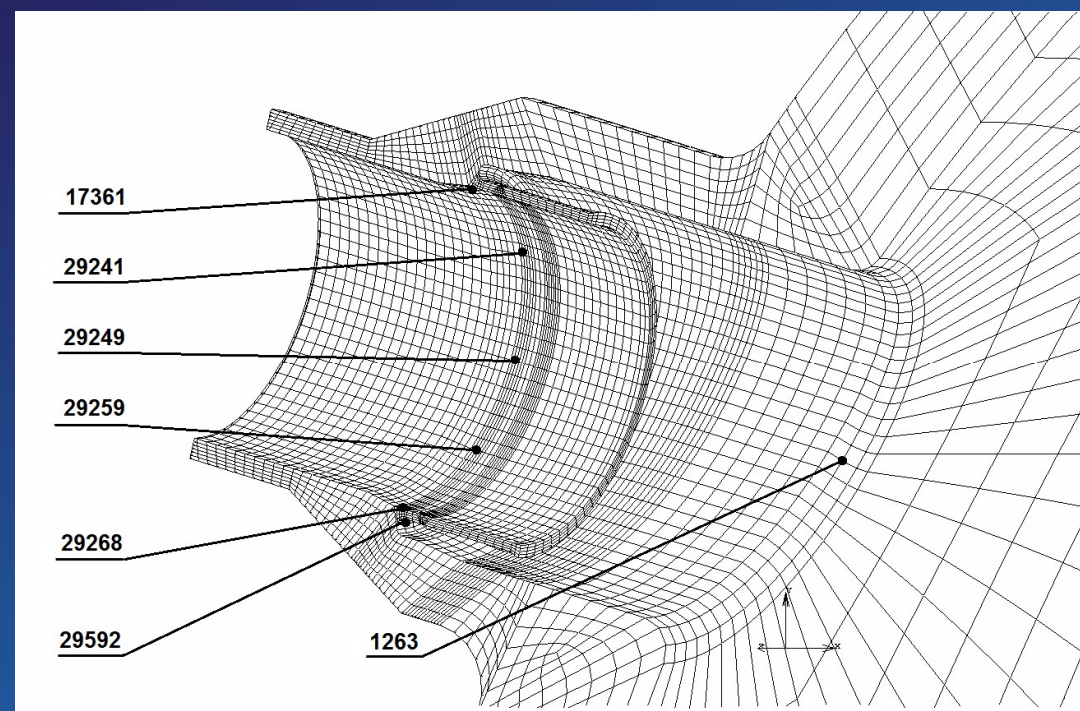
- ❑ Pred prvým periodickým hodnotením boli pomocou MKP výpočtových programov (PMD, neskôr ADINA, MSC.Marc) realizované výpočty rozloženia teplôt, napätí a deformácií pre určené komponenty PO a pre všetky prevádzkové režimy a stavy, ktoré majú nezanedbateľný vplyv na únavové poškodenie;
- ❑ Okrajové podmienky pre uvedené pevnostné analýzy jednotlivých komponentov potrubných trás a hlavné komponenty PO sa preberajú zo statických výpočtov nadväzujúcich potrubných trás, ktoré sa realizujú prostredníctvom autorizovaných výpočtových programov PIPESTRESS, AutoPIPE;
- ❑ Určenie kumulácie únavového poškodenia predpokladá znalosť histórie prevádzky v podmienkach reálneho zaťažovania a z nej vyplývajúcu znalosť napätí vyvolaných jednotlivými zaťažovacími účinkami. História prevádzky všetkých blokov je spracovaná v databáze prevádzkových režimov až na úroveň jednotlivých cirkulačných slučiek;
- ❑ Výpočet únavovej životnosti sa realizuje v súlade so zoznamom projektových prevádzkových režimov a plánovaného počtu ich opakovaní počas obdobia projektovej životnosti

Aktualizácia výpočtového modelu nátrubku NV PG

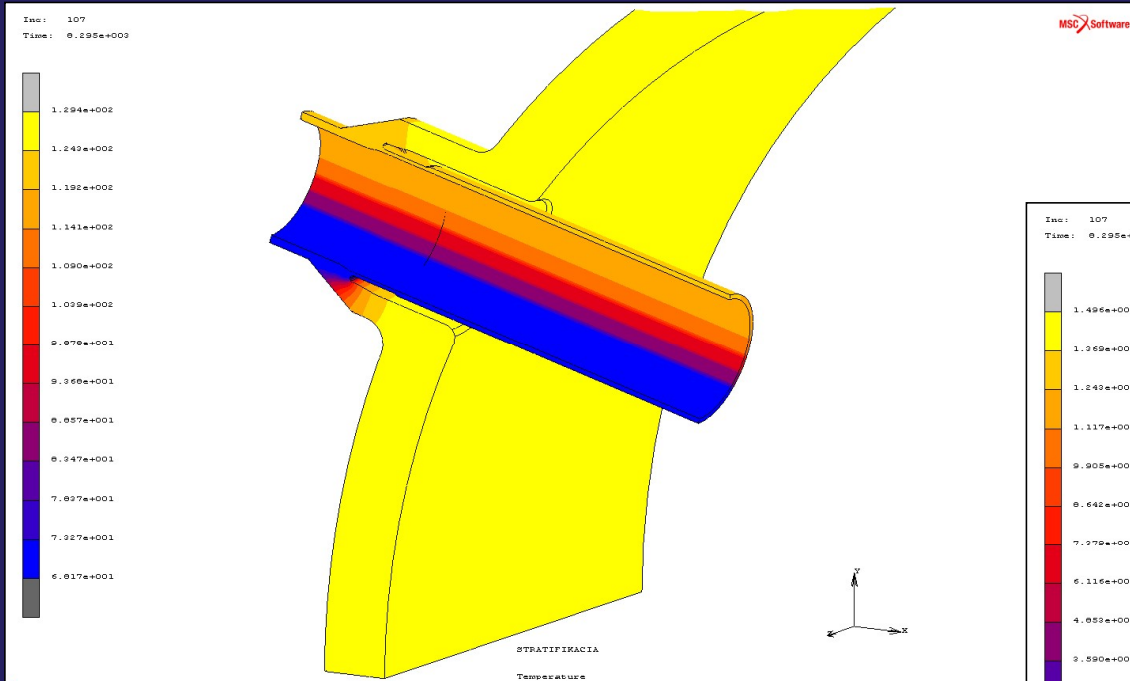
Pôvodný výpočtový model NV PG (1994)



Aktualizovaný výpočtový model NV PG (2014)

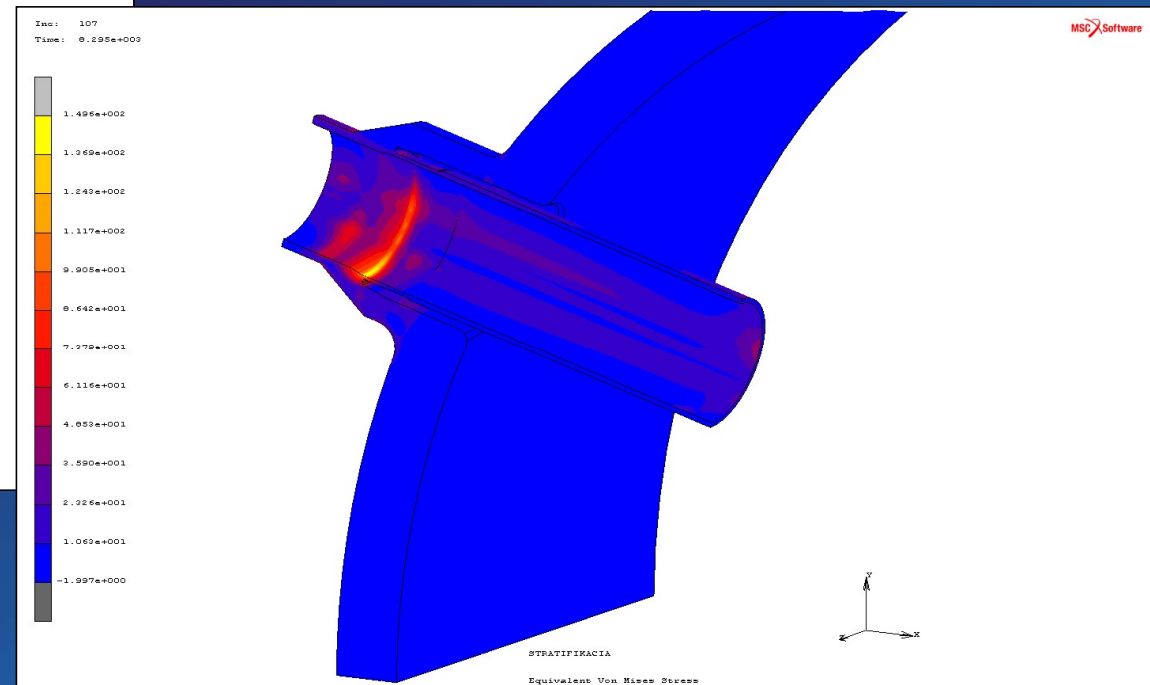


Výpočtová analýza nátrubku NV PG



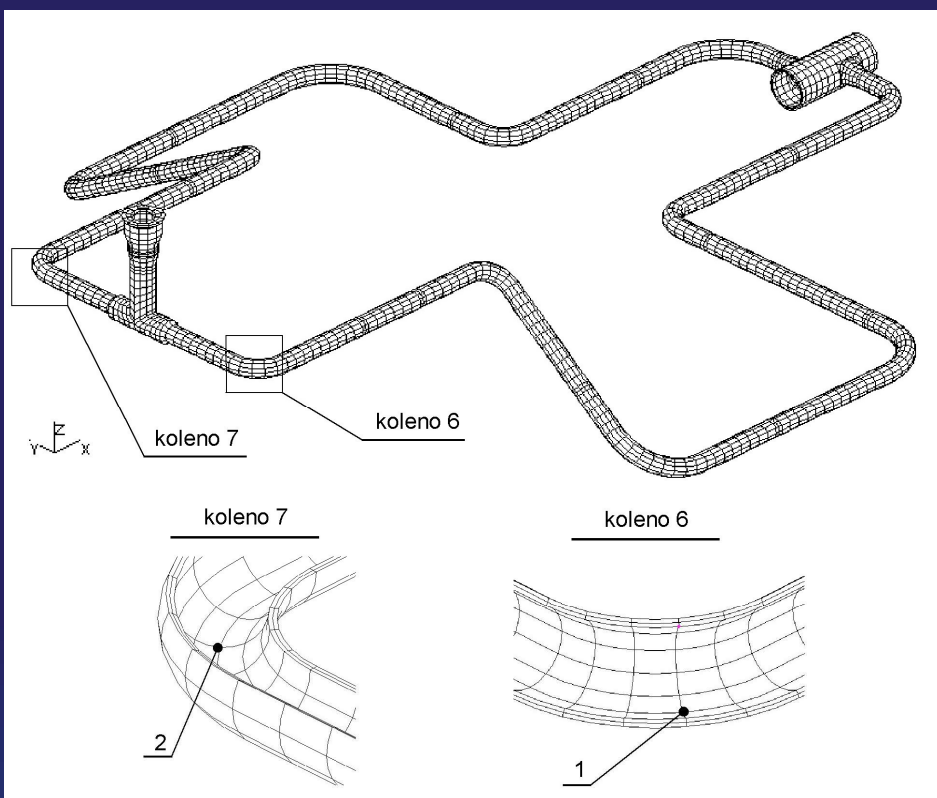
Rozloženie teplôt v nátrubku NV PG

Rozloženie redukovaných napätí v nátrubku NV PG

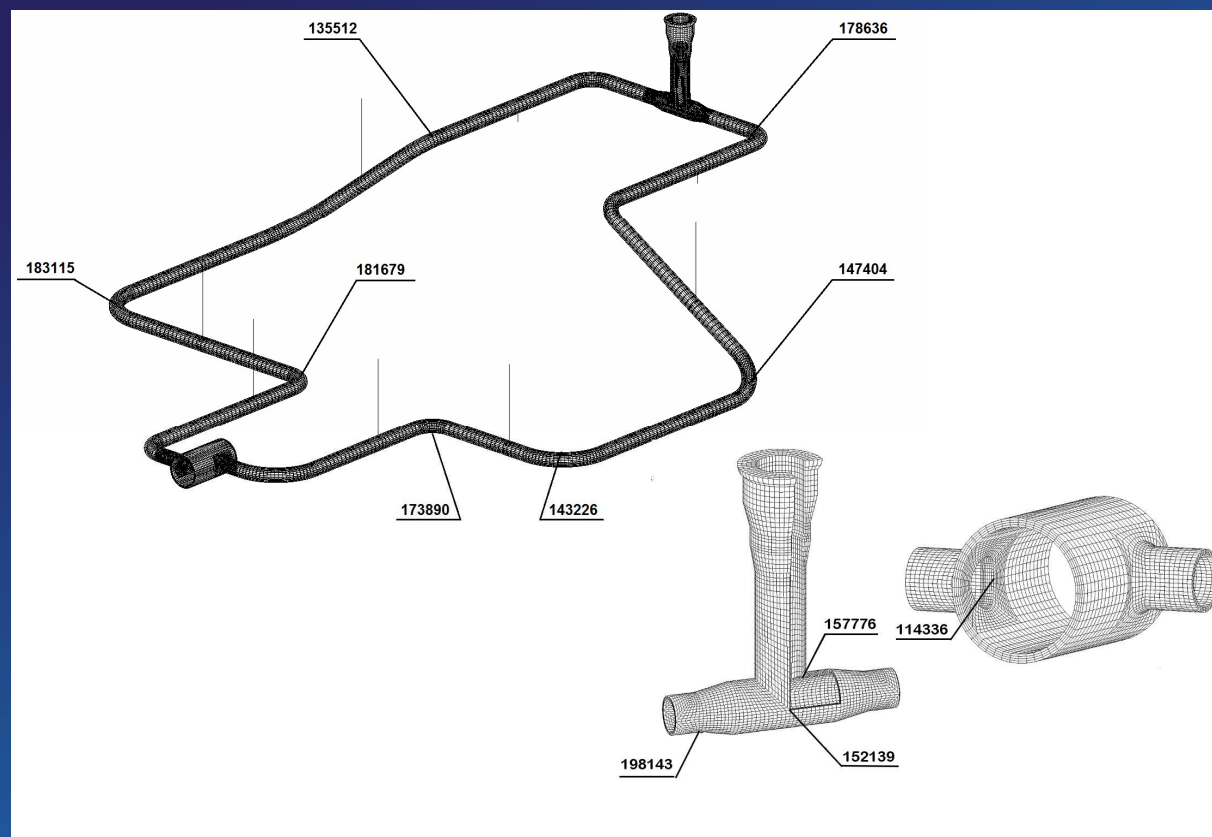


Aktualizácia výpočtového modelu VP KO

Pôvodný výpočtový model VP KO (1994)

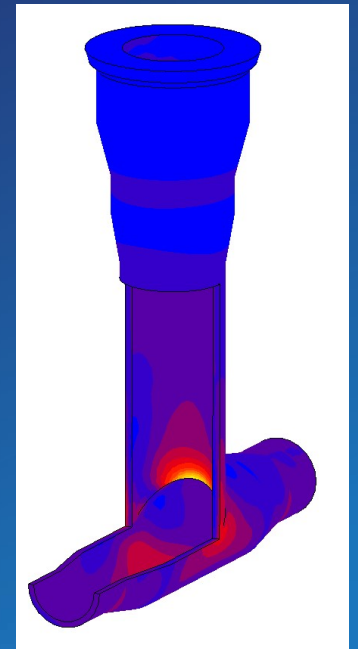
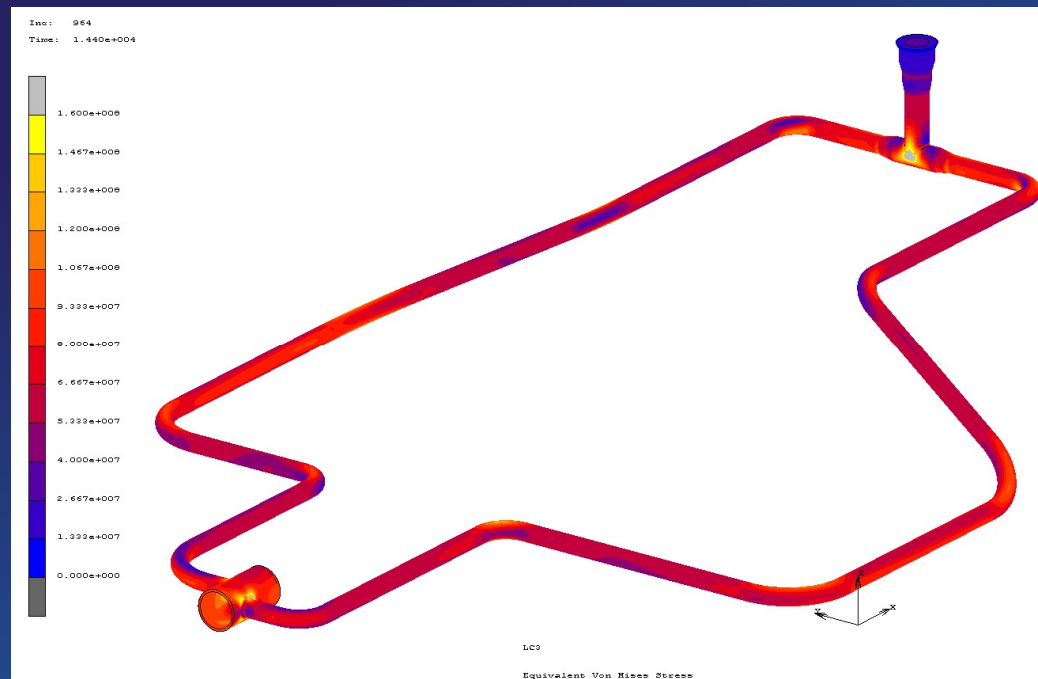
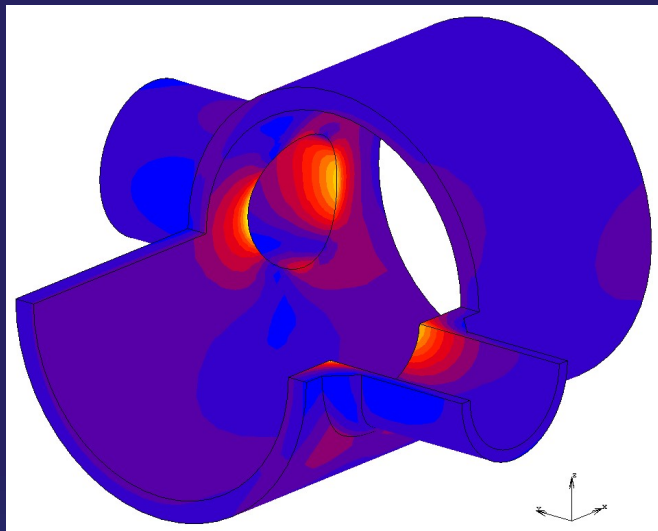


Aktualizovaný výpočtový model VP KO (2014)



Výpočtová analýza VP KO

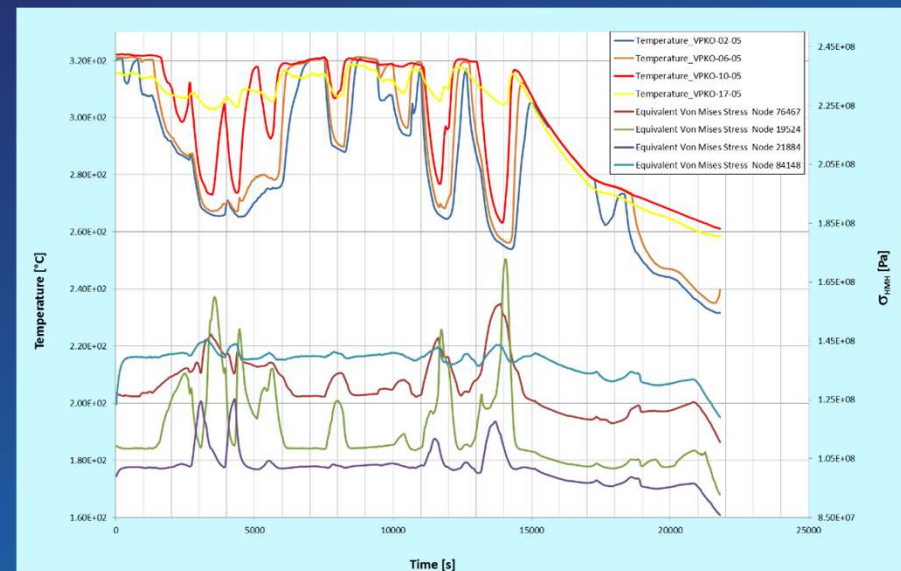
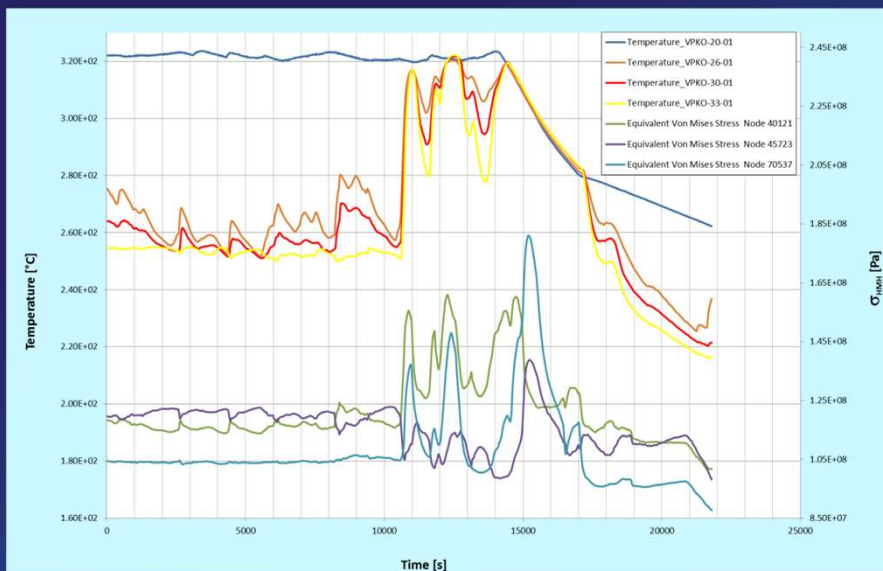
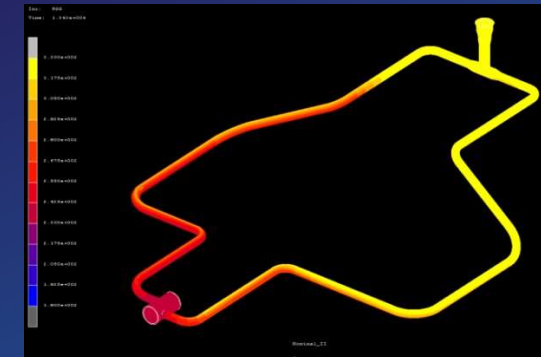
Rozloženie redukovaných napätí vo VP KO



Časový priebeh meraných teplôt a vypočítaných napätí vo VP KO



- Asymetrické tepelné zaťaženie ľavej a pravej vetvy VP KO generované prúdením média medzi KO a HCP
- Vzájomná závislosť medzi priebehom meraných teplôt a priebehom vypočítaných redukovaných napätí potvrdená výsledkami výpočtovej analýzy



Pôvodné, modifikované a nové doplnené komponenty potrubných trás

Komponenty potrubných trás :

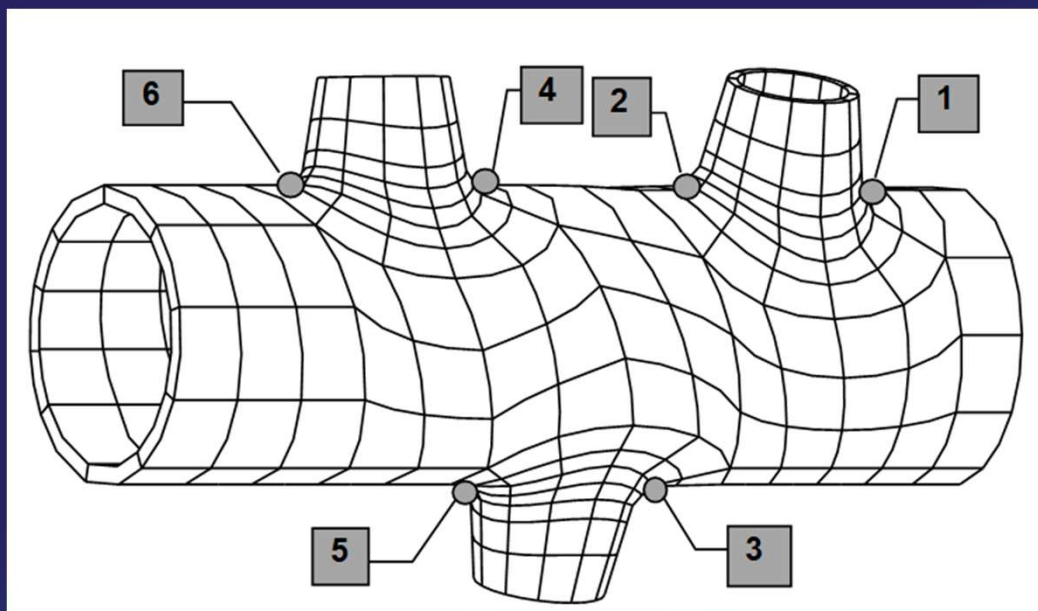
- Dvojnásobná odbočnica (Ø245x18);
- Odbočnica NT SAOZ - horúca vetva (Ø273x19);
- Odbočnica NT SAOZ - studená vetva (Ø273x19);
- Odbočnica VT SAOZ (Ø133x11);
- Odbočnica studeného vstreku do KO (Ø108x9);
- Odbočnica čistenia chladiča I.O. (Ø89x9);
- Horúce koleno pod PG;
- Vyrovnávacie potrubie KO (stratifikácia);

▪Pre VP KO 3. bloku JE EMO bol vytvorený úplne nový výpočtový model – geometria a rozmery dvojnásobnej odbočnice HCP a T-kusu pod KO sú rozdielne v porovnaní s JE EBO V2 a JE EMO 1,2.

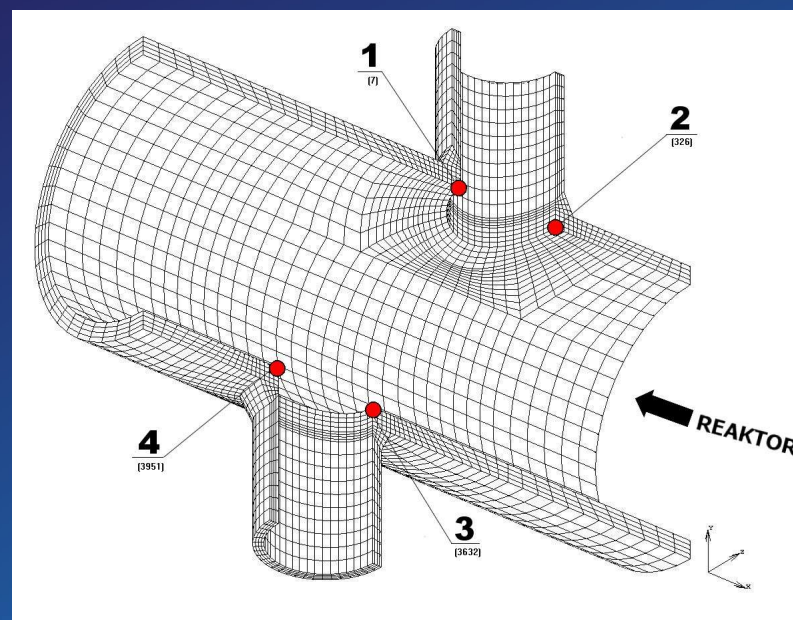
▪Na základe výsledkov vypočítaných priebehov napätí budú určené kritické miesta VP KO, pre ktoré budú hodnoty napätí zadane do databázy programu LIFETIME a následne vypočítaná kumulácia únavového poškodenia.

Výpočtový model dvojnásobnej odbočnice

Dvojnásobná odbočnica JE EBO V1 (1994)

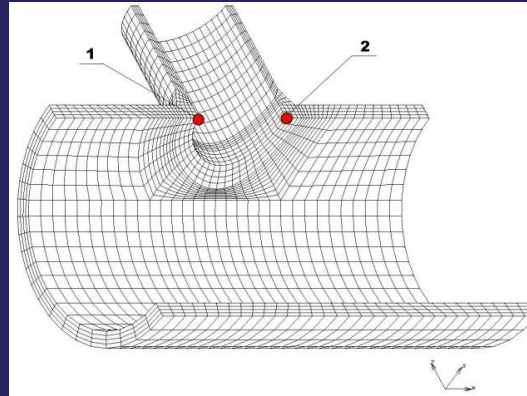


Dvojnásobná odbočnica JE EBO V2 a JE EMO 1,2 (2014)

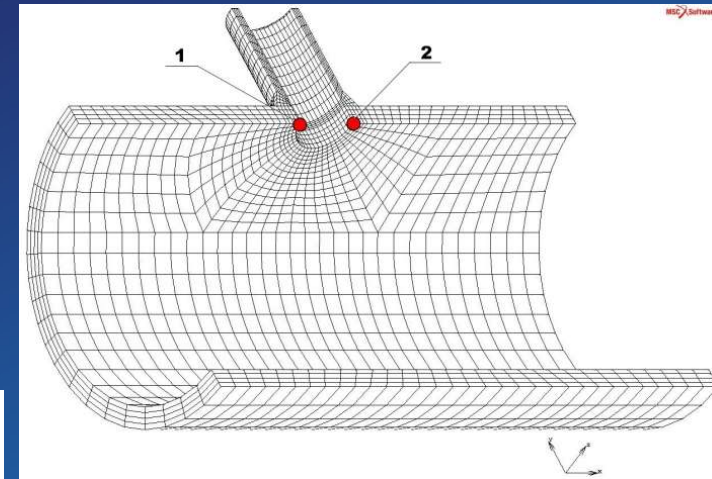


Výpočtový model odbočnice NT SAOZ, VT SAOZ

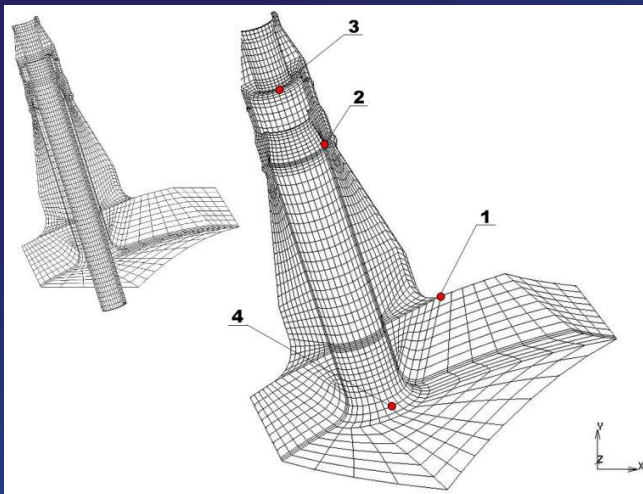
Odbočnica NT SAOZ (2014)



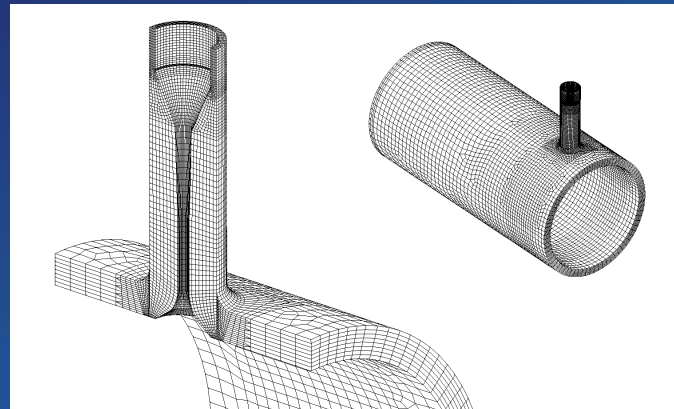
Odbočnica VT SAOZ (2014)



KO – nátrubok vstreku
(2014)



Odbočnica čistenia
chladiča I.O. (2024)



Pôvodné, modifikované a nové doplnené komponenty reaktora

Reaktor :

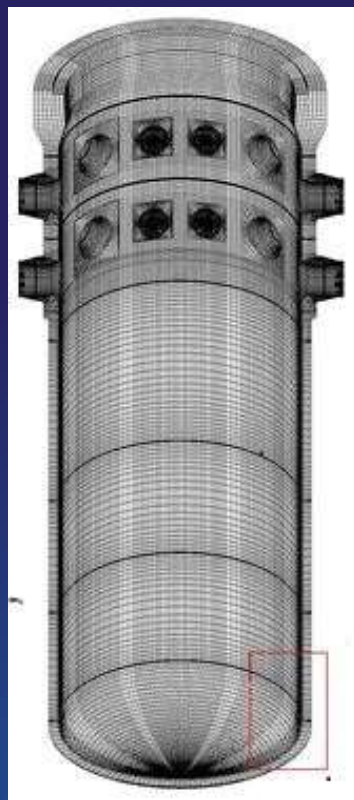
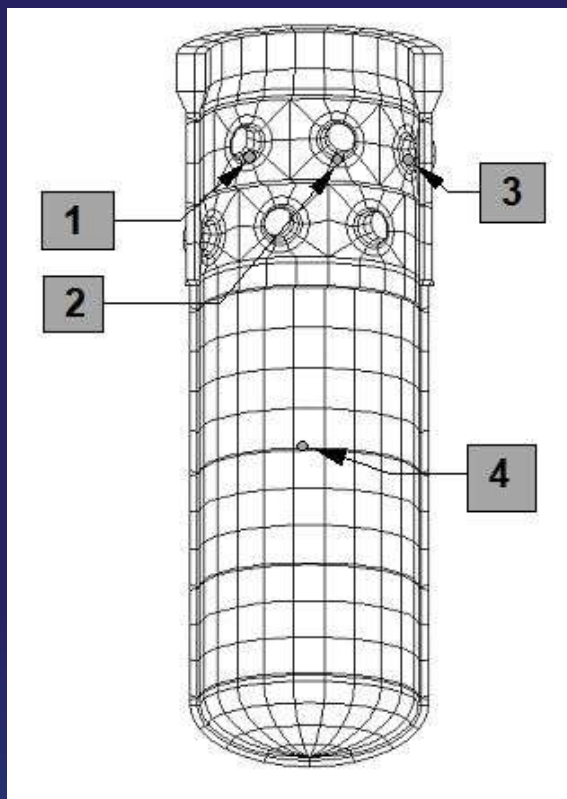
- Tlaková nádoba reaktora;
- Horúci primárny nátrubok reaktora vrátane safe-endu;
- Tesniaci uzol veka TNR
- Pre nasledujúce konštrukčné časti TNR nebolo doteraz periodicky hodnotené únavové poškodenie pre JE EBO V2 ani pre JE EMO 1,2.

Budú pripravené nové výpočtové modely, výpočty rozloženia teplôt, napätí a deformácií pre prevádzkové režimy, určené kritické miesta z hľadiska únavového poškodenia a vypočítané aktuálne hodnoty kumulácie únavového poškodenia.

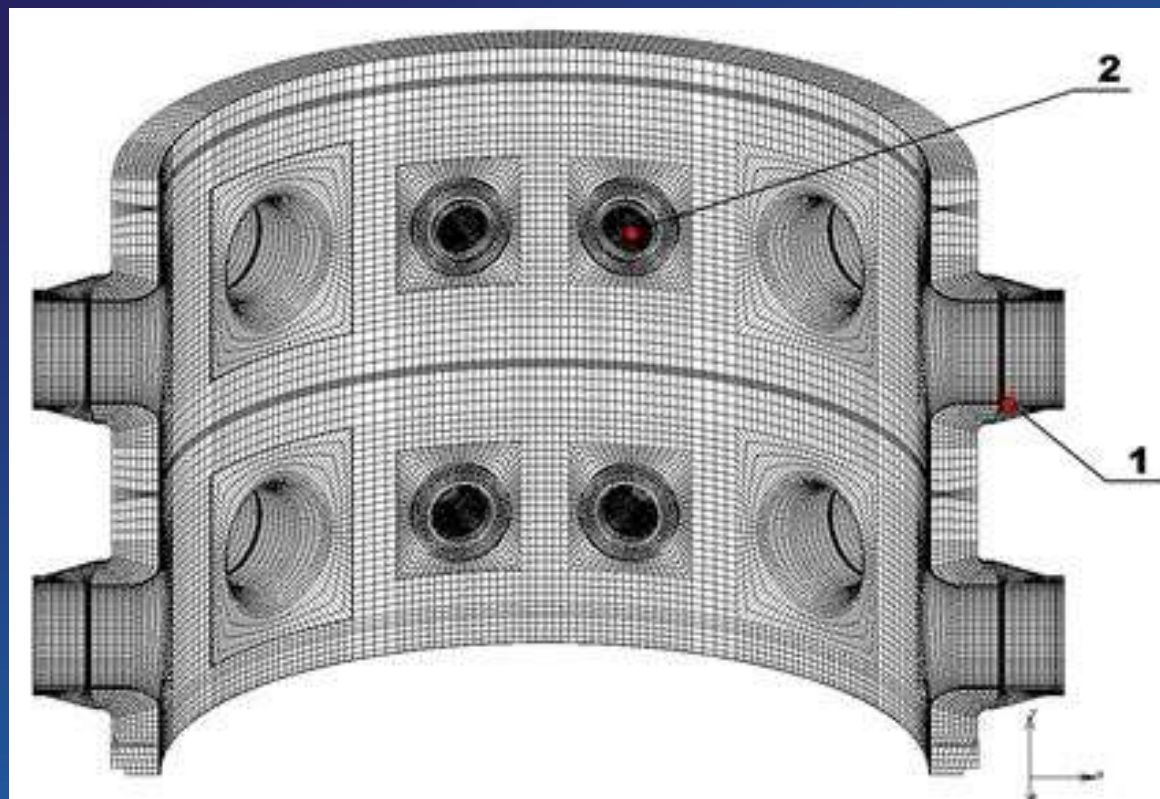
- Veko reaktora – tesniace plochy;
- Nátrubok HRK veka TNR;
- Nátrubok TK veka TNR;
- Nátrubok HSCHZ Ms 250;
- Nádoba TNR – uzol rozdelenia prúdu chladiva.

Výpočtový model Tlakové nádoby reaktora (TNR)

TNR (1994)



TNR (2014)

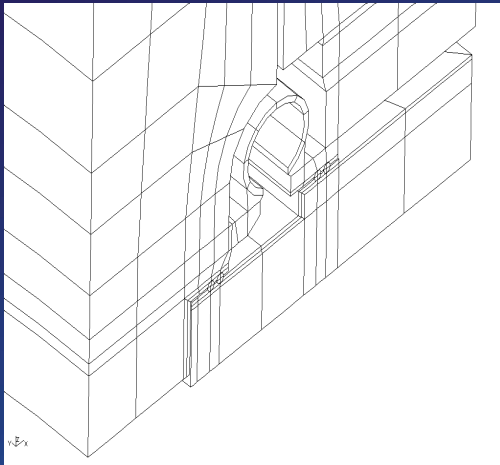
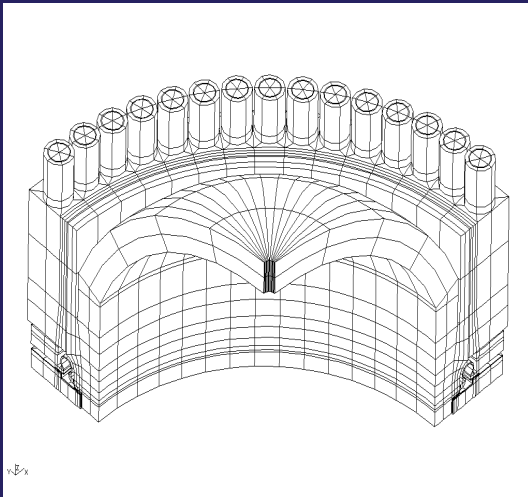


Pôvodné a modifikované komponenty Tesniaceho uzla veka TNR, HCČ

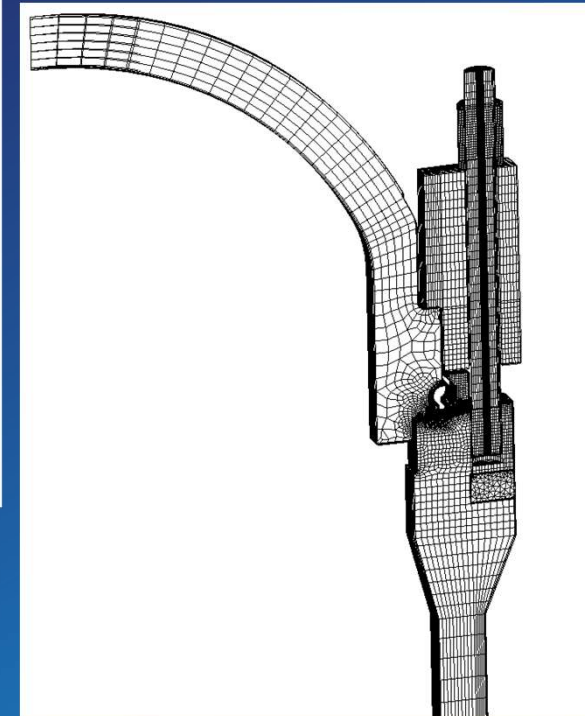
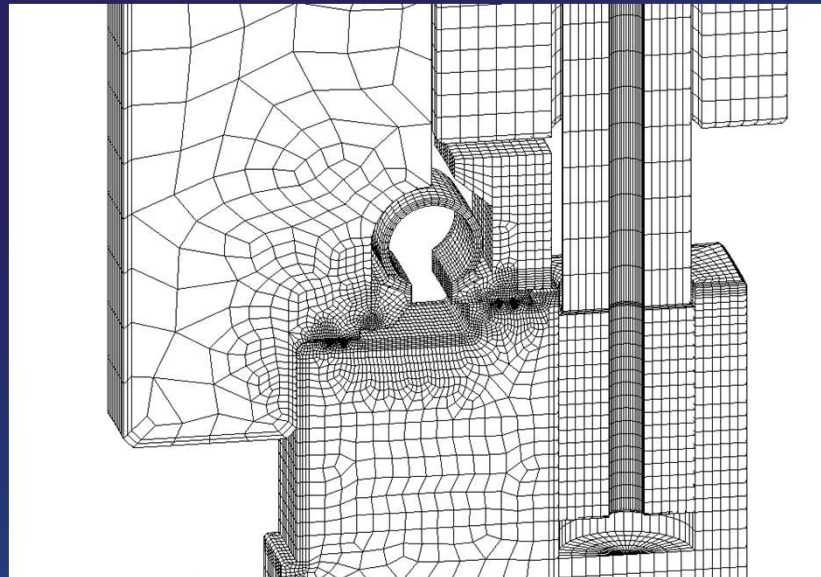
- Na základe doterajších prevádzkových skúseností týkajúcich sa pôvodného výpočtový modelu uzla veka TNR, ktorý bol už zastaraný (1994), tak sa v rámci projektu aktualizácie výpočtových modelov vytvoril nový presný MKP model, vrátane hlavného prírubového spoja, zvarov, svorníkov, tesnení.
- Tak isto sa aktualizoval a spresnil aj výpočtový model HCČ ulity tak, aby boli zohľadnené všetky vruby (koncentrátory napätí) v miestach tesnenia HPS (hlavný prírubový spoj).
- Zároveň bolo potrebné do modelu doplniť teleso veka HCČ takisto so všetkými vrubmi v oblasti tesnenia HPS
- Doplniť aj svorníky HPS, aby bolo možné simulovať namáhanie tesnenia a drážok pri utesnení HPS.
- Výpočty rozloženia teplôt, napätí a deformácií pre vybrané prevádzkové režimy, určiť kritické miesta z hľadiska únavového poškodenia a napätia vypočítané pre tieto miesta zadať do databázy napätí programu LIFETIME.
- Vypočítať aktuálne hodnoty kumulácie únavového poškodenia

Tesniaci uzol veka TNR

Tesniaci uzol veka TNR (1994)

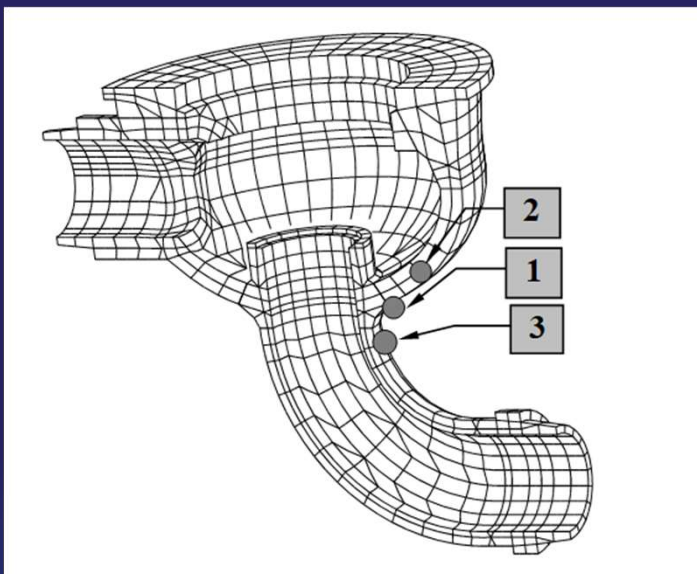


Tesniaci uzol veka TNR (2024)

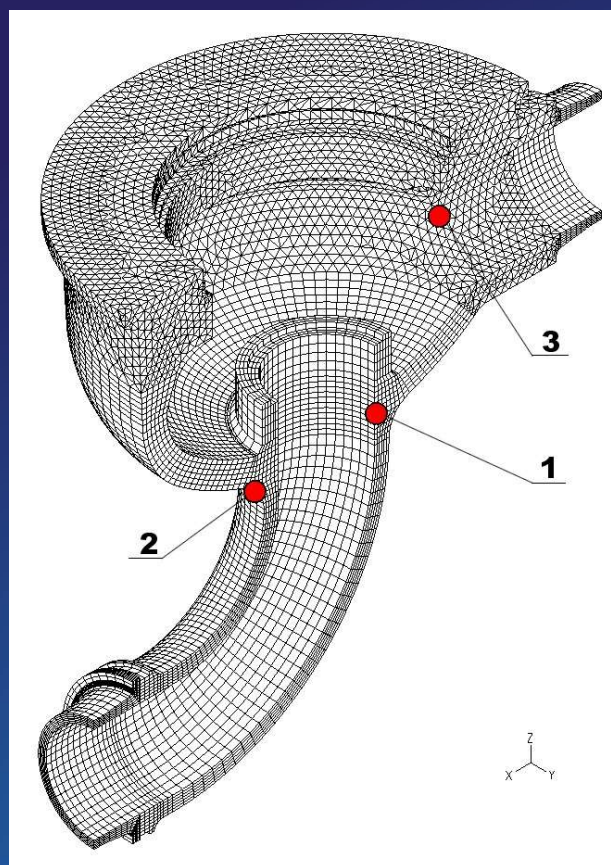


Ulita HCČ so sacím kolenom a výtlačným nátrubkom

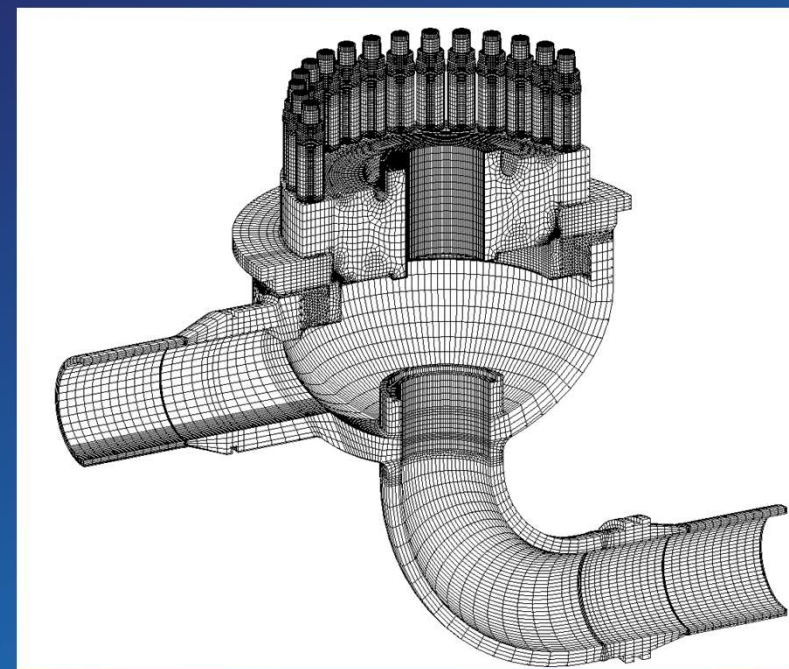
Prvý výpočtový model HCČ (1994)



Výpočtový model HCČ (2014)



Aktualizovaný výpočtový model HCČ (2024)



Pôvodné a modifikované komponenty KO

Kompenzátor objemu :

➤ Teleso horného prielezu KO;

- Doteraz používaný výpočtový model je potrebné **modifikovať** doplnením svorníkov, drážok pre tesnenie a tesnenia, aby bolo možné simulovať namáhanie tesnenia, drážok príruby a veka pri utiahnutí skrutkového spoja.
- Aktualizovať výpočty rozloženia teplôt, napätí a deformácií pre vybrané prevádzkové režimy.
- Určiť kritické miesta z hľadiska únavy.
- Vypočítať aktuálne hodnoty kumulácie únavového poškodenia.

Pre nasledujúce konštrukčné časti KO môžu byť použité doteraz používané výpočtové modely, výsledky výpočtov rozloženia teplôt, napätí a únavového poškodenia v kritických miestach:

➤ Nátrubok vstrekovania KO;

➤ Spodný nátrubok KO v oblasti dna;

➤ Nátrubok KO pripojenia k PV;

Pôvodné a nové doplnené komponenty PG

Parogenerátor :

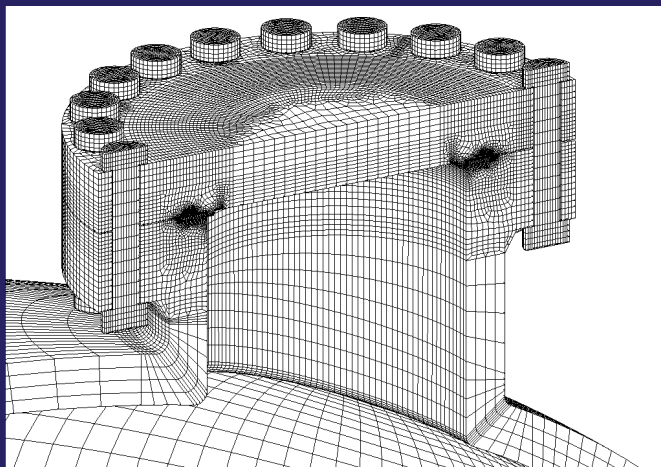
Pre nasledujúce konštrukčné časti PG môžu byť použité doteraz používané výpočtové modely, výsledky výpočtov rozloženia teplôt, napätí a únavového poškodenia v kritických miestach:

- Nátrubok napájacej vody PG;
- Primárny kolektor PG;
- Plášť parogenerátora v úrovni hladiny vody;
- Parný kolektor PG vrátane nátrubkov pary;

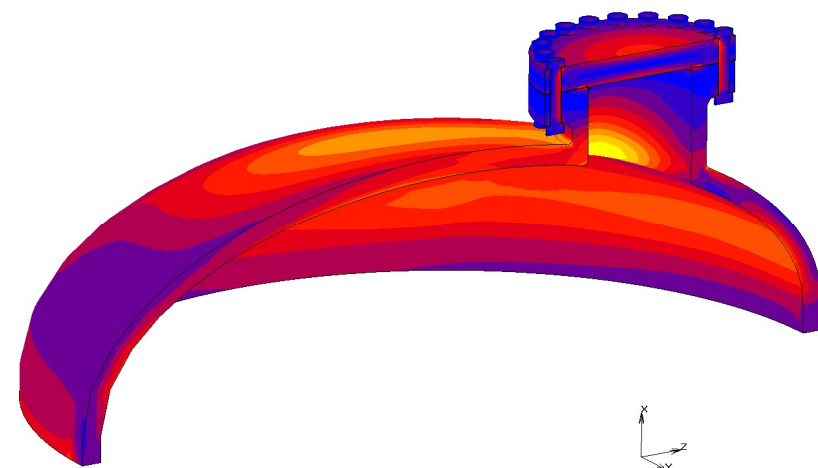
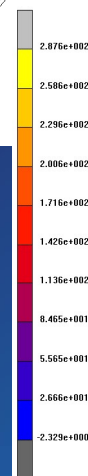
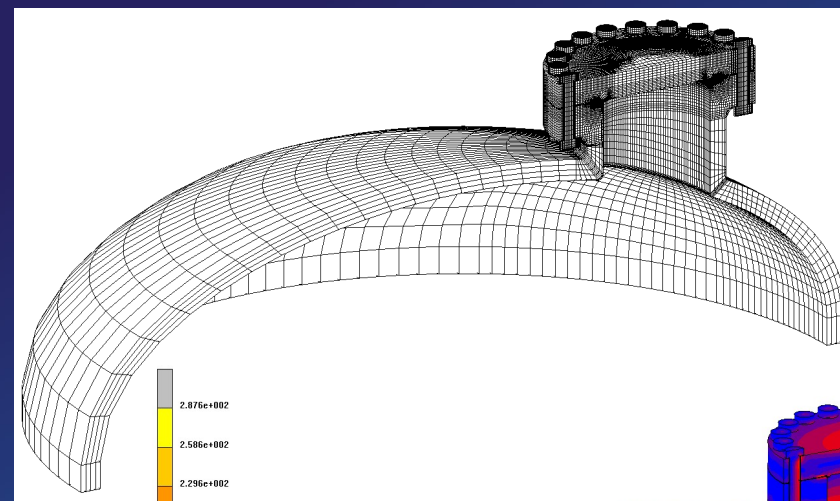
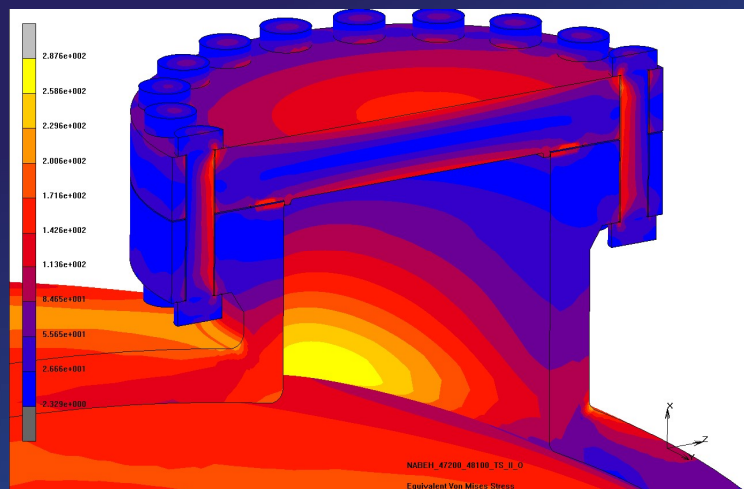
Pre nasledujúce konštrukčné časti PG boli urobené nové výpočtové modely, výpočty rozloženia teplôt, napätí, určené kritické miesta z hľadiska únavového poškodenia a vypočítané aktuálne hodnoty únavového poškodenia:

- Prielez PG;
- Heterogénny zvarový spoj PK s plášťom PG;
- Veko horúceho primárneho kolektora PG;
- Sekundárne veko PG nad kolektorom;

Nové výpočtové modely komponentov PG

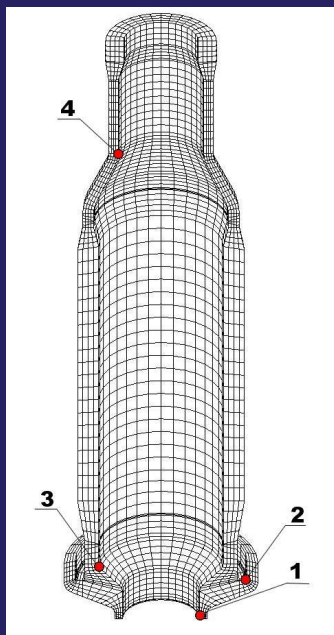


Bočný prielez PG

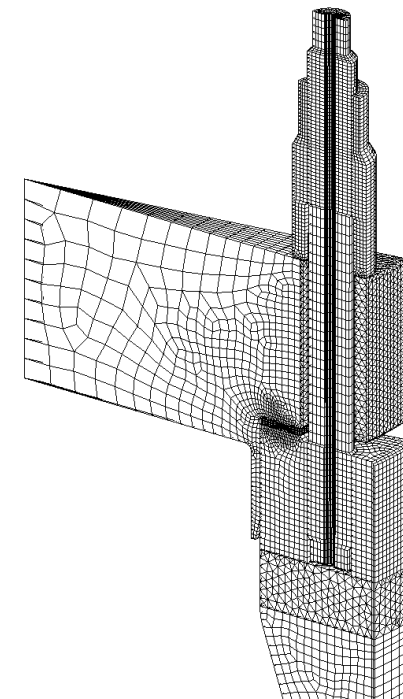
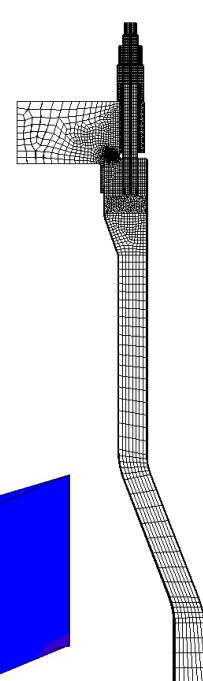
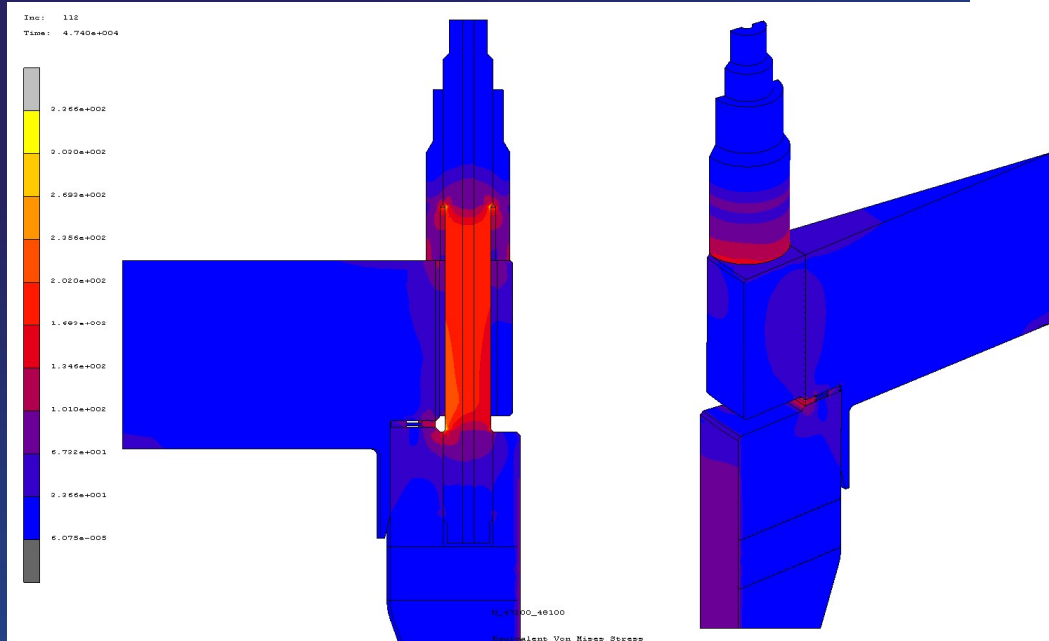


Pôvodné a nové výpočtové modely komponentov PG

Veko horúceho primárneho kolektora PG

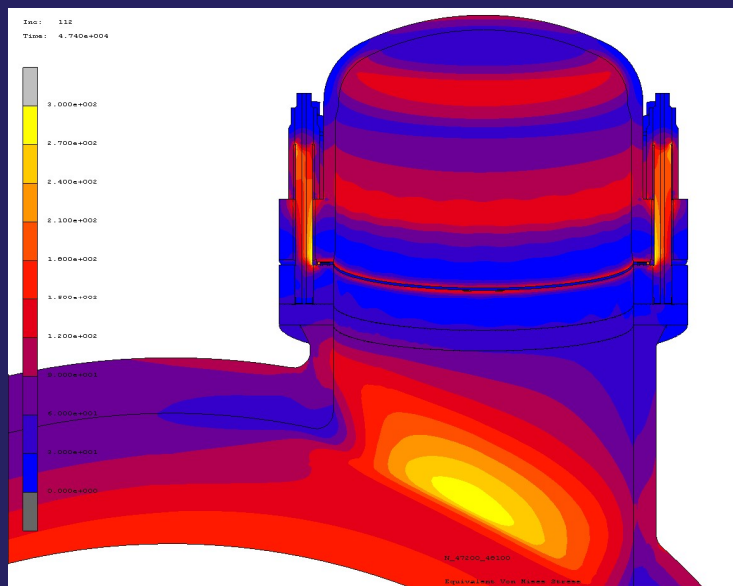


Pôvodný model
(2014)

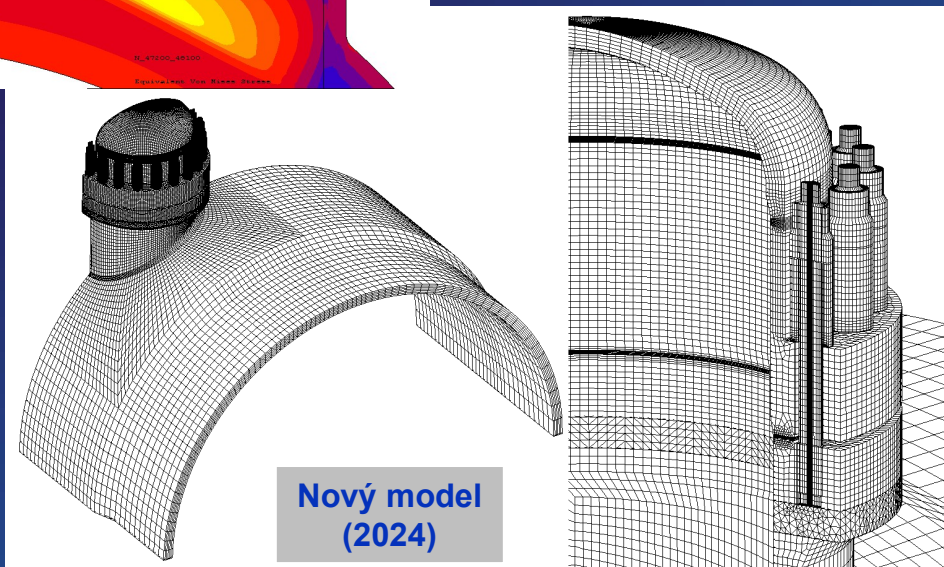
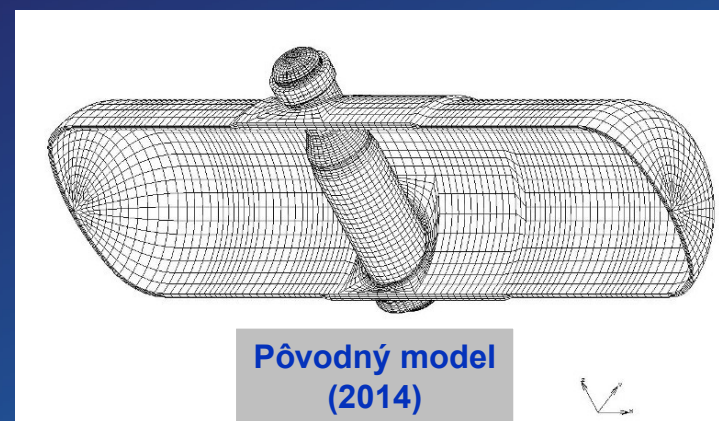


Nový model
(2024)

Pôvodné a nové výpočtové modely komponentov PG



Sekundárne veko PG nad kolektorom





Ďakujem za pozornosť!

vuje