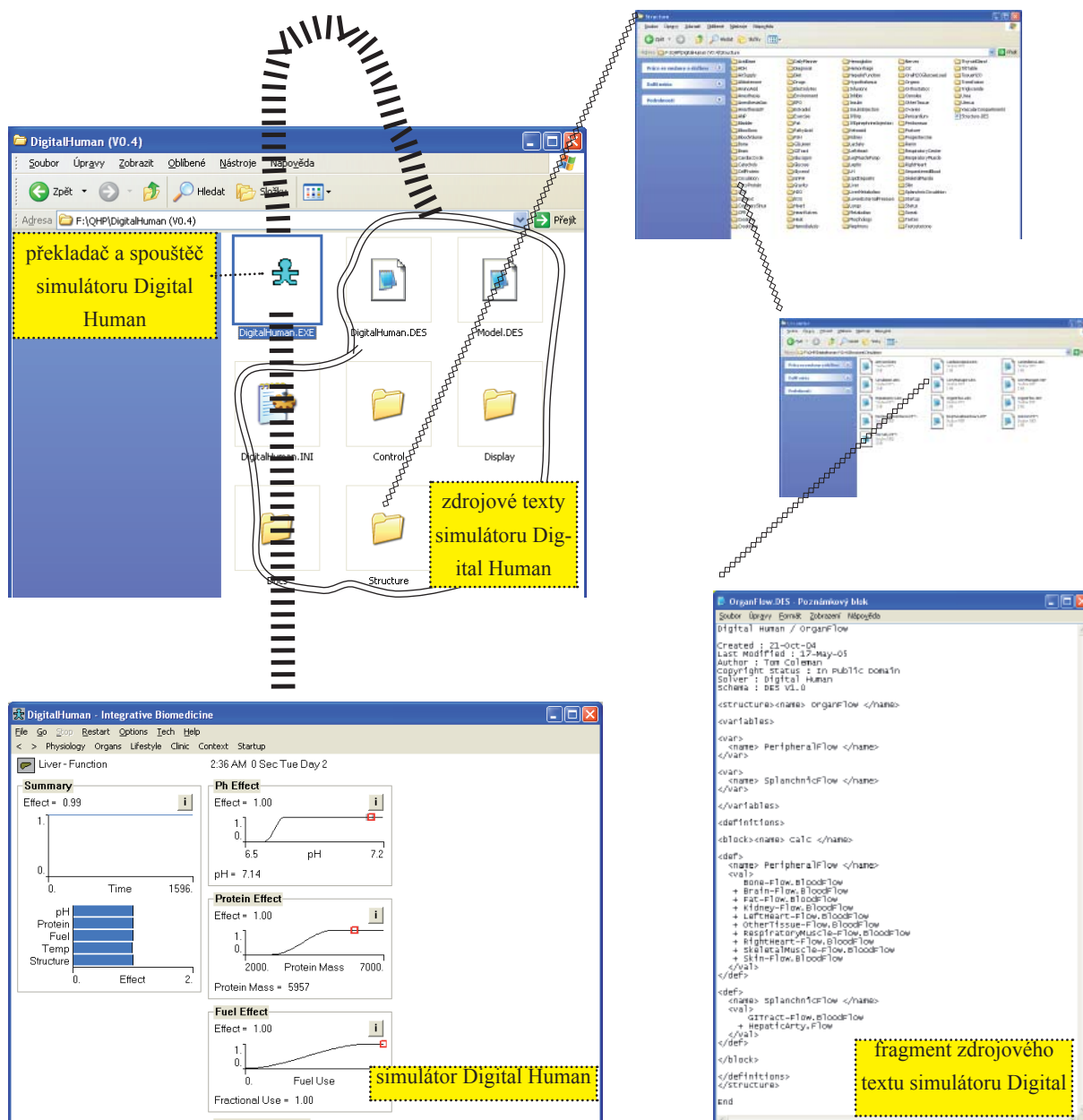
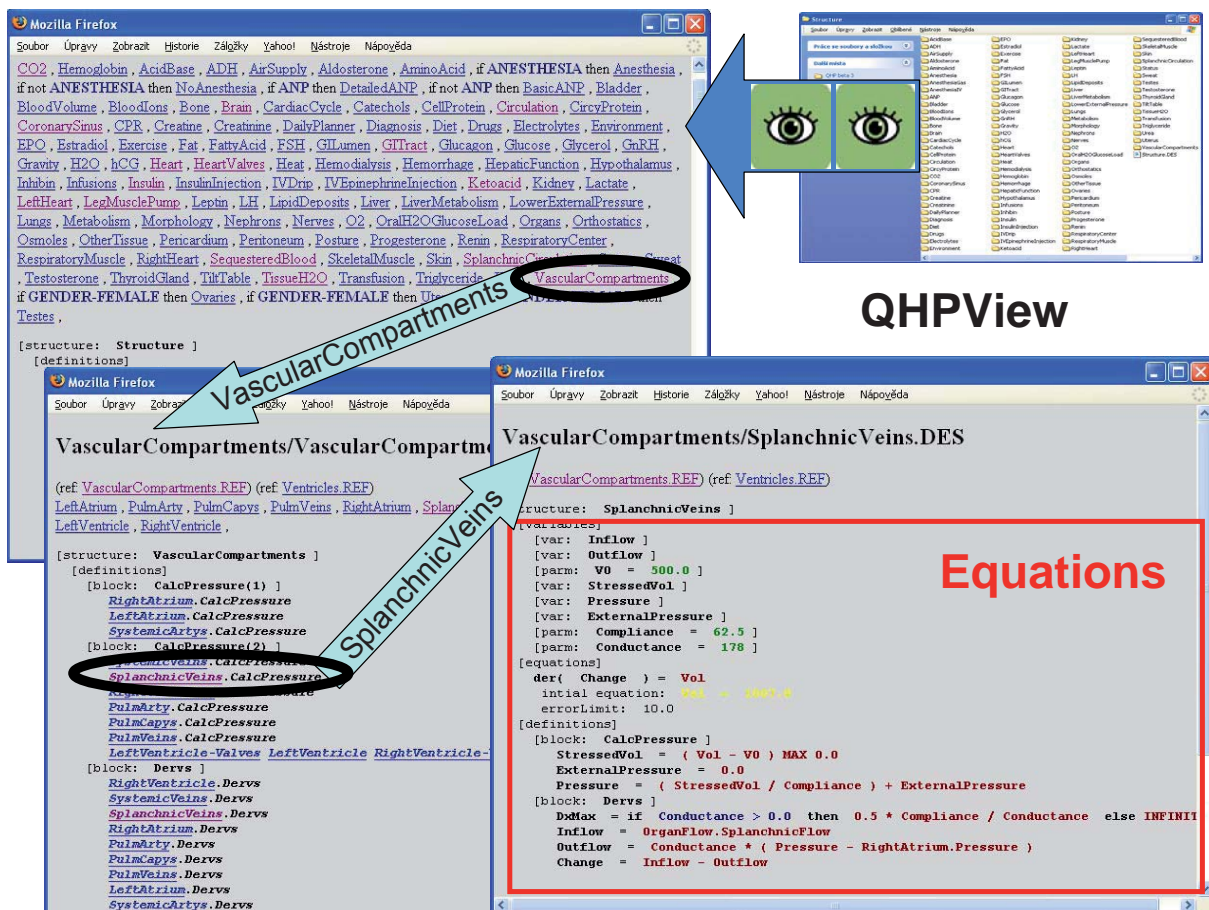


# Anotace disertační práce Mgr. Marka Matejíčka: Modelování rozsáhlých fyziologických systémů v prostředí jazyka Modelica

Při tvorbě lékařských výukových simulátorů je velmi podstatné, jaký model je v pozadí. Pro výstavbu trenážeru, využitelného k výuce lékařského rozhodování je nutné, aby v pozadí



Obr. 1 - Veškeré potřebné soubory výukového simulátoru QHP/Digital Human. Simulátor je určen pro systém Windows Day2, nevyžaduje zvláštní instalaci, stačí pouze rozbalit „zazipované“ soubory do nějakého adresáře. Po kliknutí na ikonku překladače DigitalHuman.exe překladač přeloží zdrojový text obsažený ve stovkách adresářů a více než dvou tisících souborů a spustí vlastní simulátor. I když je zdrojový text simulátoru i celý matematický model na jeho pozadí tímto způsobem nabízen jako „open source“ (a uživatel si teoreticky může i model modifikovat), je orientace v matematických vztazích prohlížením tisícovek vzájemně provázaných XML souborů poměrně obtížná



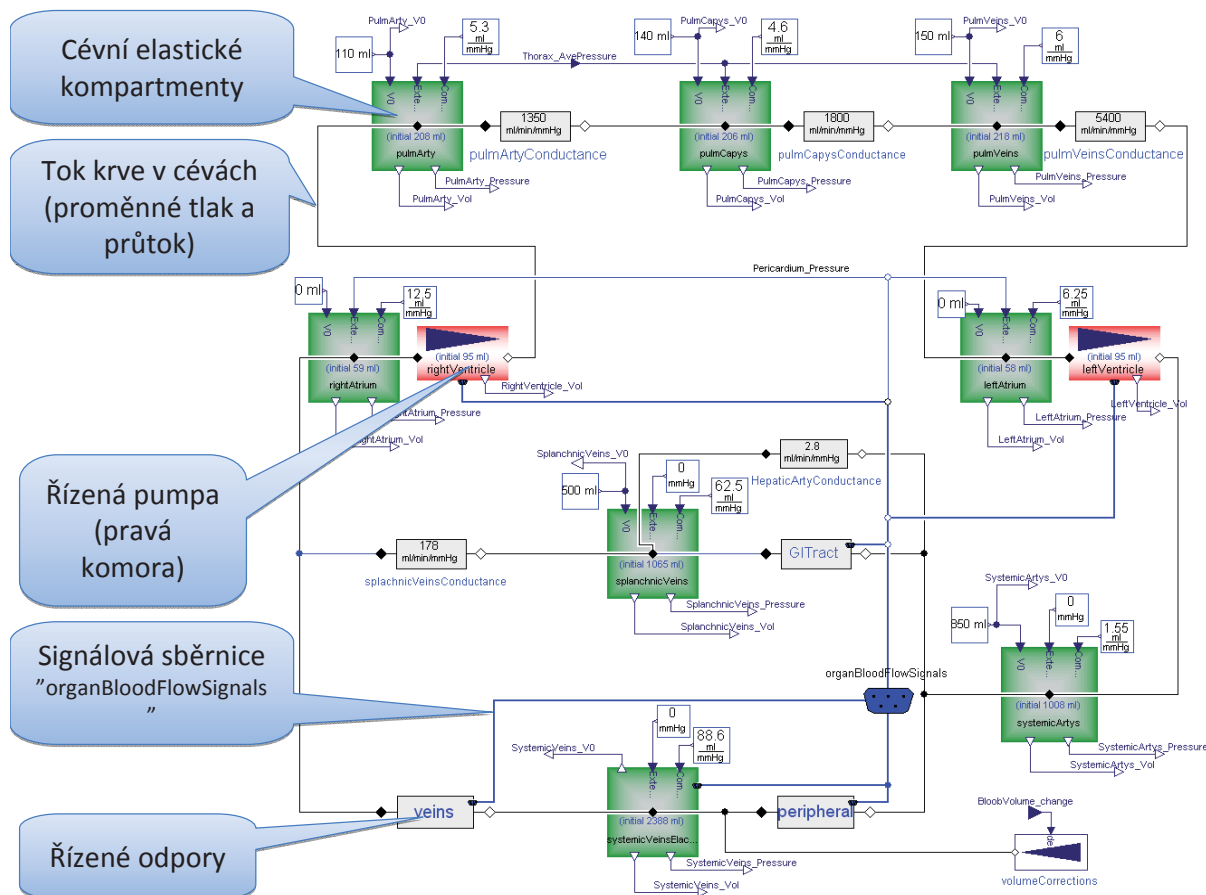
Obr. 2 - Námí vytvořený vizualizační nástroj QHPView umožní zřehlednit strukturu modelu QHP/Digital Human původně zapsaného ve více než dvou tisícovkách XML souborů rozházených od stovek adresářů, v nichž rovnice a jednotlivé návaznosti nebyly na první pohled zřetelné

simulátoru byl rozsáhlý matematický model, který by simuloval podstatné vazby mezi jednotlivými fyziologickými systémy.

Jedním z nejkompelxnějších modelů lidského organismu je rozsáhlý výukový simulátor Quantitative Circulatory Physiology (QCP) (Abram, Hodnett, Summers, Coleman, & Hester, 2007) který, pro podporu jeho využívání jako výukové pomůcky v lékařské výuce, autoři volně zpřístupnili na webu (<http://physiology.unc.edu/themodelingworkshop/>) (Obr. 1). Dalším rozšířením modelu QCP je výukový simulátor Quantitative Human Physiology (QHP), (Coleman, Hester, & Summers, 2009) obsahující více než 4000 proměnných, který v současné době zřejmě představuje nejrozsáhlejší model fyziologických regulací. Simulátor je veřejně přístupný na stejné webové adrese jako QCP (poslední verzi autoři nazvali již Digital Human). Na rozdíl od modelu QCP, jehož matematické pozadí je uživateli skryto ve zdrojovém kódu simulátoru napsaném v C++, jde simulátor QHP jinou cestou. Jeho autoři se rozhodli oddělit implementaci simulátoru a popis rovnic modelu tak, aby struktura modelu mohla být zřejmá pro širší vědeckou komunitu.

Thomas Coleman proto již v roce 1985 vypracoval speciální jazyk pro zápis struktury modelu a příslušných matematických vztahů, včetně sekvence postupného výpočtu i definic některých prvků uživatelského rozhraní simulátoru. Jazyk je založen na upravené XML notaci. Model je pak zapsán pomocí XML souborů. Podrobný popis tohoto jazyka, stejně jako jeho překladač (DESolver) a příslušný výukový tutoriál jsou volně přístupné na webu.

Právě pomocí tohoto XML jazyka je zapsán i nový model QHP (resp. Digital Human). Vzhledem k rozsahu tohoto modelu byl pro něj vyvinut speciální překladač. Uživatel může model



Obr. 3 - Ukázka části modelu subsystému krevního oběhu – instance třídy „VascularCompartments“ v Modelice (část Modelicové implementace rozsáhlého modelu Quantitative Human Physiology). V modelu se kombinují akauzální a kauzální (řídící, signálové) vazby. Propojení akauzálními vazbami v daném případě modeluje rozvod průtoků a tlaků krve mezi jednotlivými propojenými komponentami. Model je hierarchicky organizován jednotlivé bloky se dají „rozkliknout“, představují instance tříd, v nichž jsou uvedeny rovnice. Modelicová síť tak mnohem lépe vyjadřuje strukturu modelovaného systému, než síť v kauzálních modelovacích nástrojích, které zobrazují spíše postup výpočtu

upravovat i modifikovat. Potíž je ale v tom, že zdrojové XML texty celého modelu jsou napsány v celkem 2833 souborech umístěných v 772 složkách (viz Obr. 2). Celková struktura modelu a jednotlivé návaznosti jsou proto velmi nepřehledné. Proto například mezinárodní výzkumný tým v projektu SAPHIR (System Approach for Physiological Integration of Renal, cardiac and respiratory control) jako východisko pro tvorbu nového rozsáhlého modelu fyziologických funkcí zvolil staré modely Guytona z roku 1972 (Guyton, Coleman, & Grander, 1972) a model Ikedy (Ikeda, Marumo, & Shirsataka, 1979) a nesáhl po volně přístupném modelu QHP. QHP se účastníkům nového projektu zdál velmi špatně čitelný a obtížně srozumitelný (Thomas, a další, 2008).

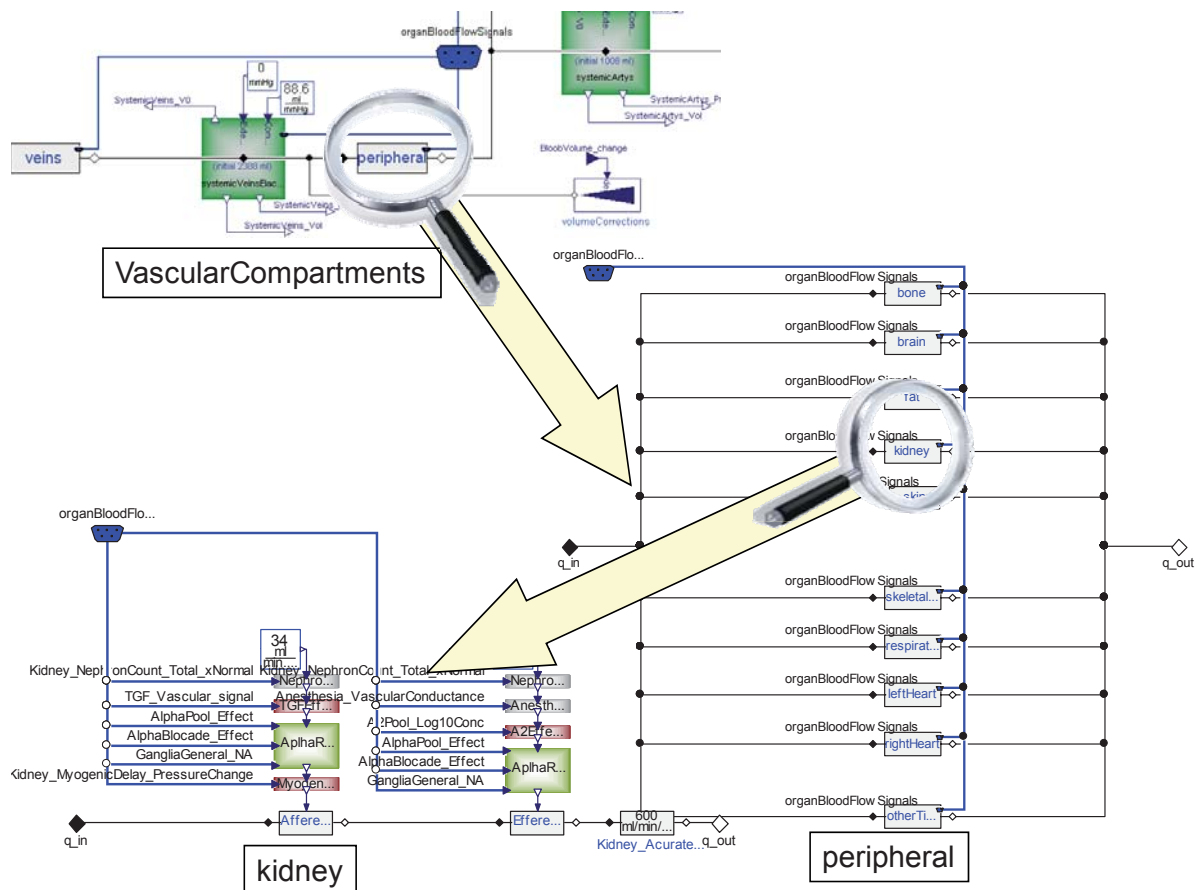
Pro přehledné zobrazení matematických vztahů z XML notace QHP jsme vytvořili speciální softwarový nástroj QHPView, který jsme nabídli na webových stránkách autorů QHP (<http://physiology.unc.edu/themodelingworkshop/>) jako „open source“.

Nový model QHP (resp. model Digital Human) je stále ještě ve fázi testování, rozšiřování a modifikace. S americkými autory jsme dojednali dlouhodobou přímou spolupráci na dalším rozvoji tohoto modelu. Rozhodli jsme se rozsáhlý rozsáhlý model QHP implementovat (a modifikovat) v prostředí jazyka Modelica (Fritzon, 2003) což vede k mnohem přehlednější struktuře

modelu a ke snadnějším modifikacím a úpravám modelu.

Cílem práce bude naprogramovat model QHP v Modelice, rozšířit jej, modifikovat, a vytvořit rozsáhlý simulační model fyziologických regulací.

Naše úpravy budou spočívat zejména v rozšíření, které zlepšuje použitelnost modelu pro modelování složitých poruch acidobazické, iontové, objemové a osmotické homeostázy vnitřního



Obr. 4 - Hierarchické uspořádání modelů v Modelice. V komponentě „VascularCompartments“ (z Obr. 30) je jeden periferní řízený odpor s názvem „peripheral“. Rozkliknutím se zobrazí řada paralelně zapojených řízených odporů. Rozkliknutím jednoho z nich – s názvem „kidney“ se zobrazí složité řízené odpory v ledvinách. Kombinace akauzálních a (kauzálních) signálových vazeb a bohatost grafických možností pro zobrazení modelovaných vztahů umožňuje vytvářet hierarchicky členěné a „samodokumentující se“ modely

prostředí, což má, zejména v medicíně akutních stavů značný význam.

Objektová architektura Modelicy podporuje členění modelu na vhodné části, které mají ucelený význam, aby je bylo možné zkoumat samostatně v určitých podmínkách nebo je i znovu použít (ať již na jiném místě stejného modelu nebo v jiném modelu) a tím podstatně zvyšuje přehlednost vytvářených modelů. Proto v Modelice vytváříme rozsáhlé znovupoužitelné knihovny modelicových „simulačních čipů“ a každý model je obvykle provázen rozsáhlou hierarchicky uspořádanou knihovnou jednotlivých prvků. Hierarchické komponenty se dají „rozkliknout“ a odkrýt tak jejich vnitřní uspořádání obr. 2 a 3. uvádí ukázkou naší implementace modelu QHP.

Výsledný model bude sloužit jako podklad rozsáhlého simulátoru fyziologických funkcí pro lékařskou výuku.