



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní



## PLM V UNIVERZITNÍM PROSTŘEDÍ

Případová studie k využitelnosti PLM systému v univerzitním prostředí

Václav Krys

Zdeněk Konečný

Jiří Marek

Ostrava 2012



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0147 „Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu“.

Název: PLM v univerzitním prostředí  
Autoři: Václav Krys, Zdeněk Konečný, Jiří Marek  
Vydání: první, 2012  
Počet stran: 90  
Náklad:

Jazyková korektura: nebyla provedena.



**Tato studie vznikla za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.**



*Název:* Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu  
*Číslo:* CZ.1.07/2.3.00/09.0147  
*Realizace:* Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Václav Krys, Zdeněk Konečný, Jiří Marek

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

## OBSAH

<b>1</b>	<b>PLM PŘÍSTUP K VÝVOJI PRODUKTU .....</b>	<b>7</b>
1.1	Co je PLM? .....	7
1.2	Vývoj PLM systémů .....	8
1.3	Základní pojmy .....	8
1.4	Aktuální trendy .....	11
1.5	Doporučení pro výběr PLM systému .....	11
<b>2</b>	<b>HISTORIE VÝVOJE CAD SYSTÉMŮ .....</b>	<b>13</b>
2.1	CAD systémy éry počítačů druhé generace .....	13
2.1.1	Přehled generací počítačů .....	13
2.1.2	První CAD systémy .....	14
2.2	CAD systémy 70. a 80. let .....	15
2.2.1	Principy tvorby 3D modelů.....	16
2.2.2	AutoCAD .....	18
2.3	Devadesátá léta - boj CAD systémů.....	22
2.3.1	Vznik středních CAD systémů.....	22
2.3.2	Modulární CAD systémy .....	23
2.4	MKP v CAD systémech.....	24
2.4.1	Historie MKP .....	24
2.4.2	Aplikace MKP v CAD systémech.....	25
	• MKP v Inventoru .....	25
	• MKP v systému Catia.....	26
	• MKP v systému SolidWorks .....	26
	• MKP v systému NX I-deas .....	27
	• MKP v systému Pro/ENGINEER (CREO) .....	28
2.5	Správa dat .....	30
2.6	Současný stav CAD systémů.....	31
2.6.1	Fúze systémů .....	32
2.6.2	Produkty firmy Autodesk .....	32
	• CAD systémy: .....	32
	• PDM systém: .....	33
2.6.3	Produkty firmy Siemens .....	33

•	CAD systémy: .....	33
•	PDM systém: .....	34
•	PLM systém:.....	34
<b>2.6.4</b>	<b>Produkty firmy Dassault Systemes .....</b>	<b>35</b>
•	CAD systémy: .....	35
•	PDM systém: .....	35
•	PLM systém:.....	36
<b>2.6.5</b>	<b>Produkty firmy PTC .....</b>	<b>36</b>
•	CAD systémy: .....	36
•	PLM systém:.....	37
<b>2.7</b>	<b>Souhrn kapitoly .....</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>PŘEHLED DOSTUPNÝCH PLM SYSTÉMŮ .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>PTC – Windchill .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Postup implementace systému Windchill.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Nasazení systému Windchill ve firmě ZETOR TRACTORS, a.s. ....</b>	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Dassault systemes – ENOVIA .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1</b>	<b>ENOVIA SmarTeam .....</b>	<b>44</b>
•	ENOVIA SmarTeam Design Express v útvaru konstrukce.....	44
•	ENOVIA SmarTeam Engineering Express v útvarech technické přípravy výroby (TPV) 45	
•	Přínosy nasazení systému PLM s příslušným CAD systémem .....	46
<b>3.2.2</b>	<b>ENOVIA V6 .....</b>	<b>46</b>
•	PLM 2.0 principy uplatněné v systému ENOVIA V6.....	46
•	ENOVIA V6 Portfolio.....	47
<b>3.3</b>	<b>SIEMENS – Teamcenter .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Teamcenter - Správa kusovníků .....</b>	<b>50</b>
•	Funkce pro správu kusovníků:.....	50
<b>3.3.2</b>	<b>Teamcenter - Spolupráce celé společnosti .....</b>	<b>50</b>
•	Možnosti řešení pro spolupráci celé společnosti: .....	51
<b>3.3.3</b>	<b>Teamcenter - Řízení shody .....</b>	<b>51</b>
•	Možnosti řešení řízení shody s předpisy: .....	51
<b>3.3.4</b>	<b>Teamcenter - Správa obsahu a dokumentů .....</b>	<b>51</b>
•	Možnosti řešení řízení obsahu a dokumentů: .....	52

3.3.5	<b>Teamcenter - Řízení konstrukčního procesu .....</b>	<b>52</b>
	• Možnosti řešení řízení konstrukčního procesu: .....	52
3.3.6	<b>Teamcenter - Základna podnikových znalostí.....</b>	<b>53</b>
	• Možnosti řešení řízení konstrukčního procesu: .....	53
	• Přínosy řešení základny podnikových znalostí:.....	54
3.3.7	<b>Teamcenter - Řízení složení, balení a značky.....</b>	<b>54</b>
	• Možnosti řešení řízení složení, balení a značky: .....	54
3.3.8	<b>Teamcenter - Vizualizace životního cyklu výrobku .....</b>	<b>55</b>
	• Možnosti řešení vizualizace životního cyklu:.....	55
3.3.9	<b>Teamcenter - Údržba, oprava a kontrola (MRO).....</b>	<b>56</b>
	• Možnosti řešení údržby, oprav a kontroly: .....	56
3.3.10	<b>Tecnomatix: Řízení procesu výroby .....</b>	<b>57</b>
	• Klíčové funkce: .....	57
3.3.11	<b>Teamcenter - Řízení mechatronických procesů.....</b>	<b>57</b>
	• Možnosti řešení řízení mechatronického procesu: .....	58
3.3.12	<b>Teamcenter - Služby rozšiřitelnosti platformy .....</b>	<b>58</b>
	• Možnosti řešení služeb rozšiřitelnosti platformy:.....	58
3.3.13	<b>Teamcenter - Řízení portfolia, programu a projektu.....</b>	<b>59</b>
	• Možnosti řešení řízení portfolia, programu a projektu: .....	59
3.3.14	<b>Teamcenter - Zprávy a analytika.....</b>	<b>60</b>
3.3.15	<b>Teamcenter - Správa procesů simulací.....</b>	<b>60</b>
	• Možnosti řešení řízení portfolia, programu a projektu: .....	60
3.3.16	<b>Teamcenter - Řízení vztahů s dodavateli.....</b>	<b>61</b>
	• Možnosti řešení řízení vztahů s dodavateli:.....	61
3.3.17	<b>Teamcenter - Řízení vztahů s dodavateli.....</b>	<b>62</b>
	• Možnosti systémového inženýrství a správy požadavků:.....	62
3.4	<b>Autodesk PLM 360.....</b>	<b>62</b>
3.4.1	<b>Funkce Autodesk PLM 360 .....</b>	<b>63</b>
3.4.2	<b>Cenová dostupnost.....</b>	<b>64</b>
3.5	<b>Souhrn kapitoly .....</b>	<b>64</b>
3.5.1	<b>Přehled společných termínů popisujících PLM systémy .....</b>	<b>64</b>
4	<b>IMPLEMENTACE PLM NA FS VŠB – TU OSTRAVA.....</b>	<b>66</b>
4.1	<b>PLM pro komerční zakázky a výzkumné projekty.....</b>	<b>66</b>

4.1.1	Hlavní rizika pro využití PLM při komerčních projektech na FS.....	66
4.2	Výuka využití PLM systému .....	68
4.3	Doporučení pro zlepšení současného stavu.....	68
4.3.1	Soutěže pro univerzitní projektové týmy .....	70
	• Formula Student .....	70
	• Shell Eco-marathon .....	71
	• RoboCup.....	71
4.3.2	Podpora dlouhodobých týmových projektů pro univerzitní soutěže.....	74
5	ÚPRAVA STUDIJNÍCH PLÁNŮ PRO NAsAZENÍ PLM .....	77
5.1	Analýza současného stavu na FS VŠB - TUO.....	77
5.2	Ideální stav pro zahrnutí PLM přístupu do výuky .....	78
5.3	Koncepce výuky CAD systému na kat354.....	79
6	INFORMAČNÍ ZDROJE .....	89

# 1 PLM PŘÍSTUP K VÝVOJI PRODUKTU



## Cíl:

- ✚ Vymezení popisované problematiky
- ✚ Seznámení se základními pojmy souvisejícími s problematikou
- ✚ Seznámení se základními problémy spojenými s volbou PLM systému



## Výklad a popis případové studie

Zavádění PLM systémů je logickou reakcí na potřebu efektivního využívání informací v průběhu životního cyklu produktu s ohledem na dnes samozřejmou dislokovanou strukturu jednotlivých oddělení firem a subdodavatelský přístup.

Jak ukazují zkušenosti firem, kde se implementace systému a nastavení potřebných procesů zdařilo, vede možnost získání aktuální potřebné informace v požadovaném čase k významné úspoře času a finančních prostředků v před-produkční etapě návrhu nového nebo inovovaného produktu. Tímto je možné rychleji reagovat na měnící se požadavky trhu a dostat produkt k zákazníkovi rychleji než konkurence.

## 1.1 Co je PLM?

PLM je zkratkou anglického termínu Product Lifecycle Management, který značí proces řízení kompletního životního cyklu produktu, a to od jeho prvotního konceptu, přes detailní návrh, výrobu a poprodejní servis až po jeho likvidaci. (1)

Jedná se o informační platformu, která v sobě zahrnuje technické, výrobní i marketingové údaje o daném výrobku. PLM je ve své podstatě spíše souhrnnou a zobecněnou filosofií produkce výrobku než konkrétními aplikacemi pro řešení konstrukce, přípravy výroby nebo datové komunikace.

Při vlastním řešení je kladen důraz na on-line provázanost jednotlivých procesů mezi firemními pobočkami, komunikaci se zákazníky, partnery a dodavateli bez ohledu na jejich umístění. Praktické komplexní nasazení (implementace) PLM řešení na všech úrovních podniku je velmi náročný a poměrně zdlouhavý proces vyžadující změny organizace činností, metodiky zpracování informací za cílem zvýšení jejich efektivity. (2)

## 1.2 Vývoj PLM systémů

Důsledné sledování a nasazování specializovaných nástrojů pro podporu jednotlivých činností v rámci celého životního cyklu produktu není nic nového a všechny úspěšné produkční firmy mají své ověřené postupy. Aplikace pro podporu dílčích etap životního cyklu (CAD, CAQ, SCM atd.) byly zdokonalovány a optimalizovány. Při hledání další možné optimalizace se jako problém ukázala vzájemná výměna dat mezi jednotlivými aplikacemi a potřeba vzdáleného zabezpečeného přístupu k datům pro delegované členy projektových týmů. Tento problém začaly řešit velké společnosti a nadnárodní koncerny, které si nechali udělat zastřešující informační aplikace na míru v souladu s jejich interními procesy. Postupně se začal tento koncept rozšiřovat na subdodavatele firem, které jej již využívaly. Vzhledem ke zřejmým přínosům po úspěšné implementaci se začaly po PLM systémech poohlížet i menší společnosti avšak investice na vývoj na míru vytvořeného systému byly příliš vysoké.

Softwarové firmy zareagovali vytvořením předdefinovaných PLM řešení, které se následně přizpůsobí potřebám konkrétního zákazníka, případně zákazník přizpůsobí do jisté míry své procesy. Byly sestaveny tzv. „nejlepší praktiky“ na základě zkušeností z předchozích implementací a podle nich se systémy nastavují. Je tedy potřeba analyzovat do jaké míry jsou aplikovatelné ve firmě, kde má být daný PLM systém nasazen.

Svou příležitost vycítili i společnosti vyvíjející CAD systémy a dnes všichni velcí hráči na trhu dodávají i vlastní PLM platformu.

## 1.3 Základní pojmy

Pro názornost obsáhlosti PLM platformy je vhodné použít schematického zobrazení (Obr. 1-1).

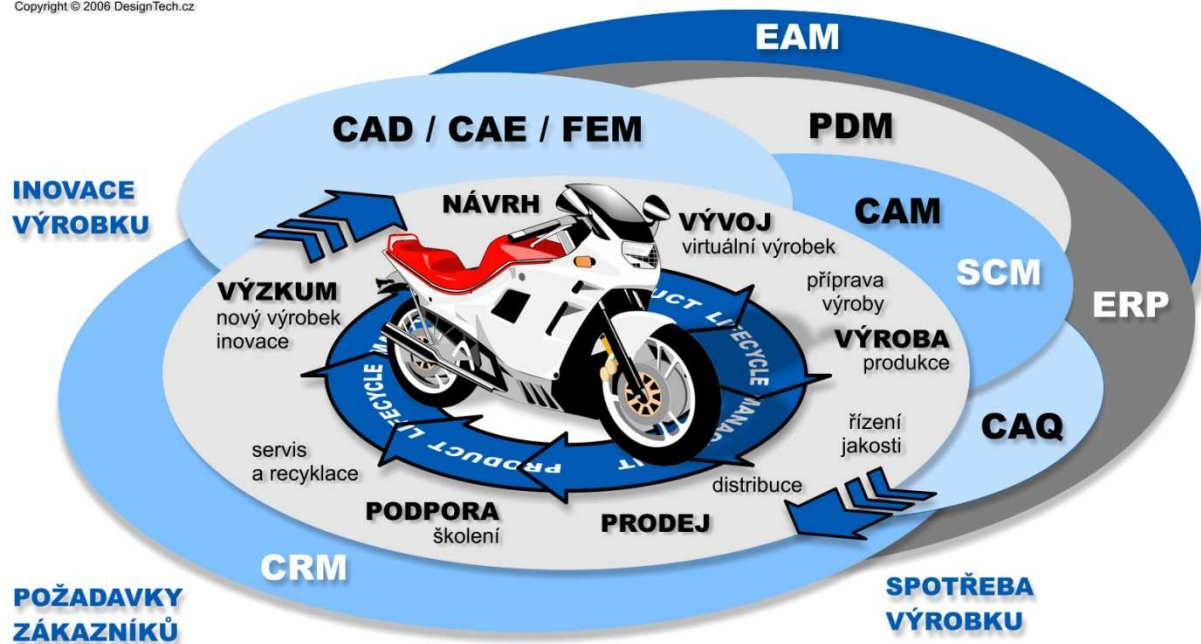
**CAD (Computer Aided Design)** - systémy pro zpracování konceptu návrhu a designu nového, případně inovovaného výrobku poskytují postupy a technologie řešící návrh geometrických a rozměrových charakteristik a parametrů výrobku.

Příklady aplikací: CATIA, CREO (Pro/ENGINEER), NX, SolidWorks, Inventor aj.

**CAE (Computer Aided Engineering)** - systémy pro podporu inženýrských činností poskytují nástroje, které usnadňují technické výpočty a analýzy vedoucí k optimalizaci funkčnosti, geometrie a rozměrů nového, případně inovovaného výrobku v průběhu jeho návrhu. Do této oblasti jsou také zahrnovány systémy pro řešení kinematických vazeb a pohybových studií.

Příklady aplikací: Integrováno ve vyšších CAD systémech.





Obr. 1-1 – Pojmová mapa PLM (2)

**CAM (Computer Aided Manufacturing)** - systémy pro počítačovou podporu výroby poskytují nástroje pro přípravu technologických operací realizovaných na obráběcích, tvářecích případně jiných typech produkčních strojů řízených jistým typem řídicího kódu. Geometrie výrobku pro návrh technologie může být převzata z CAD systémů, případně vytvořena přímo v integrovaném modeláři.

Příklady aplikací: Integrováno ve vyšších CAD systémech, SurfCAM, EdgeCAM, MasterCAM, SolidCAM aj.

**CAQ (Computer Aided Quality)** - systémy poskytující nástroje pro řízení kvality. Většinou se jedná o soubor datově provázaných programových modulů sloužících pro počítačovou podporu řízení kvality, pro pořizování a vyhodnocování dat z výroby, podporující oběh dokumentů a umožňující napojení na podnikové informační systémy prostřednictvím standardních forem.

Příklady aplikací: Palstat CAQ, CAQ AG Factory Systems aj.

**CRM (Customer Relationship Management)** - systémy podporující přímou spolupráci se zákazníky posilují základní hybný proces celého výrobního a inovačního procesu a tím jsou zákaznické požadavky, připomínky a názory. CRM systémy zajišťují a

posilují zpracování těchto informací s možností okamžitých analýz. Jedná se ve své podstatě o management zákaznických vztahů, vyhledávání poznámek ze schůzek, důležitých informací o zákaznících a příslušných dokumentů apod.

Příklady aplikací: SAP CRM, Super Office, Oracle CRM aj.

**EAM (Enterprise Asset Management)** - systémy pro řízení údržby a správu podnikového hmotného majetku) se zaměřují především na minimalizaci celkových provozních nákladů souvisejících s provozem všech výrobních zařízení, na jejich maximální dostupnost pro výrobní operace a na prodloužení jejich životnosti. Systémy mají ve většině případů modulární stavbu pro řešení konkrétních problémů (majetek, záruky, optimalizace, kapacity apod.).

Příklady aplikací: Oracle Enterprise Asset Management, mySAP Business Suite aj.

**ERP (Enterprise Resource Planning)** - podnikové plánování zdrojů je souborem aplikačních funkcí pro podporu analytických činností, finančního řízení, řízení lidských zdrojů, řízení logistiky a korporačních služeb. Systém umožňuje dále přehledně uchovávat finanční data společnosti a nabízí možnosti vytváření finančních přehledů pro vyhodnocování hospodaření společnosti.

Příklady aplikací: Oracle E-Business Suite, SAP All-in-One aj.

**FEM (Finite Element Method)** - systémy pro analýzy pomocí metody konečných prvků doplňují CAE systémy o analytické řešiče multifyzikálních úloh v mechanice, pružnosti pevnosti, akustice, termice, elektrostacie a celé řadě jiných oblastí. Tyto systémy úzce souvisí s oblastí návrhu, optimalizace geometrie a určení mechanických vlastností nového, případně inovovaného výrobku.

Příklady aplikací: MSC Nastran, MSC MARC, ANSYS, Fluent aj.

**PDM (Product Data Management)** nástroje pro správu dat o výrobku poskytují samostatné nebo integrované prostředky pro archivaci, výměnu a analýzu digitálního obsahu. Propojují mezi sebou datové výstupy z jednotlivých aplikací a umožňují verifikaci jejich variant. Součástí PDM systémů jsou nástroje pro podporu schvalovacího řízení. Data jsou v PDM systémech analyzována nejčastěji pomocí uživatelsky definovaných atributů na úrovni návrhu nebo použitých technologií. Tyto systémy usnadňují a zefektivňují práci s rozpiskami, kusovníky a dalšími technickými dokumenty. PDM nástroje podporují často celou řadu datových formátů a jsou přímo určeny pro podporu týmových projektů CSCW (Computer Supported Cooperative Work).

Příklady aplikací: Intralink, SolidWorks Enterprise PDM, Arena aj.

**SCM (Supply Chain Management)** - řízení dodavatelského řetězce je strategií managementu pro optimalizaci všech činností a systémů pro zabezpečení dodávky produktů a služeb od dodavatelů surovin přes jejich výrobu nebo vývoj, přes distribuční kanály až ke koncovému spotřebiteli. Hlavními oblastmi dodavatelského procesu je plánování, získávání, výroba, dodání a reklamace. Aplikace jsou obvykle řazeny do dvou kategorií: aplikace pro plánování (stanovení optimálního stavu) a aplikace pro realizaci (evidence a sledování).

Příklady aplikací: SAP Supply chain management aj.

## 1.4 Aktuální trendy

Ze strany firem dodávajících PLM systémy se bude stupňovat tlak na zdůvodňování potřeby až nezbytnosti zavedení PLM v každé produkční společnosti. Jedná se o strategické rozhodnutí každé společnosti a implementace systému na všech potřebných úrovních není jednoduchá a rychlá záležitost, i když někteří prodejci tvrdí opak.

Motivace prodejců je zřejmá. Dojde-li k nasazení PLM systému dané firmy, pak tato firma s vysokou pravděpodobností dodá i další podpůrné produkty. V potaz je nutno brát i systém školení zaměstnanců a podpory ze strany dodavatele atd. V každém případě se jedná o dlouhodobý smluvní vztah mezi dodavatelem systému a danou firmou, který musí efektivně fungovat.

Lze očekávat, že se budou objevovat PLM řešení, která se nebudou přizpůsobovat potřebám firmy, ale budou vyžadovat, aby firma striktně přizpůsobila své procesy pro PLM.

## 1.5 Doporučení pro výběr PLM systému

Společnost CIMdata, která se zabývá poradenstvím v oblasti implementací PLM sestavila 10 klíčových dotazů, které by měl dodavatel PLM systému bez zbytku a jasně zodpovědět.

U každé z těchto otázek je důležité mít na paměti: 1. Zda dodavatel dokáže poskytnout vytyčené možnosti, a co je ještě podstatnější, 2. Jak tyto možnosti zprostředkuje? Ono "jak" je kritickým faktorem. Zatímco může více PLM dodavatelů poskytnout podobnou funkčnost nebo schopnosti, to, co musí být bez kompromisů pochopeno a ohodnoceno, je, jakým způsobem bude taková funkčnost zajištěna a jak dobře bude fungovat ve vašem obchodním a technickém prostředí. (3)

1. Jak podporujete navrhování strojírenských produktů a změnové řízení v prostředí rozptýlených pracovišť se zapojením více různých CAD systémů?

2. Jak podporujete integrovaný návrh mechanických (MCAD), elektronických (ECAD) a softwarových komponent a správu konfigurací (tj. jak podporujete mechatroniku)?
3. Jak vaše řešení zajistí standardizaci našich firemních procesů a jak může nahradit nebo konsolidovat naše obchodní a IT aplikace?
4. Jak může vaše řešení růst souběžně s naším byznysem od základní PLM implementace směrem k pokročilejším PLM schopnostem?
5. Jaké „nejlepší praktiky“, jež by vyhovovaly našim specifickým potřebám, jsou podporovány v základní verzi vašeho řešení?
6. Jak podpoříte zabezpečení spolupráce v našem podniku a napříč dodavatelským řetězcem?
7. Vycházejí všechny vaše PLM aplikace ze stejné architektury, datového modelu a standardů? (A jaké to jsou?)
8. Jaké nástroje jsou k dispozici, a/nebo jsou nezbytné ke konfigurování a rozšíření datového modelu, uživatelského prostředí, schopností a workflow u vašeho řešení?
9. Jak může být navrhované PLM řešení integrováno do našich stávajících obchodních systémů a procesů?
10. Nakolik je vaše architektura škálovatelná z hlediska měnících se požadavků trhu?

## 2 HISTORIE VÝVOJE CAD SYSTÉMŮ



### Cíl:

- ✚ Poukázat na tradici a schopnost inovací firem vyvíjejících CAD systémů
- ✚ Poukázat na souvislost mezi CAD a PLM systémem
- ✚ Zachytit posloupnost vývoje CAD, nástup PDM a jejich přerod v PLM systémy
- ✚ Poukázat na zrychlující se trend vývoje CAD systémů
- ✚ Zmínit uvolnění nových platform CAD systémů optimalizovaných pro spolupráci s PLM systémy

Na tomto místě je zařazen přehled historického vývoje hlavních CAD systémů, aby se bylo možné zorientovat v současné situaci na trhu, která je značně ovlivněna agresivní kampaní společností SIEMENS, podporující svou odkoupenou CAD platformu NX a PLM systém TEAMCENTER.



### Výklad a popis případové studie

Důležitým kritériem pro výběr významného partnera, kterým dnes dodavatel PLM systému pro firmu je, je jeho tradice, zkušenost, reference uživatelů, rozsah a způsob zajištění technické podpory a v neposlední řadě úroveň poskytovaných školení.

## 2.1 CAD systémy éry počítačů druhé generace

### 2.1.1 Přehled generací počítačů

Historický vývoj CAD systémů nelze sledovat odděleně od vývoje počítačové techniky vůbec. Rozvoj výpočetní techniky umožnil vznik různých CAx systémů, jako nástrojů pro podporu činností techniků a inženýrů. Pro to na úvod případové studie uvádím přehled generací počítačů, viz *Tab. 2.1. (4) (5)*

"Ve starší počítačové literatuře se objevuje někdy také pojem „pátá počítačová generace“ (4) (5). V 80. letech se předpokládalo, že se po roce 1990 objeví zcela nová architektura počítačů, odlišná od stávající von Neumannovy koncepce. Tato generace se měla vyznačovat umělou inteligencí schopnou nejen úlohy řešit, ale i nalézat algoritmy řešení. Rychlost těchto počítačů se neměla měřit v operacích za sekundu, nýbrž v logických úsudcích za jednotku času. Pátá počítačová generace však zatím existuje pouze v teoretických modelech nebo počátečních stádiích výzkumu." (6)

Tab. 2.1 - Generace počítačů

**Přehled generací počítačů a jejich charakteristických vlastností**

Generace	Stavební prvky logických obvodů	Programové vybavení	Konfigurace	Operační rychlost op./s	Vnitřní paměť
0.	elektromagnetická relé	strojový kód	velký počet skříní	do 10	kolem 100 B
1.	elektronky	strojový kód assembler autokód	desítky skříní	$10^2$ - $10^4$	1-2 KB
2.	tranzistory	vyšší programovací jazyky FORTRAN, ALGOL, COBOL	do deseti skříní	$10^4$ - $10^5$	16-32 KB
3.	integrováné obvody SSI	operační systémy a modernější programovací jazyky PASCAL, LIPS	do pěti skříní	$10^5$ až $5 \cdot 10^6$	0,5-2 MB
3,5	integrováné obvody MSI nebo LSI	rozšiřitelné operační systémy a modernější programovací jazyky	do pěti skříní	kolem $10^6$	1-16 MB
4.	integrováné obvody VSLI	operační systémy a jazyky přizpůsobené uživatelům	jedna skříň	$10^6$ - $3 \cdot 10^7$	1-18 MB

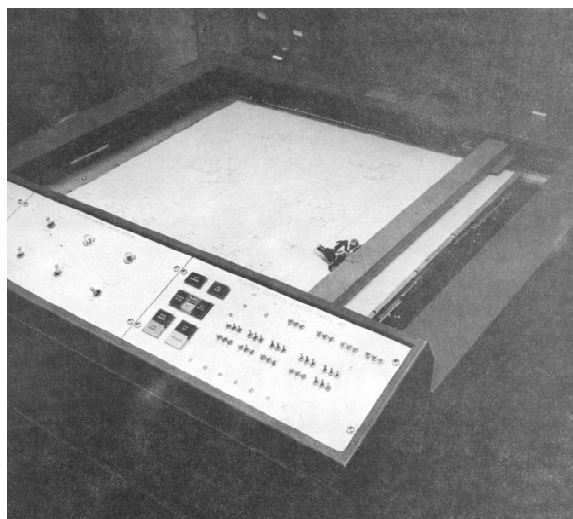
### 2.1.2 První CAD systémy

Jako první CAx software, byl vyvinut v roce 1957 Dr. Patrickem J. Hanratty první komerční CAM systém s názvem PRONTO. Dr. Hanratty je tedy považován za otce CAD CAMů. Za zmínku stojí i rok 1960 kdy John McCarthy vyvinul programovací jazyk LISP, který je dodnes používán v AutoCADu. (7)

První grafický systém byl vyvinut na půdě Lincoln Laboratory MIT v roce 1963 Ivanem Sutherlandem, jako součást jeho disertační práce pod názvem **Sketchpad**. Pro jeho aplikaci byl použit počítač druhé generace TX-2, který zabíral plochu cca 93 m<sup>2</sup>. Ovládání systému se provádělo pomocí světelné tužky přímo na obrazovku počítače, viz Obr. 2-1. Sketchpad umožňoval kopírovat vytvořené kresby, ukládat je na paměťové medium. Bylo možno vytvářet výkresy pomocí plotru, viz Obr. 2-2 Dokázala se možnost nasazení počítačů nejen ve strojírenství ale pro opakovanou tvorbu designérů a umělců. (8)



*Obr. 2-1- Obrazovka počítače*



*Obr. 2-2- Plotr*

## **2.2 CAD systémy 70. a 80. let**

Většina CAD systémů období 80-tých let, umožňovaly pouze tvorbu 2D výkresů, jejichž hlavními přínosy bylo:

- 1) Snížení vzniku chyb.
- 2) Zvýšení znovupoužitelnosti výkresů.

Jeden z neznámějších 2D CAD programů, byl této době CADAM, vyvinutý leteckou společností Lockheed. V roce 1975 francouzská letecká společnost Avions Marcel Dassault, zakoupila zdrojový kód CADAMu a v roce 1977 začala vyvíjet 3D CAD systém s názvem CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application), který patří dodnes mezi nejpoužívanější systémy.

Zvyšující se výkon počítačů, a zejména zavedení levnějších pracovních stanic a grafických terminálů, zpřístupnil CAD systémy konstruktérů a inženýrům. Především pracovní stanice Unix, vnesly revoluci do oblasti výpočetní techniky a CAD systémů. Otevřená architektura operačního systému UNIX přinesla na trh vysoce výkonné pracovní stanice s hardware optimalizovaným speciálně pro vědecko-technické aplikace aplikací a samozřejmě i na CAD systémy:

- 1980 počítač Apollo,
- 1981 Sun Microsystems,
- 1982 Silicon Graphics.



V období po roce 1980 přišlo na trh několik CAD systémů, které byly ovlivněny hw a sw vybavením dostupných počítačů. Významným mezníkem pro rozvoj CAD systémů je rok 1980, kdy bylo vyvinuto parametrické modelování.

Základem 3D systémů je parametrická tvorba modelu. Tento způsob modelování vytvořil Dr. Samuel P. Geisberg, zakladatel firmy PTC. Tvar a rozměry modelu jsou definovány parametry, kótami nebo různými vlastnostmi jako například kolmost, rovnoběžnost, tečny apod.

Jednotlivé CAD systémy byly uváděny na trh v následujícím pořadí (9):

**1981 Unigrahpic;** Firma McDonnell Douglas Corporation, která se zabývala vývojem a výrobou vojenských a cestovních letadel.

**1981 CATIA;** Francouzská letecká společnost Avions Marcel Dassault.

**1982 I-DEAS;** Firma SDRC (Structural Dynamics Research Corporation) pro potřeby automobilního průmyslu.

Tyto CAD systémy pracovaly pod operačním systémem UNIX a pro použití vyžadovaly výkonné pracovní stanice.

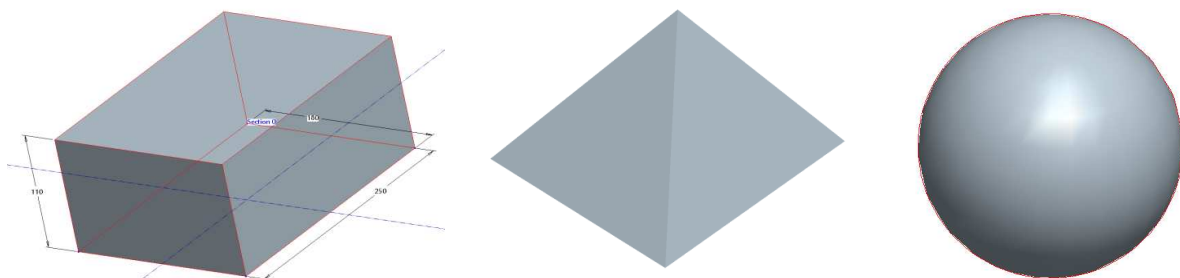
**1984 CADKEY;** Firma CADKEY Corporation, vyvinula první 3D CAD, který pracoval pod operačním systémem MS-DOS.

**1985 Založení firmy PTC,** (Parametric Technology Corporation). Firmu založil Dr. Samuel P. Geisberg.

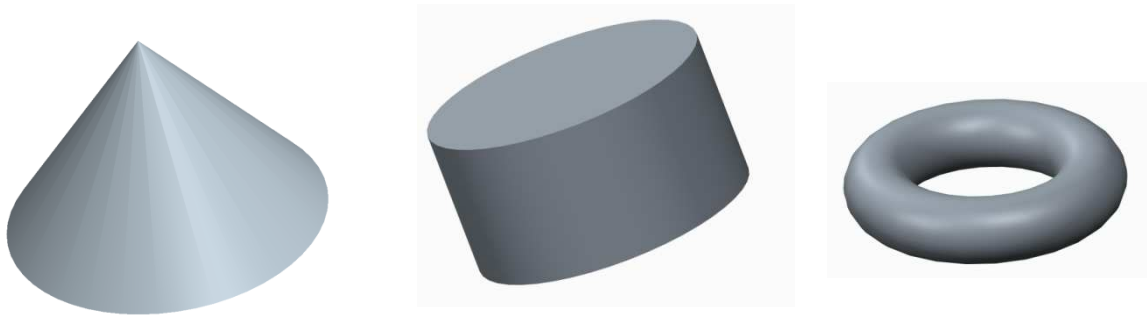
**1987 Pro/ENGINEER;** První komerční verze systému od firmy PTC.

### 2.2.1 Principy tvorby 3D modelů

Všechny tyto systémy byly založeny na filozofii 3D modelování. V prvních verzích těchto systémů byla tvorba 3D modelu založena na tzv. primitivech, tedy jednoduchých tělesech, které jsou zobrazeny na následujícím *Obr. 2-3*.



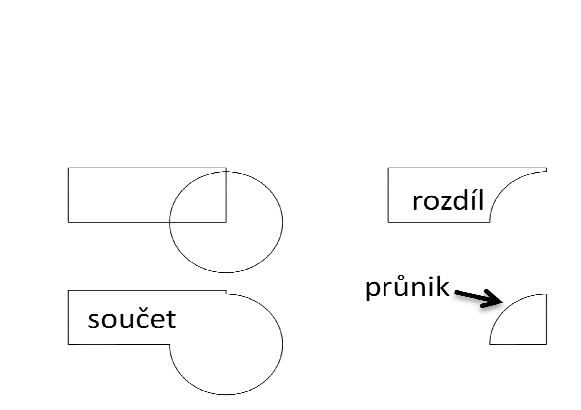




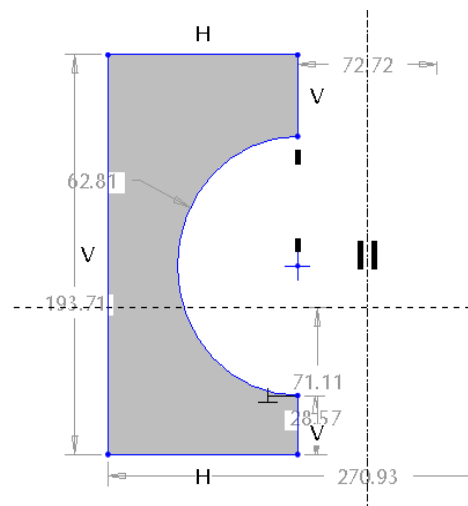
Obr. 2-3 – Objemová primitiva

Objemy těchto jednoduchých těles se spojovaly nebo vzájemně odečítaly, pomocí Booleovských operací (Obr. 2-5). Takto vznikaly modely součástí. Vytvoření tělesa protažením nebo orotováním skici (Obr. 2-5, Obr. 2-6, Obr. 2-7), které přináší parametrická prvková tvorba, se urychlila práci konstruktérů. Jednotlivé konstrukční prvky jsou zaznamenávány ve stromu modelu Model Tree, a je možno se kdykoliv k nim vracet a upravovat.

K těmto základním funkcím byly přiřazeny funkce, které umožňují model různě upravovat, jako například zaoblit nebo srazit hrany, vrtat otvory, vytvářet pole prvků nebo skořepiny. Takto vytvořený systém modelování se vývojem jednotlivých systémů zdokaloval až do dnešní podoby, kdy jej využívají s drobnými rozdíly všechny CAD systémy. Liší se pouze uživatelským prostředím jednotlivých CAD systémů.



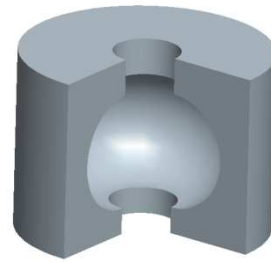
Obr. 2-4 - Booleovské operace



Obr. 2-5 - Základní skica



Obr. 2-6 - Protažení



Obr. 2-7 - Orotování

Jak bylo výše uvedeno, tyto systémy vyžadovaly vysoce výkonné pracovní stanice a pracovaly pod operačním systémem UNIX. Pořízení jedné pracovní stanice včetně CAD systému bylo velmi finančně náročné, a proto si je mohly dovolit jen velké firmy.

### 2.2.2 AutoCAD

S jinou filozofií přichází v 90-tých letech firma Autodesk. V roce 1982 uvádí na trh s 2D CAD systémem AutoCAD. Jeho velkou výhodou bylo, že pracoval pod operačním systémem MS-DOS a bylo jej tedy možno využívat na tehdejších stolních počítačích. V roce 1988 byla dána na trh česká verze AutoCADu verze 10. AutoCAD byl v té době nejrozšířenějším systémem pro tvorbu 2D výkresů. Filozofie tvorby 2D modelů je založena na ukládání dat o jednotlivých entitách (Obr. 2-9), tvořících 2D model, do tzv. asociačních seznamů, kdy pod určitými kódy, jsou uloženy potřebné informace pro zobrazení entit. Jednotlivé entity jsou označeny názvy, které vycházejí z anglických názvů:

- úsečka ... „LINE“
- kružnice... „CIRCLE“
- oblouk... „ARC“

Syntaxe názvů je shodná s názvy entit užívaných v AutoCADu, kdy proměnné tohoto typu jsou specifikovány jako řetězové proměnné.

Jednotlivé entity jsou určeny těmito vlastnostmi:

- úsečka... počáteční bod úsečky,  
koncový bod úsečky,  
hladina, ve které je příslušná entita vytvořená,  
typ čáry, ve které je příslušná entita vytvořená,  
...
- kružnice... střed kružnice,  
poloměr kružnice,

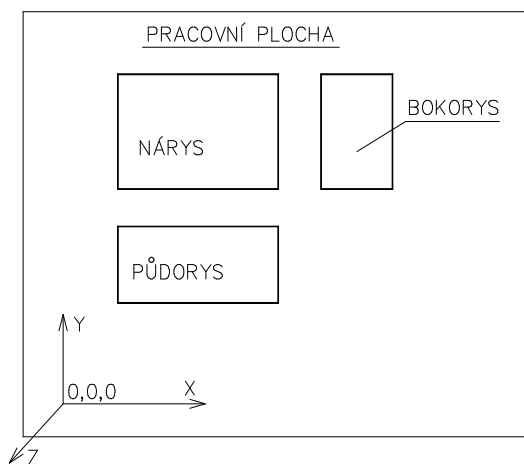
hladina, ve které je příslušná entita vytvořená,  
 typ čáry, ve které je příslušná entita vytvořená,

...

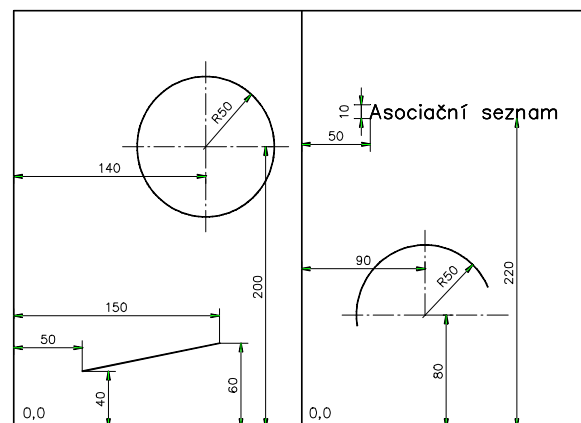
- oblouk... střed oblouku,  
 poloměr oblouku,  
 počáteční bod oblouku,  
 úhel oblouku,

hladina, ve které je příslušná entita vytvořená,  
 typ čáry, ve které je příslušná entita vytvořená,

AutoCAD zavádí souřadný systém, kdy kreslicí plochou je rovina  $\langle XY \rangle$  a kolem osy  $\langle Z \rangle$  se provádí natáčení, viz *Obr. 2-8*.



*Obr. 2-8 - Pracovní plocha*



*Obr. 2-9 - Entity*

Na *Obr. 2-9* jsou nakresleny jednoduché entity, (úsečka, kružnice oblouk a text). Tyto entity jsou zakótovány vzhledem k počátku souřadného systému. Každé entitě je přiřazen následující asociační seznam:

**- úsečka**

((-1 . <Jméno entity: 37511a0>) (0 . "LINE") (8 . "OBR") (10 50.0 40.0 0.0)  
 (11 150.0 60.0 0.0) (210 0.0 0.0 1.0)

### - kružnice

((-1 . <Jméno entity: 4161318>) (0 . "CIRCLE") (8 . "OBR") (10 140.0 200.0 0.0) (40 . 50.0) (210 0.0 0.0 1.0))

### - oblouk

((-1 . <Jméno entity: 41614d8>) (0 . "ARC") (8 . "OBR") (10 90.0 80.0 0.0) (40 . 50.0) (210 0.0 0.0 1.0) (50 . 0.410817) (51 . 3.29504))

### - text

((-1 . <Jméno entity: 4161770>) (0 . "TEXT") (8 . "OBR") (10 50.0 220.0 0.0) (40 . 10.0) (1 . "Asociační seznam") (50 . 0.0) (51 . 0.0) (7 . "STANDARD") (11 0.0 0.0 0.0) (210 0.0 0.0 1.0))

Tab. 2.2 - Kódy asociačních seznamů

Kód	<i>úsečka</i>	<i>kružnice</i>	<i>oblouk</i>	<i>text</i>
-1	Jméno entity v hexadecimálním tvaru			
0	Jméno entity jako řetězec			
7	-			Styl písma
8	Název hladiny			
10	Souřadnice počátku	<u>Souřadnicestředu</u>		Referenční bod
11	Souřadnice konce	-		Typ umístění
40	-	poloměr		-
50	-	-	Počáteční úhel	
51	-	-	Koncový úhel	
101	Rádus vektor			

Na základě této filozofie, vyvinula firma Autodesk přenosové soubory DXF, které umožňovaly komunikaci mezi CAD systémy. Pomocí asociačních seznamů jsou jednotlivé entity zapisovány do výsledného souboru, který je dále modifikovatelný, jde jej editovat, pokud není porušen, kdykoliv načíst a dále s ním pracovat. Od verze AutoCAD 10 bylo možno vytvořit dva typy DXF souborů, textová verze v ASCII kodu a binární verze souboru. ASCII verzi DXF bylo možné číst textovým editorem. Základní organizace DXF souboru je následující:

**HEADER** sekce – Obecné informace o výkresu. Každý parametr má název proměnné a odpovídající hodnotu.

**CLASSES** sekce – Udržuje informace pro aplikační definici, které se objevují v sekcích **BLOCKS**,

**TABLES** sekce – Tato sekce obsahuje definice pojmenovaných prvků:

Aplikační ID (APPID) tabulka

Záznam bloku (BLOCK\_RECORD) tabulka

Styl kóty (DIMSTYPE) tabulka

Hladina (LAYER) tabulka

Typ čar (LTYPE) tabulka

Styl textu (STYLE) tabulka

Souřadný systém (UCS) tabulka

Pohledy (VIEW) tabulka

Rozložení pohledů (VPORT) tabulka

**BLOCKS** sekce – obsahuje definice prvků obsažených v bloku a reprezentující vzhled všech jeho kopií ve výkresu,

**ENTITIES** sekce – obsahuje všechny prvky výkresu včetně umístění bloků,

**OBJECTS** sekce – obsahuje data aplikované pro negrafické objekty, využívané skripty AutoLISP a aplikacemi ObjectARX.

**THUMBNAILIMAGE** sekce – obsahuje náhled DXF výkresu

Jak se AutoCAD stával komplexnějším, podporoval více komplexních objektů, formát DXF se stal méně použitelným. Některé typy objektů, včetně ACIS těles nebyly plně dokumentované. Proto se hledaly další formáty souborů pro přenos dat.

Součástí AutoCADu byl i programovací jazyk AutoLISP, který umožňoval uživatelům úpravy uživatelského prostředí a poskytoval široké možnosti pro automatizaci práce konstruktéra.

K rozšíření AutoCADu výrazně přispěly tyto faktory:

- AutoCAD pracoval pod velmi jednoduchým operačním systémem MS-DOS

- AutoCAD nepotřeboval drahé pracovní stanice. Zvládalo jej i PC, které bylo možno pořídit v letech 1994- 1996 za cca 40 tisíc korun (včetně monitoru).
- Relativně nízká cena vzhledem k 3D systémům.
- Velmi rychlá návratnost, výkon konstruktérů ve firmách se díky aplikaci AutoCADu až zdvojnásobil.

## 2.3 Devadesátá léta - boj CAD systémů

Snahou firmy Autodesk bylo přiblížit se konkurenci, které produkovaly 3D systémy. Výsledkem toho byl ve verzi AutoCAD 12 poskytnut uživatelům objemový modelář AME, pomocí kterého bylo možno vytvářet objemové modely, bylo možno zjistit jejich objem, momenty setrvačnosti, těžiště apod. Modelář AME pracoval na principu konstrukčních prvků, které byly zaznamenány v historii modelování, a bylo možno tyto prvky měnit. Zároveň AutoCAD verze 12 byl poslední čistou verzí, která pracovala pod operačním systémem MS-DOS.

Verze 13 už byla přechodová i pro systém Windows. Zde firma Autodesk odešla od historického stromu modelu. Dalším krokem ve vývoji 3 D modeláře byl Mechanical Desktop a Inventor. V současné době patří Inventor k 3D systémům, které umožňují vytvářet 3D modely pomocí konstrukčních prvků, které jsou zaznamenány ve stromu modelu. Inventor, je jeden s představitelů tzv. volného modelování, to znamená, že nevyžaduje jednoznačnou definici modelu.

### 2.3.1 Vznik středních CAD systémů

V roce 1993 existovalo na trhu několik CAD systémů jak pro 2D tak i 3D modelování. Mezi nejrozšířenější v oblasti 3D modelování patřily, CATIA, Pro/ENGINEER a I-DEAS. Tyto systémy určovaly směr vývoje CAD produktů.

Velmi ostře se rozlišují dva směry tvorby 3D modelů:

1) Volné modelování, jehož představiteli jsou CATIA, I-DEAS, umožňuje konstruktérům tvořit model, aniž by byly jednoznačně definovány tvary a rozměry součástí, umožňuje volné skicování a vytváření velmi složitých tvarů které by bylo těžko parametrizovat. Vychází to i z toho, že tyto systémy se velmi často uplatňují v leteckém nebo v automobilním průmyslu na tvorbu karoserií apod.

2) Tvrdá parametrizace, jejímž představitelem je Pro/ENGINEER, vyžaduje jednoznačně definovanou skicu, buď pomocí kot, nebo vazeb. Systém má tu vlastnost, že nedovolí uživateli pokračovat v práci, pokud není skica nebo prvek jednoznačně definován.

Jednou z největších bariér pro další rozšiřování AD aplikací byla cena pracovních stanic, které pracovaly pod operačním systémem UNIX. Pro doslova revoluci v CAD

systemech způsobila firma Microsoft když v kolem roku 1993 přichází na trh s prvním 32-bitovým operačním systémem Windows NT.

Na tuto situaci reaguje firma PTC, která v roce 1995 uvádí na trh odlehčenou verzi systému Pro/ENGINEER pod názvem Pro/ENGINEER Junior, který pracoval na PC pod operačním systémem Windows 95.

Rovněž firma Dassault Systém uvádí jednodušší verzi systému Catia pro operační systém Windows NT. V tomto roce na trh přichází systém SolidWorks.

V roce 1997 uvádí firma SDRC střední CAD systém I-DEAS Artisan Series . CAD systém byl určen pro subdodavatele velkých korporací, které používaly I-DEAS Series. Odlehčený CAD systém používal stejnou struktura dat jako plnohodnotný I-DEAS, což umožňovalo plnou spolupráci a bezproblémovou výměnu dat, bez ohledu na typ operačního systému a geografickou polohu. Hlavní výhodou byla podstatně nižší cena a skutečnost, že pracoval pod operačním systémem Windows NT na tehdejší dobu výkonných Intel-based PC.

Na situaci tuto situaci reaguje v roce 1997 firma Dassault System zakoupením CAD systému SolidWorks.

Rovněž velký význam pro další vývoj těchto systémů byl vývoj hardware a možnost aplikace pod OS Windows.

V roce 1997 bylo na světových trzích v prodeji CAD/CAM systémů následující pořadí (9):

1. Parametric Technology
2. Dassault Systems
3. EDS/Intergraph
4. SDRC
5. Autodesk

### **2.3.2 Modulární CAD systémy**

Jednou z možností získání nových zákazníků bylo poskytnout v rámci prostředí jednoho CADu různé moduly, které by využívaly vytvořené modely součástí a celků v dalších předvýrobních a výrobních etapách vývoje nového výrobku. Součástí jednotlivých CAD systémů se stávají moduly pro generování programů pro CNC, moduly pro tvorbu vstříkovacích forem, především modul pro inženýrské výpočty. Proto byly do CAD systémů implementovány nástroje pro kinematické a dynamické výpočty mechanismů a FEM řešiče.

Proto v roce 1995 Firma PTC kupuje od firmy Rasna Corporation výpočtový systém MECHANICA. Tento systém obsahoval dva moduly. MOTION, což byly kinematické a dynamické analýzy mechanismů a STRUCTURE, který umožňuje pevnostní analýzy součástí

a sestav. Výpočtové jádro modulu STRUCTURE je poněkud odlišné od běžných FEM řešičů. Modul využívá takzvanou P-technologie, jejíž jedním z autorů je čech prof. Ivo Babuška.

Výpočtový modul MECHANICA byl uveden na trh jako Pro/MECHANICA, nejdříve jako nezávislý modul systému Pro/ENGINEER. Posléze byly jednotlivé podmoduly integrovány přímo do prostředí Pro/ENGINEERu, čímž se razantně zvýšil uživatelský komfort celého CAD systému.

## 2.4 MKP v CAD systémech

K historii vývoje CAD systémů neodmyslitelně patří výpočtové systémy, které umožňují konstruktérům a projektantům předvídat budoucí chování navrhovaných technických objektů. Toto znamená řešit velmi složité inženýrské problémy.

Větší část konkrétních inženýrských problémů není analyticky řešitelná, lze řešit jen velmi jednoduché případy. Bez užití moderních metod se dosud při řešení úloh praxe postupuje tak, že řešený mechanický systém se výrazně zjednoduší. Obvykle jde o takové zjednodušení, aby výsledky mohly být porovnávány se známými řešeními uvedenými v tabulkách, katalozích atd. (10)

Jednou z možností je implementace CAE systému, který je založen na metodě konečných prvků, do konkrétního CAD systému. Těchto systémů je celá řada, lze jmenovat nejznámější, ANSYS, MARC, COSMOS, MSC/NASTRAN a podobně.

### 2.4.1 Historie MKP

Metoda vznikla v období kolem roku 1956 ve výzkumném ústavu aeronautické a kosmické mechaniky v Ohio, USA (Wright Paterson Air Force Base). Výzkumný tým byl veden prof. R.W. Cloughem a spolupracovali zejména R.L. Melosh, H.C. Martin, J.L. Tocher a další. Výzkum a vývoj uvedené numerické metody vyvolal striktní požadavek "měsíčního" programu Apollo v oblasti vývoje a konstrukce nosných raket. V daném čase a při známém objemu financí (3 miliardy) se po rozboru zjistilo, že se pomocí experimentu nedá úkol splnit. Zbyla jediná cesta, a sice vývoj takové numerické metody, která by výpočty potřebné pro projekty nových typů raket a dalších systémů projektu Apollo zvládla. Výsledky výzkumu byly dále intenzívně využívány na uvedené vojenské základně při projektech letadel, ponorek, raket všech typů, atd. Tato skutečnost způsobila utajení detailů metody tak, že programy a teoretické články ležely nejméně deset roků ve vojenských sejfech. První konference v Ohio (1965 a 1968) uváděly jen kusé informace. Další vývoj byl pak často poznamenán četnými duplicitami v odvození základních "nástrojů" metody (uvádí se, že deskový trojúhelníkový prvek odvodilo na sobě nezávisle aspoň 7 autorů). Je zajímavé, že inženýři s metodou dlouhé roky úspěšně počítali, než matematikové dokázali konvergenci metody a vlastně posvětili desetileté výpočtářské úspěchy. V civilním sektoru se nejbouřlivěji metoda konečných prvků (MKP) rozvíjela v letech 1965-1975. Prvním propagátorem a neochvějným zastáncem metody



byl v ČSFR prof. V. Kolář, DrSc. z Brna, který také dosáhl značného mezinárodního uznání za programy řady NE. Pomocí MKP se dnes řeší celá řada úloh, jejichž realizace nebyla dosud možná a to nejen v oblasti mechaniky spojitých těles či soustav. Svou obecnou matematickou formulací umožňuje MKP řešit problém: mechaniky hornin, proudění kapalin a plynů, šíření tepla a záření, stacionárních a nestacionárních elektromagnetických polí atd. (10)

Rozvoj MKP vedl přirozeně k paralelnímu vzniku velkého množství programů, postavených na bázi algoritmu MKP a vyvíjených zpočátku v univerzitním prostředí v souvislosti s řešením výzkumných úkolů. Už v průběhu 60. let se však stále častěji používalo vyvinutého softwaru k řešení inženýrských problémů, vycházejících přímo z požadavků průmyslové praxe. Zájem o nový výpočtový prostředek pak přirozeně vedl k rozvoji některých programů na čistě komerční bázi. V tabulce 1 je přehled nejznámějších programových systémů MKP. Je dobré si povšimnout, že prakticky všechny mají své kořeny v dobách sálových počítačů a děrných štítků a že je obtížné v současné době prorazit se zcela novým produktem, který za sebou nemá dlouhou historii postupného budování od jednoduchých Fortranských procedur jádra až po softwarově velmi rozsáhlý "obal" uživatelského prostředí pre- a postprocessingu. Výjimkou v tomto směru je systém Pro/MECHANICA, který přichází až v průběhu 90. let s novou koncepcí základního algoritmu MKP. (10) (11)

Na základě sledování současného vývoje se zdá, že postupně dojde k omezení počtu komerčně nabízených systémů, mezi nimiž se nakonec uplatní jen několik nejsilnějších firem. Pokud budeme usuzovat z analýzy citací databáze Makebase, pak mezi nejúspěšnější za období 1985-1999 určitě budou patřit systémy ABAQUS, ADINA, ANSYS a NASTRAN. (10) (11)

## 2.4.2 Aplikace MKP v CAD systémech

Nabídka MKP (FEM) nástrojů jako součást CAD systémů se stala běžným standardem, poněvadž umožňuje konstruktérům výběr optimální konfigurace nástrojů pro řešení výše uvedených analýz. Zvláště pro pevnostní a deformační analýzy, byly nabízeny nástroje, pomocí kterých konstruktér velmi jednoduše získá představu o chování budoucího technického objektu. Poněvadž podmínkou pro tyto analýzy je mít k dispozici počítačový model, nejlépe 3D, je pochopitelné že všechny CAD systémy začaly nabízet nástroje pro pevnostní a deformační analýzy. V následující kapitole je uveden stav implementace MKP řešičů v období kolem roku 2005.

### MKP v Inventoru

Tato část vychází, mimo jiné, z praktického tutoriálu, který byl zpracován na v roce 2005 VUT Brno pro uživatele CAD systému Inventor. V tomto systému je integrován CAE systém ANSYS DesignSpace 6, (FEM, AIP).

"MKP nástroj integrovaný do Inventoru, určený pro konstruktéry vychází z předpokladu, že uživatel není specialista na analýzu, a pro správnou aplikaci tohoto typu software proto nutně nepotřebuje její hlubší znalosti. Rámcové informace o metodě, v rozsahu

přednášeném v rámci technické mechaniky na vysokých školách v posledních letech, jsou dostatečným základem pro kvalifikované použití MKP prostředků konstruktéra na nejvyšší úrovni jejich aplikace." (12)

#### MKP v systému Catia

Systém CATIA je používána ve všech oblastech průmyslu. Několik tisíc pracovišť má např. Boeing - významný výrobce letadel. Pro konstrukci svých produktů používají tento systém např. firmy IBM nebo LUX. Využívá se i pro návrh a konstrukci lodí, či průmyslových provozů. Nejrozšířenější je CATIA v automobilovém průmyslu. Používají ji velké automobilky jako Chrysler, BMW, VW nebo ŠKODA. Více jak 50% uživatelů jsou malí výrobci s méně jak pěti pracovišti.

Tento CAD systém má rovněž přímo integrován řešič pro MKP. Na základě internetových prezentací firmy TECHNODAT a studijních podkladů katedry konstruování strojů, Západočeské univerzity v Plzni, lze charakterizovat vlastnosti tohoto řešiče následovně:

- **Plná asociativita mezi modelem a FEM výpočtem**, veškeré úpravy modelu se přenášejí do výpočtového modelu.
- Automatické generování sítě konečných prvků na plochách a objemech, možnost spojovat nesourodé sítě prvkem typu „svar“. Lze vytvářet prvky typu „Beam“
- Možnost vkládání „virtuálních prvků“ pro definování okrajových podmínek.
- Pohodlná editace vygenerovaných sítí.
- Intuitivní (!?) zadávání okrajových podmínek (uložení, kontakty).
- Intuitivní (!?) zadávání zatížení (síly, momenty, tlak, teplota).
- Možnost editace okrajových podmínek a zatížení přímo ve stromové struktuře nebo v modelu.

Systém disponuje následujícími nástroji pro zobrazení výsledků analýz:

- zobrazení různých typů napětí, zobrazení deformací a chyby výpočtu,
- vytváření animací deformací, zobrazení lokálních a globálních extrémů, vytváření řezů,
- zobrazení historie výpočtu, možnost vytvoření výpočtové zprávy.

#### MKP v systému SolidWorks

SolidWorks je 3D parametrický objemový a plošný modelář střední cenové kategorie, který je vlastněn firmou Dessault Systems. Tento systém je využíván například ve firmách ABB s.r.o, ARMATURY Group a.s., Bonatrans a.s., NA Design Company Inc. a další.

Informace o tomto systému byly získány na internetových stránkách firmy SolidVision a na základě internetových tutoriálů z jejich webu.

Podpora oblasti CAE je zastoupena integrovaným nástrojem COSMOSWorks, který disponuje následující moduly:

➤ **Designer**

- Lineární statika – deformace, posunutí.
- Analýza sestav s kontakty a třením.

➤ **Professional**

- Lineární stabilita – bezpečnost na ztrátu stability.
- Frekvenční analýza – vlastní frekvence a tvary kmitání.
- Teplotní analýza – rozložení teplotního pole.
- Únava – zbytková životnost.
- Pádový test – dynamická odezva napětí a deformací.
- Optimalizace.
- COSMOSMotion - kinematika a dynamika mechanismů.
- Translátory do jiných MKP programů.

➤ **Advanced Professional**

- Nelineární analýza – velké deformace a posunutí, plasticita, hyper a viskoelastická, chování konstrukce po ztrátě stability.
- Dynamické chování konstrukcí – odezva na vnější buzení.
- Geostar – pre a post procesor programu COSMOS.

## MKP v systému NX I-deas

NX je výsledek procesu sjednocení CAx systémů Unigraphics a I-deas.

NX I-deas je komplexní CAD/CAM/CAE balík programů, který obsahuje moduly pro všechny inženýrské aplikace ve strojírenství. Vyznačuje se zejména jednoduchým ovládáním, dynamickým navigátorem a jednotným uživatelským rozhraním ve všech modulech. Informace o tomto systému byly získány na internetových stránkách firmy UGS PLM Software, divize Siemens Automation and Drives (A&D) a jejích některých partnerů.

Pro pevnostní analýzy je v systému NX IDEAS integrován MKP systém Nastran. Možnost těchto analýz, je uživateli nabízena v několika úrovních:

**I. Strength Wizard** je aplikace pro výpočty MKP vytvořená s důrazem na snadnost použití. Formou asistenta (wizard) je uživatel veden krok za krokem jednotlivými fázemi definování úlohy:

- automatické „sítování“,
- zadání materiálu výběrem z knihovny s definicí všech vlastností,
- zadání okrajových podmínek a zatížení,
- výpočet,
- prohlížení výsledků,
- automatické vytvoření zprávy o výpočtu.

Snadnost ovládání předurčuje tento modul pro používání „normálními“ konstruktéry bez hlubokých znalostí problematiky matematických analýz a konečných prvků.

**II. Scenario Structural Solver**, což je kombinace 3 špičkových řešičů, použitých podle jejich výhodnosti pro danou úlohu. Pro případnou navazující špičkovou nelineární analýzu lze přímo použít vymodelovanou geometrii jako vstup pro systémy jako MSC/PATRAN, MSC/NASTRAN, COSMOS, MECHANICA, ANSYS, ABAQUS atd. Simulace lití kovů je řešena výstupem do systému MAGMA.

**III. Femap** je program s rozšířeným výpočetním prostředím, pro uživatele Nastranu. Pro systémy používající modelovací jádro Parasolid, dovoluje přímé načítání ploch a těles. Modul dále obsahuje celou řadu následných nástrojů a operací, které lze použít i na ne-Parasolid geometrii, jako například beam modelování, tvorba střednicové plochy, zjednodušování modelu a hexa síťovač, široký CAD import. Femap umožňuje flexibilně zadávat, měnit a kontrolovat zatížení, materiál, typ výpočtu a zpracování výsledků.

**IV. NX Master FEM** - Obsahuje Master Modeler, Surfacing Set, Assembly a Simulation Modeling Set

**V. NX Nastran** - Celková škála komplexního řešiče Nastran.

#### MKP v systému Pro/ENGINEER (CREO)

Vývojem CAE modulu Pro/MECHANICA vznikl modul STRUCTURE, v němž je možno provádět různé typy pevnostních analýz. Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, nejedná se o klasickou MKP, ale je to poněkud jiná metoda, která se nazývá například GEM (Geometric Element Method), nebo polynomičká metoda, poněvadž k zpřesňování výpočtů používá zvyšování stupňů polynomů výpočtových rovnic.

Modul STRUCTURE je součástí celého balíku produktů firmy PTC. Lze jej získat jako modul Pro/MECHANICA Structural Simulation Package, který umožňuje simulovat, vyhodnocovat a optimalizovat strukturální chování výrobků v oblasti statiky, vlastních frekvencí, dynamiky, vzpěrné stability, kontaktu a velkých deformací.

Modul STRUCTURE má následující vlastnosti:

- Přímá vazba na systém Pro/ENGINEER , což znamená, že veškeré potřebné analýzy lze do určité míry provádět přímo na modelu součásti nebo strojního uzlu, vymodelovaného v prostředí. Platí zde rovněž plná asociativita mezi

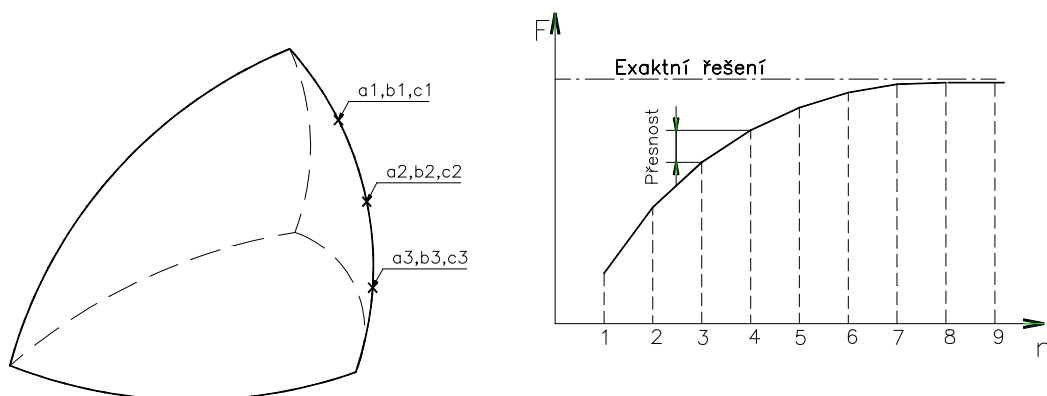
jednotlivými modely, což znamená, že veškeré změny provedené na modelu v jakémkoliv režimu se promítnou do všech souvisejících modelů.

- Automatická tvorba sítě tzv. geometrických prvků. Modul STRUCTURE je vybaven generátorem sítě prvků, které jsou potřebné pro pevnostní analýzy. Generátor prvků je vybaven nástrojem pro optimalizaci sítě.
- Generování sítě pro standardní metodu konečných prvků a vyhodnocení výsledků z jiných řešičů. Pro případy složitých výpočtů, které nejsou vhodné pro aplikaci modulu STRUCTURE, nebo pro uživatele výpočtářských systémů, lze vygenerovat síť prvků pro použití v ANSYSu, Nastranu a podobně.
- Zatížení a okrajové podmínky lze přímo aplikovat na geometrické entity nebo na entity sítě výpočtového modelu. Tato vlastnost umožňuje zadávat zatížení a způsob uložení na rovinné nebo rotační plochy, na křivky popřípadě do bodů. Tato vlastnost v sobě nese určitá omezení, která budou dále vysvětlena.
- Vyvážení požadavků na přesnost výpočtového modelu a rychlost řešení. STRUCTURE využívá "adaptivní P-technologie". Princip této technologie spočívá v tom, že při výpočtu napětí a deformací dochází k zpřesňování výpočtu zvyšováním stupně polynomu řešených rovnic.

### Adaptivní P-technologie

Adaptivní metody konečných prvků používají, pro zajištění kvalitních výsledků, dodatečnou nastavbu (založenou na teorii chyb) modifikující síť konečných prvků v procesu řešení za účelem stanovení aproximovaného řešení v určitých mezích od "skutečného" řešení spojitého problému. Proměna sítě využívá různých technik, z nichž nejznámější jsou tyto:

- R- adaptivita, metoda pracující s pohyblivými uzly vygenerované sítě prvků,
- H – adaptivita, představuje zjemňování (a zhrubování) elementů v síti,
- **P – adaptivita**, změna řádu bázových funkcí, polynomů
- HP -adaptivita je kombinací výše uvedených metod.



Obr. 2-10 - Princip P-adaptivity

Aplikace P-adaptivity v praxi znamená, že při výpočtu dochází k porovnání vypočtených hodnot „a, b, c“ (deformace, energie napjatosti, a střední kvadratická hodnota napětí). Hrany jednotlivých elementů jsou rozděleny na stejný počet dílů a v jednotlivých bodech probíhá tato kontrola. (13)

## 2.5 Správa dat

Z předchozích kapitol jednoznačně vyplývá, že modularita CAD systémů přináší velké problémy se správou dat. V části, kde je uvedena implementace MKP do systému Catia je na prvním místě uvedena vlastnost "*plná asociativita mezi modelem a FEM výpočtem*". Toto je jedna z nejdůležitějších vlastností CAD systémů. Její princip je následující:

Jestliže se předpokládá, že je vytvořen 3D model součásti a tento model je použit v sestavě nějakého uzlu, jsou vytvořeny výkresy, model je analyzován některým MKP řešičem, je vygenerován program pro CNC obrábění. Tvar a rozměry součásti jsou řízeny parametry (kótami). Poněvadž vývoj nového technického objektu je neustálý proces úprav a změn, je nutno **aby se jakákoliv změna, která se provede v kterémkoliv modulu CAD systému, promítla do všech souvisejících modelů**, tedy do datových souborů, které jsou uloženy na některém z paměťových medií. Aby v konečném důsledku jednotliví pracovníci, kteří se podílejí na vývoji nového technického objektu, dostali ta správná a aktuální data.

Než je nový technický objekt uveden na trh, musí projít celou řadou operací a schvalovacími řízeními, které na sebe logicky a systematicky navazují. Proces výroby je však mnohdy velmi složitý. Operace se musí navrhovat, schvalovat, zaznamenávat, spravovat, ukládat a archivovat. Přístup k jednotlivým datům a výrobním procesům s možností jejich jednoduché úpravy jsou základní úkoly pro správu dat. (14)

Tento úkol je pro jednotlivé pracovníky nadlidský úkol, proto byly vytvořeny sw systémy, které jsou schopny tento úkol řešit. Tyto systémy nesou název PDM (Product Data Management).

S první myšlenkou vytvořit systém třídění dat a přehledně spravovat proces vývoje a výroby, přišla americká společnost pro vědu a výzkum vesmírné soustavy NASA v roce **1964**. Vývoj PDM systémů byl orientován především na podporu předvýrobních etap. O dva roky později byla vytvořena 1. komerční databáze IBM a v roce 1973 byl spuštěn první databázový server. Na rozvoj tehdejších PDM aplikací v roce **1985** navázala společnost American Motor Corporation s prvním PLM systémem. Od té doby se systémy neustále optimalizují pro výrobní prostředí. V současnosti jsou nabízeny převážně flexibilně rozšiřitelné modulární PDM systémy. (14)

### Jaký je rozdíl mezi PDM a PLM?

Pro zodpovězení této otázky je nezbytné vycházet z angličtiny, kde zkratka PDM znamená Product Data Management a PLM Product Lifecycle Management. Myšlenkou PDM

je řídit vývoj a výrobu produktu, zatímco účelem PLM je spravovat i navazující informace s výrobou produktu související. Označení PLM je o něco mladší než PDM a zaujímá širší řešení správy dat. Funkčnost obou systémů se v určitých fázích překrývá, přičemž PDM lze definovat také jako podmnožinu v rámci PLM. (14)

### **Základní funkce PDM**

Aby bylo možné systém využívat s vysokou účinností, musí obsahovat základní funkční minimum, do kterého lze řadit shromažďování dat, sledování změn, plánování inovací, sledování technologických postupů, řízení procesů a musí disponovat archivací dat. Na základní funkce navazují funkce pokročilé, které se pořizují ve formě modulů na základě druhu výroby." (14)

#### **Typy PDM softwaru**

"Platformu PDM lze rozdělit na několik základních oblastí:

- správa výrobních procesů,
- správa dat o životním cyklu výrobku,
- správa podnikového inženýringu,
- správa výrobního řetězce,
- správa dat pro vědu a výzkum (konstrukce a technologická příprava výroby – CAD, CAE, CAM, atd.).

**PDM systémy jsou součástí PLM systémů, které pokrývají pět základních oblastí:**

- systémový inženýring,
- správu výrobního portfolia,
- systémy pro vývoj, konstrukci a přípravu výroby produktů (CAD, CAE, CAM atd.),
- správu výrobních procesů,
- správu dat o výrobku.

## **2.6 Současný stav CAD systémů**

Na trhu s CAD a PLM systémy figurují na předních místech čtyři firmy, jejichž systémy patří mezi nejrozšířenější ve světě:

**Autodesk,**

**Siemens PLM software,**

**Dassault systém,**



## **PTC.**

Proto je tato kapitola zaměřena na produkty těchto producentů.

### **2.6.1 Fúze systémů**

Vývoj CAD systémů v prvních letech dvacátého prvního století ovlivnily fúze a přesuny portfolií mnoha firem, které měly za následek vzniku nových a ukončení vývoje starších systémů.

**1998** - firma PTC kupuje CAD systém CADD5

**2001** - firmu SDRC (I-DEAS) koupila firma EDS (Elektronik DAT Systems), která také získala firmu UGS Corp (Unigraphics). Firma EDS sloučila oba CAD systémy do platformy NX.

**2006** - firma PTC kupuje Mathcad

**2007** - Systém NX kupuje firma Siemens

- firma PTC kupuje přímý modelář CoCreate

**2011** - Firma PTC uvádí na trh pokračovatele CAD systému Pro/ENGINEER,  
Creo 1.0

V následujících podkapitolách jsou vedeny informace z oficiálních stránek jednotlivých producentů a dodavatelů software. Poněvadž se jedná o komerční a reklamní informace, byly některé formulace pro použití této případové studie upraveny.

### **2.6.2 Produkty firmy Autodesk**

 CAD systémy:

#### **AutoCAD 2013**

#### **Autodesk Inventor.**

- 3D strojírenské navrhování — Sjednocení pracovních postupů přímého modelování a parametrického navrhování.
- Interoperabilita s formátem DWG — Bezpečná integrace dat AutoCADu a 3D v jediném digitálním modelu.
- Navrhování velkých sestav, plastových dílů a plechu.
- Vizualizace návrhů a výrobní dokumentace
- Automatizace navrhování.
- Integrovaná simulace a analýza metodou konečných prvků (FEA) — Snadno simulujte a optimalizujte návrhy v digitální podobě.
- Návrh trasovaných systémů.



- Tvorba návrhu forem — Návrh, analýza a výroba vysoce kvalitních lisovaných plastových součástí.

#### PDM systém:

Software **Autodesk® Vault** pro správu dat:

- Spravuje data související s digitálním prototypem v průběhu celého životního cyklu projektu.
- Více uživatelů může souběžně bezpečně pracovat, aniž by si vzájemně přepisovali data.
- Šetří čas vyhledáváním, organizací, kopírováním a opakovaným použitím dat, abyste mohli věnovat většinu svého pracovního času inovacím.
- Zamezí chybám bezpečným vydáváním a sledováním souborů v průběhu návrhového cyklu.
- Synchronizuje návrhová data mezi distribuovanými pracovními skupinami pomocí funkcí pro více pracovišť.

Převzato z oficiálního webu [www.autodesk.cz](http://www.autodesk.cz)

### 2.6.3 Produkty firmy Siemens

#### CAD systémy:

##### **Solid Edge**

- Přejít ze 2D na 3D
- Complete Digital Prototyping
- Modelování plechových součástí
- Velké sestavy
- Solid Edge 2D Drafting
- Simulace
- Efektivní spolupráce

##### **NX 8**

- Průmyslový design a styling
- Obalový design
- Konstrukce
- Návrh elektromechanických systémů
- Mechanická simulace
- Elektromechanická simulace

- Tvorba nástrojů
- Obrábění
- Řízení výrobního procesu
- Programování měřících strojů
- Mechatronics Concept Designer

#### PDM systém:

##### **Velocity series**

#### PLM systém:

##### **Teamcenter**

- Správa kusovníků
- Spolupráce v rámci komunity uživatelů
- Řízení dodržování norem
- Správa obsahu a dokumentů
- Řízení konstrukčního procesu
- Základna podnikových znalostí
- Řízení složení, balení a značky
- Vizualizace životního cyklu
- Údržba, opravy a revize
- Řízení procesu výroby
- Řízení mechatronických procesů
- Služby pro rozšíření platformy
- Řízení portfolia, programů a projektů
- Reporty a analytika
- Správa procesů simulací
- Řízení vztahů s dodavateli
- Systémové projektování a správa požadavků

## 2.6.4 Produkty firmy Dassault Systemes

### CAD systémy:

#### **Catia V6 (16)**

- Produkt Shape Engineer (účastní se koncepční fáze vývoje produktu; uživatel má k dispozici designové nástroje; nástroje pro realistickou simulaci výrobku; reversní inženýrství)
- Product Mechanical Engineer (vytváří jednotlivé komponenty celku; uživatel má k dispozici nástroje pro mechanický design výrobku; nástroje pro FEM analýzu, DMU a další )
- Product Equipment Engineer (návrh vybavení produktu v konceptu celé sestavy; např. potrubní systémy, kabeláže, atd.)
- Product Manufacturing Engineer (připravuje produkt do výroby; programuje a simuluje NC stroje)
- Colaborator (ve většině organizací existuje mnoho lidí, kteří nejsou součástí konstrukčních a vývojových skupin, ale je zapotřebí jejich spolupráce na vývoji produktů. Těmto uživatelům jsou k dispozici nástroje pro přístup k 3D datům, jejich prohlížení a spolupráci v rámci PLM procesů; nebo nástroje pro vytváření produktové dokumentace)

#### **SolidWorks (17)**

- SolidWorks Standard - představuje ucelené a robustní řešení pro 3D CAD navrhování, včetně modelování plechových dílů, svařenců a forem, vytváření sestav a mechanismů a vždy aktuální, kompletní výkresové dokumentace. Navíc je v SolidWorks Standard k dispozici celá řada nástrojů pro ověřování návrhů.
- SolidWorks Professional - rozšiřuje balíček Standard o výkonné nástroje pro zvýšení produktivity a zlepšení komunikace. To zahrnuje i PDM systém umožňující správu dat. SolidWorks Professional představuje nejlepší řešení pro pracovní týmy.
- SolidWorks Premium - nabízí vše co předchozí balíčky a navíc přidává nástroje pro pokročilé a přesné strukturální a pohybové simulace. Obsaženy jsou také nástroje pro navrhování potrubních systémů a kabelových svazků. SolidWorks Premium představuje kompletní řešení pro široké spektrum výrobních oborů.
- SolidWorks Sustainability - rozšiřuje produktovou řadu SolidWorks o nástroje pro podporu ekologického navrhování, které vycházejí z osvědčených vědeckých poznatků LCA (Life cycle assessment).

### PDM systém:

#### **SolidWorks Enterprise PDM**

- Sdílení informací o změnách a inovacích zastřešuje systém správy dokumentace SolidWorks Enterprise PDM. Provedené změny jsou

automaticky archivovány v systému SolidWorks Enterprise PDM a každý člen pracovního týmu je informován o provedených změnách.

- Potřebné informace o výrobku a prováděných inovacích lze sdílet do systémů technické přípravy výroby (TPV) a do informačních systémů (MRP/ERP). Typickým představitelem sdílené informace je například kusovník s kompletní strukturou výrobku, informace o materiálech a skladových položkách. Výměna těchto informací probíhá automaticky na úrovni jednotné databáze celého systému. (17)

#### PLM systém:

##### **ENOVIA (18)**

- ENOVIA SmarTeam PDM/PLM řešení umožňuje v organizacích nezávisle na průmyslovém odvětví optimálně integrovat, spravovat, řídit a opětovně využívat výrobová data, nabyté poznatky a procesy.
- ENOVIA SmarTeam pomáhá organizacím zkracovat čas uvedení nového výrobku na trh, snižovat náklady, zajišťovat požadavky na kvalitu a shodu se standardy a racionalizovat vnímavost k požadavkům trhu.
- ENOVIA SmarTeam uživatelé se těší rychlé návratnosti vložených investic (ROI) díky rychlé implementaci řešení, snadnému přizpůsobení všem produktovým informacím včetně možných multi-CAD integrací a řízení veškerých procesů soustředěných kolem položkových kusovníků (BOM) v technické přípravě výroby, samotné výrobě i v rámci celé rozšířené organizace.

## **2.6.5 Produkty firmy PTC**

#### CAD systémy:

##### **Creo**

- Creo Parametric - Parametrické modelování 3D dílů a 3D sestav včetně tvorby 2D výkresové dokumentace.
- Creo Direct - Rychlá flexibilní tvorba a editace 3D geometrie a snadná tvorba 2D návrhů, skicování bez vazeb a parametrů.
- Creo Simulate - Strukturální a termální simulace, analýzy a optimalizace konstrukčních návrhů.
- Creo Schematics - Tvorba schémat a návrhů: elektroinstalace, hydraulika, vzduchotechnika, potrubní systémy, pneumatika, automatické řízení 3D modelů v Creo.
- Creo Layout - Intuitivní 2D projekční a koncepční návrhy, využití existujících 2D a 3D skic, využití návrhů pro 3D modelování a řízení modelů v Creo

- Creo Sketch - Snadné vytváření designových skic a návrhů s využitím pro 3D modelování v Creo.
- Creo Options Modeler - Modulární stavba výrobků a řízení množství variant a opcí. Flexibilní tvorba modulárních struktur výrobků metodou Top&Down a Botton-Up. Jednoduchá příprava nových výrobních variant s využitím existujících 3D modelů dílů a sestav. Konfigurace výrobků řízené kusovníky.
- Creo View MCAD - Vizualizace 2D a 3D dat, obrázků, MS Office dokumentů, přehrávání animací, tvorba poznámek, řezů, měření.
- Creo View ECAD - Vizualizace a analýzy EDA informací k elektrotechnickým návrhům a elektrosoučástkám.
- Creo Illustrate - Interaktivní 3D technické ilustrace, animace a rychlá tvorba a aktualizace katalogů dílů a montážních návodů s využitím 3D CAD konstrukčních dat.

#### PLM systém:

##### **Windchill (19)**

V oblasti managementu dat Windchill poskytuje širokou škálu velmi užitečných funkcí, které významně podporují snahy výrobních firem lépe sdílet informace a podporovat spolupráci v rámci organizace i mimo ni. Windchill například nabízí:

- Údržbu historie všech změn (verze/revize).
- Má vestavěný 2D/3D prohlížeč pro všechny typy dat (3D díly, sestavy, výkresy, kusovníky, přidruženou dokumentaci a další důležitý obsah).
- Zajišťuje řízení života komponent ve všech úrovních struktury výrobku od konstrukce až po servis.
- Umožňuje porovnání struktur výrobku, podporuje správné porozumění každého změněného dílu.
- Definuje sekvence kroků v procesu vývoje a výroby spolu s požadovanými výsledky.
- Disponuje silnými nástroji podporující efektivní sdílení dat a nápadů v rámci spolupracujících týmů.
- Podporuje a vytváří prostředí pro úspěšnou realizaci projektů, koordinuje týmy, sdílí potřebné informace, řídí projekty z pohledu zdrojů, času a rozpočtu.

## **2.7 Souhrn kapitoly**

Kapitola případové studie mapuje vývoj CAD systémů od jejich prvopočátků až po současnost. CAD (Cax) systémy patří mezi softwarové produkty, které zásadním způsobem

ovlivňují vývoj a výrobu technických objektů, se kterými se každý denně setkává. Jestliže jsou tyto systémy základním prostředkem projektantů konstruktérů a dalších vývojových pracovníků, znalost aspoň jednoho z nich je základním předpokladem pro získání zaměstnání v oblasti konstrukce nebo vývoje.

Poněvadž strojní fakulta VŠB - TU Ostrava produkuje technicky zaměřené absolventy, jak všechny obory fakulty prezentují v profilech absolventů, je bezpodmínečně nutné, aby výuka CAD systémů byla vedením fakulty podporována.

Z historie CAD systémů, která je zde předkládána lze učinit některé závěry, které by měly usnadnit rozhodování o strategii výuky CAD systémů na fakultě:

- 1) V současné době jsou na trhu čtyři producenti CAD systémů.
- 2) Strategie by měla respektovat současný stav výuky CAD systémů na Fakultě s přihlédnutím k předpokládanému vývoji jednotlivých CAD systémů.
- 3) Strategie by měla brát v úvahu komplexnost jednotlivých CAD, které jsou v současnosti nabízeny.
- 4) Vzhledem k dlouhodobému vývoji CAD systémů, by se mělo přihlížet i k tradici a zkušenostem jednotlivých producentů.
- 5) Dále by měla být brána v úvahu technická podpora pro jednotlivé systémy z hlediska firem se sídlem v ČR.
- 6) V neposlední řadě i počty nasazení těchto systémů v regionu a v ČR.

### 3 PŘEHLED DOSTUPNÝCH PLM SYSTÉMŮ



#### Cíl:

- ✚ Představit hlavní zástupce nabízených PLM systému na trhu
- ✚ Prezentovat rétoriku dodavatelů PLM na českém trhu
- ✚ Uvést příklady firem, které PLM již nasadily

V této kapitole jsou prezentovány produkty firem dodávající PLM systémy, které jsou zároveň dodavateli v současnosti nejrozšířenějších CAD systémů. Záměrně jsou citovány oficiální weby českých dodavatelů, aby bylo možno porovnat reklamní tvrzení prezentující jednotlivé platformy.



#### Výklad a popis případové studie

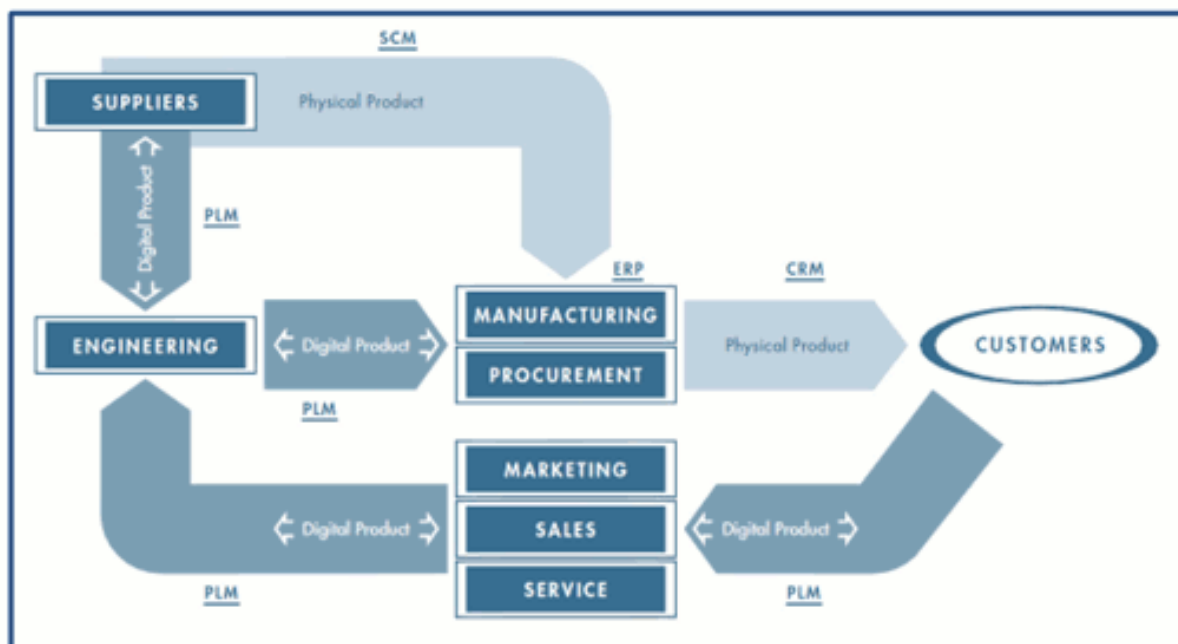
#### 3.1 PTC – Windchill

PTC<sup>®</sup> the  
product  
development  
company

Windchill<sup>®</sup>

PLM Windchill je integrující komponentou systému vývoje výrobku. Windchill řídí podnikové procesy a definici výrobku po celou dobu jeho životního cyklu. Má moderní, širokou a vysoce výkonnou architekturu, která výrobním podnikům umožňuje již dnes se připravit na nejistoty zítřka. (19)

Rozhodnutí přijatá v PLM mají velký vliv na váš obchodní model a efekty, které mohou být realizovány v návazných procesech prostřednictvím aplikací ERP (Enterprise Resource Planning), SCM (Supply Chain Management) nebo CRM (Customer Relationship Management). (19)



Obr. 3-1 – Schéma vývojového procesu produktu (19)

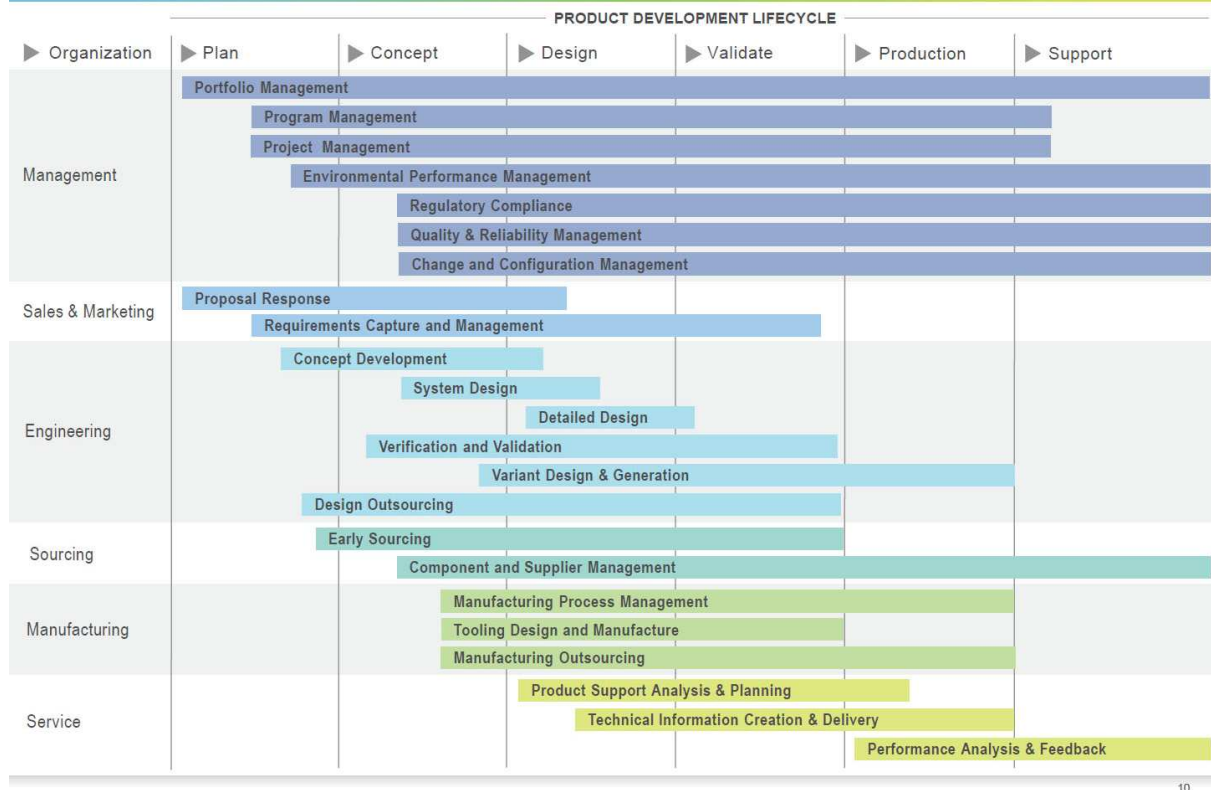
Windchill má schopnost řídit životní cyklus výrobku, tzn. od fáze vzniku jeho konceptu až po vyřazení výrobku z portfolia podniku. To je klíčová kompetence, která v konečném důsledku rozhoduje o konkurenceschopnosti výrobní organizace. (19)

Platí, že konkurenceschopný výrobek vzniká jedině v konkurenceschopném procesu.

V podstatě se jedná o správné nastavení procesů, implementaci výkonných technologií a vzdělání uživatelů.

Windchill je integrující komponentou systému vývoje a výroby, stoprocentně postavenou na internetových technologiích. Zajišťuje komplexní management dat o výrobku, ať už vznikají v předvývojových fázích, při vývoji, detailní konstrukci nebo ve výrobě. Disponuje schopností tato data nejen spravovat a řídit, ale také konfigurovat a poskytovat je pro snadnou spolupráci v rámci výrobního podniku. Prakticky lze říci, že Windchill řídí vše, co popisuje výrobek: MCAD a ECAD data, data z jiných software (např. MS Office nebo Adobe Acrobat), kalkulace, ilustrace a technické publikace po dobu celého životního cyklu. Tak umožňuje vytvořit jedinou jednotnou reprezentaci vašeho výrobku. (19)





Obr. 3-2 – Vývojové procesy v jednotlivých odděleních firmy v souvislosti s vývojovou etapou produktu (19)

## Komplexní management dat o výrobku (19)

V oblasti managementu dat Windchill poskytuje širokou škálu velmi užitečných funkcí, které významně podporují snahy výrobních firem lépe sdílet informace a podporovat spolupráci v rámci organizace i mimo ni. Windchill například nabízí:

- Údržbu historie všech změn (verze/revize)
- Má vestavěný 2D/3D prohlížeč pro všechny typy dat (3D díly, sestavy, výkresy, kusovníky, přidruženou dokumentaci a další důležitý obsah)
- Zajišťuje řízení života komponent ve všech úrovních struktury výrobku od konstrukce až po servis
- Umožňuje porovnání struktur výrobku, podporuje správné porozumění každého změněného dílu
- Definiuje sekvence kroků v procesu vývoje a výroby spolu s požadovanými výsledky
- Disponuje silnými nástroji podporující efektivní sdílení dat a nápadů v rámci spolupracujících týmů

- Podporuje a vytváří prostředí pro úspěšnou realizaci projektů, koordinuje týmy, sdílí potřebné informace, řídí projekty z pohledu zdrojů, času a rozpočtu

### **Kompletní definice digitální podoby výrobku (19)**

Windchill respektuje základní požadavek výrobních podniků, tj. požadavek na správu veškerého obsahu digitálního výrobku tvořený MCAD 3D/2D daty, ECAD daty, další související dokumenty, správa software a zdrojových kódů, které jsou implementovány do výrobků, technické publikace, výpočty a výpočtové zprávy, projektová dokumentace apod.

### **Optimalizace procesů (19)**

Windchill hraje důležitou roli ve zvyšování výkonnosti vývojových a výrobních procesů a to díky jejich zlepšování a automatizaci. Workflow (pracovní postup) je definováno jednoduše a rychle využitím grafického procesního editoru. Jakmile je zahájen projekt, úkoly jsou automaticky distribuovány mezi zainteresovanými spolupracovníky. Vizuálním monitorováním a řízením pracovních procesů mohou manažeři přerozdělovat úkoly, aby vyvážili zatížení jednotlivých středisek nebo odstranili úzká místa v procesu.

### **Konfigurační management (19)**

Windchill poskytuje systematický přístup pro konfiguraci, řízení a opakované užití struktur výrobku a jejich propojení se správným obsahem jako jsou soubory CAD, dokumentace, kalkulace, technické publikace, a další informace o výrobku. Windchill má schopnost vytvářet různé konfigurační pohledy (jak byl výrobek navržen, jak bude vyroben, jak bude servisován). Stejně tak umožňuje flexibilně a velmi rychle definovat soubory sériově vyráběných dílů a jejich variant, náhrad a zástupců.

### **Integrace vývoje s výrobou (19)**

Windchill podporuje úsilí výrobních podniků propojit předvýrobní fáze s výrobou a tak zajistit hladký přenos všech nezbytných informací potřebných k zajištění výroby. Pomáhá pracovníkům přípravy výroby při plánování, řízení a zajišťování správnosti výrobního procesu, s přípravou výrobních kusovníků a technologických postupů, aby tyto přesně odpovídaly konstrukční dokumentaci a současně aby konstrukční rozhodnutí vycházela z nejlepších výrobních postupů. Snadná tvorba výrobních postupů a jejich variant, definice hrobních sekvencí a operací, provázanost konstrukčních a výrobních kusovníků, integrované změnové řízení napříč celým procesem, výkonné funkce pro řízení výrobních zdrojů a prostředků, to stručný výčet hlavních funkcí technologie Windchill v oblasti podpory výrobních procesů.

### **Podpora správných rozhodnutí (19)**

Pro přijímání správných rozhodnutí manažeři potřebují relevantní podklady, ať se jedná o ekonomické parametry zakázky, časová plánování, stav rozpracovanosti apod. Windchill v této oblasti poskytuje silné nástroje pro tvorbu výstupních sestav a business reporting s využitím grafické podpory.

### 3.1.1 Postup implementace systému Windchill

Pro podrobnější informace o systému je potřeba kontaktovat zastoupení PTC v ČR firmu AV ENGINEERING, a.s..

Následuje analýza procesů firmy a stanovení cílů pro implementaci PLM. Dále konfigurace a přizpůsobení systémů potřebám firmy a příprava na přechod na nový systém včetně školení zaměstnanců a překlopení stávajících dat do nového systému. Po úspěšném ověření zkušebního provozu systému se přistupuje k jeho ostrému provozu.

Dle vyjádření zástupců firmy AV ENGINEERING nelze dopředu odhadnout dobu potřebná pro nasazení systému do ostrého provozu, ale nejedná se o dny. Je závislá od aktuálního stavu procesů ve firmě, podpory managementu firmy a ochoty zaměstnanců k provedení významné změny. Z toho rovněž vyplývá, že nelze dopředu stanovit přesnou cenu nasazení PLM systému.



### Příklad z praxe

### 3.1.2 Nasazení systému Windchill ve firmě ZETOR TRACTORS, a.s.

Jedná se o firmu s vlastním vývojem. Ve firmě bylo vytipováno zhruba 50 zaměstnanců, kteří by měli využívat PLM systém Windchill.

Doba přechodu na PLM byla 9 měsíců, z toho 4 měsíce přípravy a 5 měsíců implementace. V této době prošli zaměstnanci celkem 182 dny školení. Pro efektivní využívání systému je potřeba, aby byli uživatelé pokud možno na stejné úrovni a dodržovali definované postupy modelování a práce s daty.

Nastavené procesy je nutné dodržovat a toto musí být managementem striktně vyžadováno. Na tomto selhala předchozí snaha ve firmě efektivně nasadit PDM systém.

## 3.2 Dassault systemes – ENOVIA





### 3.2.1 ENOVIA SmarTeam

ENOVIA SmarTeam je řešení od Dassault Systemes, poskytující společností možnost sdílet a vyměňovat si informace o výrobku mezi týmy uvnitř společnosti i v celém dodavatelsko-odběratelském řetězci. Tento systém umožňuje spravovat informace v průběhu celého životního cyklu produktu, uchovává vztahy mezi produkty, lidmi, procesy, daty a aplikacemi. Tento PDM/PLM systém pracuje s veškerými technickými i obecnými daty. (18)

ENOVIA SmarTeam pomáhá uživatelům usměrňovat jejich inženýrské aktivity a produktové procesy bez poklesu jejich kvality. Zajišťuje součinnost uvnitř organizace na různých úrovních a integruje informace (možnost opětovného použití poznatků o produktu, již dříve vytvořených v CAx, MS Office, MS Project a dalších zdrojích), procesy a zdroje (automatizuje a řídí obchodní procesy jako např. správu kusovníků, schvalovací a změnová řízení, sleduje průběhy projektů a optimalizuje tok dat) a pracovní metody všech zúčastněných útvarů nezávisle na jejich umístění. (18)

#### ENOVIA SmarTeam Design Express v útvaru konstrukce

ENOVIA SmarTeam Design Express (SDE) je startovací all-in-one balení PDM řešení pro rychlý start v konstrukčním oddělení s možností postupného rozšiřování v plnohodnotný PLM systém v rámci celé rozšířené organizace. Ve formě TDM (EDR + CAI) je součástí sady CATIA Team PLM konfigurace (CAT). (18)

Hlavní charakteristiky systému (18):

- rychlá implementace systému během 10 dnů, rychlá návratnost vložených investic, možnost dalšího postupného rozšiřování podle potřeb a zdrojů
- nastavený datový model pro týmovou spolupráci při návrhu, metodiky, procesní scénáře, školicí program
- CATIA a multi-CAD (SolidWorks®, Autodesk® Inventor™, Solid Edge™ a Pro/ENGINEER®) integrace
- bezpečné strukturované ukládání dat, automatické zálohování
- komfortní vyhledávání, rychlá identifikace dat
- prohlížení veškeré digitální dokumentace
- autorizace přístupu uživatele k dokumentům, sledování historie dat, řízení jejich verzí a revizí
- integrace s příslušným CAD systémem a MS Office aplikacemi (Word, Excel)

- týmová spolupráce více účastníků při souběžné tvorbě návrhu, sdílení a delegování úkolů v projektu
- standardizace dílů a opětovné použití již jednou vytvořených konstrukčních návrhů

Další významné funkcionality systému (18):

- ENOVIA SDE standardně umožňuje automatickou tvorbu konstrukčního kusovníku ze struktury sestavy, vložení nad rohové razítko nebo export do MS Excel. Standardní SDE šablonu kusovníku lze na přání zákazníka upravovat podle jeho požadavků úpravou makra (skriptu), úprava není součástí základní implementace (placená služba).
- ENOVIA SDE standardně umožňuje vkládání výkresového rámečku a rohového razítka ze šablony. Standardní SDE šablonu lze na přání zákazníka upravovat podle jeho požadavků úpravou makra (skriptu), úprava není součástí základní implementace (placená služba).
- ENOVIA SDE standardně umožňuje pozicování (balooning) ve výkresu sestavy. Standardní proces pozicování (text pozice) lze na přání zákazníka upravovat podle jeho požadavků úpravou makra (skriptu), úprava není součástí základní implementace (placená služba).

#### 🚧 ENOVIA SmarTeam Engineering Express v útvarech technické přípravy výroby (TPV)

ENOVIA SmarTeam Engineering Express (SNE) se speciálně přednastaveným datovým modelem určeným především pro správu a řízení položkových kusovníků, rozšiřuje funkčnosti SDE o následující PLM kategorie a moduly. (18)

Hlavní charakteristiky systému (18):

- multi-CAD integrace s dalšími CAD systémy, které se v organizaci vyskytují (Solidworks, Inventor, Solid Edge, Pro/ENGINEER)
- xBOM, správa standardních (nakupovaných) a vyráběných položek, tvorba technologických a výrobních kusovníků, v rámci TPV je uživatel schopen s v rámci BOM produktu (modulu) generovat technologický a výrobní kusovník, který reprezentuje budoucí výrobek nejpřesněji (1:1)
- správa výrobních konfigurací
- správa a řízení produktového portfolia
- Workflow procesy, schvalovací a změnová řízení, automatizace a řízení obchodní procesů a standardizace toku informací a dat (dokumentace) mezi jednotlivými účastníky (útvary) realizačních procesů
- PGM pro vedení projektů, společná správa a řízení PLM a projektových dat mezi dislokovanými vývojovými a projektovými týmy

### 🚦 Přínosy nasazení systému PLM s příslušným CAD systémem

- zlepšení kvality konstrukčního návrhu
- snížení množství chyb v dokumentaci
- snížení nákladů při návrhu nových dílů
- snížení nákladů na konstrukční změny (až o 75%)
- snížení nákladů na výrobní nástroje a přípravky
- zkrácení času přístupu (vyhledání) k existujícím datům
- zkrácení času konstrukčního návrhu (až o 50%)
- zkrácení času uvedení nového produktu na trh (18)

### 3.2.2 ENOVIA V6

ENOVIA V6 je sada PLM 2.0 produktů s otevřeným prostředím pro globální online spolupráci nad jednotnou databází.

Smysl a cíl ENOVIA V6 produktů je jednoznačný: přispět k lepším obchodním výsledkům organizace. Tím, že umožní efektivně zkrátit čas nutný pro uvedení nového nebo inovovaného výrobku na trh. Konkrétně pomohou podstatně zkrátit čas veškerých realizačních procesů, které mají vliv na rentabilitu výrobku: procesem projektového řízení počínaje, přes procesy řízení požadavků na výrobek, správy kusovníků a konfigurací, nabídkového řízení, schvalovacích a změnových řízení, poptávkového a výběrového řízení, řízení vztahů s dodavateli až po procesy vlastní výroby a následně i poprodejního servisu.

### 🚦 PLM 2.0 principy uplatněné v systému ENOVIA V6

**Online tvorba a spolupráce** - V6 umožňuje souběžnou práci všech účastníků návrhu a realizace výrobku v reálném čase a odkudkoliv prostřednictvím jednoduchého webového přístupu. Díky jednotnému datovému modelu uživatel získává oproti požadavku komplexní interdisciplinární informaci sahající od prezentace 3D modelu sestavy, přes kinematickou až po strukturální analýzu.

**Přípravenost pro PLM obchodní procesy** - V6 platforma je navržena k pokrytí PLM procesů napříč jedenácti průmyslovými odvětvími a unifikuje, optimalizuje, standardizuje a především urychluje veškeré tyto obchodní procesy ve vztahu k tvorbě a realizaci nových nebo inovovaných výrobků. V6 průmyslové akcelerátory zachycují, vyhodnocují a svým uživatelům poskytují veškeré hodnotné a ověřené znalosti a zkušenosti vzniklé v těchto odvětvích při vývoji výrobku ve formě „best practices“. To jim pak umožňuje dodržovat shodu jejich výrobků například s různými regionálními a oborovými předpisy a regulacemi.

**Globální spolupráce na inovaci** - 3D prostředí a PLM nástroje pro kolektivní spolupráci při návrhu inovovaného výrobku umožňují neomezenému počtu online uživatelů v globálních týmech intuitivní přístup k 3D digitální definici a účast v 3D virtuálních

brainstorming videokonferencích a vytváří tak prostor pro společnou komunikaci, konzultace, diskuze, experimenty a sdílení zkušeností.

**Nízké náklady na vlastnictví informací** - Poprvé v kategorii PLM uživatelé pracují s jedinou a jednotnou databází, což ve výsledku dramaticky snižuje náklady na vlastnictví spravovaných informací, čas na výuku, operační podporu a v neposlední řadě urychluje spolupráci. V6 SOA (Service Oriented Architecture), její otevřenost umožňuje snadnou integraci s ostatními (stávajícími i budoucími) podnikovými (ERP, CRM) systémy.

#### ENOVIA V6 Portfolio

**ENOVIA V6** portfolio pojmenovává, organizuje a nabízí své produkty podle jejich funkcí: Governance, Global Sourcing, IP Lifecycle Management a Unified Live Collaboration (16)

**Governance pro realizaci nového výrobku včas a s předpokládanými náklady** (16)

- Program Management, řešení pro podporu projektového řízení, založené na jednotné integrované platformě pro řízení a alokaci zdrojů, dramaticky zvyšuje produktivitu uživatelů (vedoucích projektů i členů jejich globálních projektových týmů), tím, že jim poskytuje požadované aktuální a přesné informace v reálném čase díky přímé vazbě k relevantním datům a dokumentům. Všichni účastníci realizace výrobku mají v jakékoli etapě jeho životního cyklu poměrně přesný a vizuální přehled o stavu a průběhu projektu i jeho jednotlivých úlohách. Řešení umožňuje správu, řízení a sledování projektového portfolia, sdílení a synchronizaci produktových, procesních a projektových dat a informací, spolupráci na souběžných projektech.
- Requirements Management, řízení požadavků a systémové inženýrství vyžaduje komplexní pohled na výrobek a jeho návrh, výrobu, údržbu a na funkce s těmito aktivitami spojené, a to v rámci globální, rozšířené výrobní organizace. Je tedy nezbytné spojit veškeré požadavky na výrobek a tyto informace pak sdílet napříč celou výrobní organizací. ENOVIA V6 Requirements Management řešení zajišťuje konzistentní uložení informací rozličných typů a formátů a vazeb mezi nimi a řídí jejich sdílení mezi všemi účastníky realizačních procesů, všichni autorizovaní uživatelé tedy pracují s aktuální a kompletní sadou výrobních informací, které zajišťují shodu s počátečními požadavky, opět ve všech etapách realizace výrobku.
- Portfolio Configuration Management, řešení umožňující efektivní správu a rychlé opětovné použití jakékoli konfigurace, varianty nebo série výrobku podle požadavku trhu
- Compliancy, řešení pro zajištění shody výrobku s požadovanými mezinárodními i lokálními standardy a regulacemi



- Decision Support/Business Intelligence řešení poskytuje vedoucím projektů a managementu organizace relevantní (a 3D vizuální) informace pro podporu rozhodovacích procesů při řízení organizace a realizace výrobku ve všech etapách jeho životního cyklu

### **IP Lifecycle Management pro řízení intelektuálního vlastnictví (Intellectual Property) organizace (16)**

- IP Work-In-Progress, do standardních ECAD a MCAD systémů integrované řešení sledující každou postupnou změnu stavu v rámci vývoje definice virtuálního výrobku a vliv těchto změn na vlastnosti budoucího výrobku a na náklady k jejich dosažení
- IP Asset Release, správa a řízení struktury technologických a výrobních (xBOM) kusovníků v kontextu stále probíhajících změn stavu vývoje výrobku včetně analýzy nákladů a řízení specifikací
- IP Classification & Reuse, řešení pro snadnou navigaci a rychlé a efektivní vyhledání požadované informace na základě optimálních vyhledávacích kritérií a následně pro její vhodné použití při návrhu nového výrobku

### **Global SourcingLeverage pro podporu dodavatelského řetězce (16)**

- Supply Chain Network, řešení pro definici dodavatelských organizací
- Collaborative Sourcing, řešení pro standardizaci a efektivní řízení vztahů s dodavatelským řetězcem, umožňuje zapojení neomezeného počtu vybraných dodavatelů již v prvních fázích návrhu výrobku. Preference osvědčených dodavatelů a kvalitních komponent, bezpečná komunikace s nimi, ochrana vědomostí o produktu, sdílení aktuálních dat mezi zúčastněnými organizacemi, zajištění dodávky just in time, účast dodavatelů na návrhu produktu a změnových řízeních, ... Ve výsledku optimalizace ceny komponent a tedy i finálního produktu.
- Supplier Performance Monitoring, řešení pro podporu sledování efektivity, výkonu a kvality dodavatelské organizace

### **Unified Live Collaboration pro standardizaci spolupráce v rámci rozšířené organizace (16)**

- Data Warehouse Indexing and Search, unifikace řízení veškerých obchodních procesů týkajících se výrobku díky z hlediska vyhledávání efektivní indexaci v rámci jednotného datového modelu
- Business Process Management & Execution, řešení pro spolupráci všech účastníků v průběhu veškerých obchodních procesů týkajících se výrobku
- IP Asset FederationIP, řešení umožňující díky svému otevřenému prostředí integraci a obousměrnou výměnu dat s podnikovými systémy typu ERP, CRM, ...



- IPLM Collaboration Studio, administrativní nástroj pro snadnou implementaci a údržbu ENOVIA systému

### 3.3 SIEMENS – Teamcenter

# SIEMENS



Teamcenter přináší propojení PDM a CAD/CAM systémů, ať už se jedná o produkty divize Siemens PLM Software společnosti Siemens, jako NX, Solid Edge, I-deas NX Series, nebo další systémy, jako Catia, Pro/E, SolidWorks, Inventor či AutoCAD. (15)

#### **Funkce produktu (15):**

1. Správa kusovníků
2. Spolupráce v rámci komunity uživatelů
3. Řízení dodržování norem
4. Správa obsahu a dokumentů
5. Řízení konstrukčního procesu
6. Základna podnikových znalostí
7. Řízení složení, balení a značky
8. Vizualizace životního cyklu
9. Údržba, opravy a revize
10. Řízení procesu výroby
11. Řízení mechatronických procesů
12. Služby pro rozšíření platformy

13. Řízení portfolia, programů a projektů
14. Reporty a analytika
15. Správa procesů simulací
16. Řízení vztahů s dodavateli
17. Systémové projektování a správa požadavků

### **3.3.1 Teamcenter - Správa kusovníků**

Řešení správy kusovníků v Teamcenter umožňuje spravovat kompletní kusovník v jediném prostředí – od jednoduchých struktur až po komplexní definice výrobků. Jediný zdroj informací o kusovníku a nástroje pro analýzu těchto informací zajistí přesná a úplná data pro všechny účastníky procesu. Nemusí se tak zachovávat, kombinovat a ověřovat všechny informace o kusovníku v minulosti uložené v jiných systémech, databázích a tabulkových procesorech. (15)

Teamcenter umožňuje spravovat komplexní definice produktů včetně voleb a variability produktů. Uživatelé mohou spravovat celé skupiny produktů namísto nesouvisejících variant produktů, a tím získají bez většího úsilí více možností. Řízení kontextu souvislostí zaručuje jednotlivcům a týmům práci v konzistentních kontextech se správnou nabídkou produktů, úrovní vyspělosti/verze, konfigurací a procesy v rámci organizace. Díky zobrazení srozumitelných, aktuálních a přesných informací o kusovníku pro konkrétní úkoly přidělené uživatelům se může zlepšit produktivita a vzájemná spolupráce. (15)

#### Funkce pro správu kusovníků:

- Podpora jedné kompletní definice kusovníku
- Funkce auditu a analýzy kusovníků
- Správa konfigurace výrobků
- Řízení kontextu
- Rozšířená podpora životního cyklu
- Možnosti integrace aplikací a systémů

### **3.3.2 Teamcenter - Spolupráce celé společnosti**

Funkce řešení Teamcenter pro spolupráci celé společnosti poskytují platformu pro sdílení informací a společnou práci v průběhu celého životního cyklu výrobku. Spolupráce v reálném čase a sdílení aplikací vytvářejí prostředí, ve kterém si klíčoví účastníci životního cyklu výrobku mohou rychle sdělovat informace o výrobcích a procesech. Spolupráce v reálném čase a sdílení aplikací odstraňuje časové, vzdálenostní a kulturní překážky. (15)

#### 🚧 Možnosti řešení pro spolupráci celé společnosti:

- Sdílení informací v průběhu životního cyklu výrobku
- Ad-hoc spolupráce v reálném čase
- Sdílení aplikací
- Zabezpečené a škálovatelné distribuované týmové prostředí
- Komplexní řízení vizuálních záležitostí
- Integrace obchodních aplikací

### 3.3.3 Teamcenter - Řízení shody

Teamcenter poskytuje kompletní platformu pro dokumentaci, prosazování a sledování shody výrobků s předpisy během celého životního cyklu výrobku. Díky robustnímu rámci řízení znalostí pro správu konfigurace, uchovávání záznamů a audit podporuje řešení Teamcenter pověření pro zajišťování shody s předpisy v mnoha odvětvích, od správy záznamů o produktech a archivace po řízení uchovávání dokumentů a záznamů (15):

- Shoda s ekologickými předpisy (REACH, WEEE, ELV a RoHS)
- Shoda s předpisy pro zdravotnická zařízení (US FDA - 21 CFR část 11, 21 CFR část 820)
- Správa záznamů (RMA – DoD 5015.2)
- Správa konfigurace (CMII)
- Kontrola vývozu (ITAR)

#### 🚧 Možnosti řešení řízení shody s předpisy:

- Pevný základ pro řízení, zpřístupňování a získávání informací
- Viditelnost obchodního procesu a možnost sledování shody
- Informovanost výkonného vedení a možnost prosazování předpisů
- Řešení pro zajišťování shody s předpisy přizpůsobená konkrétním směrnícím
- Řešení pro zajišťování shody přizpůsobená konkrétním směrnícím
- Dodavatelský portál pro usnadnění shromažďování informací, zajištění důvěry partnerů a ochranu duševního vlastnictví (IP)

### 3.3.4 Teamcenter - Správa obsahu a dokumentů

Funkce aplikace Teamcenter pro řízení obsahu a dokumentů přináší proces tvorby dokumentace do stejného prostředí PLM, které řídí celkový proces vývoje produktu. Autoři zůstanou v kontaktu s obsahem a změnami produktu. S touto aplikací lze například přispívat k produktovým znalostem společnosti a tyto znalosti využívat. Díky rozšířenému rozhraní MS

Office lze pracovat se systémem Teamcenter např. přímo v MS Office. Rovněž lze používat strukturované jazyky jako SGML a XML a generovat obsah v podobě říditelných komponent, které jsou propojeny s produktovým obsahem a mohou být opakovaně použity k různým účelům v mnoha verzích publikací. Podpora Darwin Information Typing Architecture (DITA) a S1000D dává prostor pro tvorbu v souladu s předpisy a dle standardů pro výměnu dat. (15)

#### Možnosti řešení řízení obsahu a dokumentů:

- Začleňuje funkce PLM do aplikací sady Microsoft Office
- Spravuje strukturovaný obsah SGML/XML
- Spravuje a prohlíží grafický obsah
- Spravuje objednávky překladu obsahu
- Propojuje části dokumentace s obsahem výrobku, grafikou, překlady
- Publikuje více verzí dokumentace
- Používá nástroj pro tvorbu rozšířeného obsahu
- Využívá Darwin Information Typing Architecture (DITA)
- Dodržuje normu S1000D

### **3.3.5 Teamcenter - Řízení konstrukčního procesu**

Řešení pro řízení konstrukčního procesu Teamcenter umožňuje shromáždit návrhy produktů ze všech lokalit do jednoho systému pro správu produktových dat (PDM), a integrovat tak konstrukční týmy z celého světa. Data návrhů produktů lze shromažďovat, spravovat a synchronizovat a následně pak automatizovat procesy konstrukčních změn, ověřování a schvalování. (15)

Teamcenter dokáže spravovat data ze všech hlavních systémů CAD bez nutnosti je jakkoli převádět. Teamcenter automaticky konvertuje data z různých systémů CAD do formátu JT, který je na CAD nezávislý, takže celý proces je pro uživatele transparentní. Součásti z různých systémů CAD můžete sdružit do virtuálního modelu, kde je lze vizualizovat, testovat, řezat, analyzovat a označovat. Funkce digitálního ověřování aplikace Teamcenter umožní na změny návrhů průběžně agregovat. (15)

#### Možnosti řešení řízení konstrukčního procesu:

- Správa produktových dat (PDM), včetně MCAD, CAE, CAM, ECAD, dokumentů, výkresů a tabulek
- Všudypřítomná 3D vizualizace dat z různých systémů CAD pro kontrolu, analýzu a spolupráci na celých sestavách produktů
- Digitální ověřování integruje digitální model, konfiguraci produktu a agregaci návrhu. Neustále agreguje změny návrhu do „vždy zapnutého“ digitálního modelu

- Řízení změn nabízí sladění pracovního toku pro pokročilé konstrukční procesy, aby bylo možno sledovat dopady, iniciovat, spravovat, kontrolovat/schvalovat a provádět změny výrobku
- Možnost propojení s plánováním podnikových zdrojů (ERP)
- Úzká integrace mnoha návrhářských týmů, které jsou rozesety po celém světě, umožňuje častou synchronizaci dat návrhu
- Odstranění časově náročné vyhledávání informací a zlepšete tak produktivitu konstruktérů
- Klasifikace a rychlé vyhledávání stávajících dílů pro opětovné použití
- Možnost vyhodnocovat více myšlenek v návrhu podporuje inovace
- Využijte možnosti pracovat ve více prostředích CAD a eliminovat náklady na převod dat CAD, čímž zkrátíte délku cyklu a snížíte náklady
- Průběžné zobrazování změn návrhu umožňuje rychlejší kontrolu
- Zkracuje dobu vývoje o 30 až 70 procent
- Sníží konstrukční náklady o 65 až 90 procent
- Zrychluje čas potřebný k uvedení na trh o 20 až 90 procent
- Zvyšuje kvalitu o 200 až 600 procent
- Zvyšuje produktivitu konstruktérů o 20 až 110 procent

### 3.3.6 Teamcenter - Základna podnikových znalostí

Odpovědí je překročit tradiční zeměpisné, technologické a organizační hranice pomocí systému pro komplexní řízení životního cyklu produktu (PLM). Díky možnostem základny podnikových znalostí v aplikaci Teamcenter se mohou zaměstnanci, kteří pracují v oblasti plánování, konstrukce, výroby a služeb, sejit v jednom prostředí pro řízení znalostí, které umožňuje spolupráci. Řešení Teamcenter je škálovatelné, otevřené a zabezpečené, takže lze bezpečně shromažďovat a spravovat produktové informace ze všech zdrojů po celém světě, v různých geografických lokalitách, aplikacích, organizacích a dodavatelských řetězcích. (15)

#### Možnosti řešení řízení konstrukčního procesu:

- Správa konstrukčních dat (MCAD, CAM, CAE, ECAD a software)
- Správa produktových dat (PDM)
- Řízení klasifikace
- Řízení inženýrské struktury a konfigurace
- Znázornění životního cyklu s více pohledy na kusovníky (BOM)
- Řízení možností a variant
- Řízení konstrukčních změn a procesů

- Správa dokumentů a vydávání technických materiálů
- Business intelligence
- Řízení složení, balení a značky
- Integrovaná vizualizace a digitální modely
- Možnost propojení s plánováním podnikových zdrojů (ERP)
- Spolupráce s dodavateli
- Přizpůsobená průmyslová řešení

 **Přínosy řešení základny podnikových znalostí:**

- O 30 až 70 procent kratší doba vývoje
- O 65 až 90 procent nižší konstrukční náklady
- O 20 až 90 procent rychlejší uvádění výrobků na trh
- O 200 až 600 procent vyšší kvalita
- O 20 až 110 procent vyšší produktivita konstruktérů

### **3.3.7 Teamcenter - Řízení složení, balení a značky**

Teamcenter přináší řízení receptur, balení a znalostí o značce do celého procesu řízení životního cyklu výrobku (PLM) (15):

- Řízení výtvarných motivů
- Řízení značky
- Řízení složení
- Řízení obalů
- Řízení receptur
- Řízení specifikací

Teamcenter poskytuje kompletní řešení pro spojení vývoje samostatných výrobků s obaly, výtvarnými motivy, informacemi o značce a aktivy. (15)

 **Možnosti řešení řízení složení, balení a značky:**

- Řízení informací o značce, charakteristik, komunikace, analýz a aktiv
- Flexibilní definice hierarchie značky
- Kompletní řízení receptur
- Řízení složení včetně integrace s oblíbenými nástroji pro tvorbu složení
- Řízení všech informací a procesů týkajících se obalů a výtvarných motivů
- Vnořené požadavky, přehledy obalů a informace o předpisech

- Integrace s nástroji pro tvorbu obalů a výtvarných motivů
- Vizualizace na požádání v jakékoli fázi životního cyklu
- Podpora globálních a regionálních odchylek a odchylek specifických pro jednotlivé závody
- Řízení globálních specifikací s konfigurovatelnými formáty

### 3.3.8 Teamcenter - Vizualizace životního cyklu výrobku

Funkce aplikace Teamcenter pro vizualizaci životního cyklu jsou nejpoužívanějšími řešeními pro následující činnosti (15):

- zefektivnění procesů řízení změn potlačením ručních, papírových kroků a nejasností spojených s 2D výkresy,
- umožnění spolupráce při kontrole návrhů, což eliminuje ztrátu času a náklady na cestování a zároveň zlepšuje produktivitu a řešení problémů,
- digitální modelování (DMU) pro přesnou prostorovou analýzu – na modelech jakékoli velikosti z různých systémů CAD – umožňující dřívější odhalení chyb, eliminaci fyzických prototypů, a v konečném důsledku pak omezení rizika překročení rozpočtů a harmonogramů,
- funkce vizualizace životního cyklu v aplikaci Teamcenter využívají sílu JT, což je 3D jazyk PLM společný pro všechna významná odvětví.

Teamcenter nabízí pohled na výrobky v průběhu celého jejich životního cyklu prostřednictvím kompletní, škálovatelné rodiny řešení, která účastníkům životního cyklu umožňují vizualizovat data výrobku ve formátech 2D a 3D, a to i když jsou vytvořena pomocí různého softwaru. Teamcenter umožňuje celému rozšířenému podniku zúčastnit se procesu návrhu od raných fází a často bez vynaložení nákladů nebo potýkání se s obtížnostmi, které jsou spojeny se systémy CAD. (15)

#### Možnosti řešení vizualizace životního cyklu:

- Škálovatelné pro desítky, stovky nebo tisíce uživatelů
- Vysoce výkonné a rychlé zobrazení i extrémně velkých dílů
- Servisní úroveň v rozsahu od bezplatného prohlížeče JT2Go po sofistikované digitální modelování uspokojí potřeby všech různých typů zákazníků
- Volitelné doplňky pro konkrétní procesy (imersivní virtuální realita, automatická analýza světlych vzdáleností, technické publikace, virtuální člověk, simulace tolerancí, ověřování kvality, tvorba animací, simulace a plánování trasy montáže)
- Vizualizace výrobních informací (PMI) ze součástí a sestav CAD nebo přidávání geometrického značení rozměrů a tolerancí (GD&T) pro komunikaci s výrobou

- Kontrola a spolupráce na 2D a 3D mechanických, elektrických, pohybových a simulačních výsledcích
- Zjišťujte a směrujte vizuální záležitosti značením přímo v kontextu modelu 3D
- Jedinečné digitální modelování i pro ty největší sestavy
- Pokročilé nástroje pro prostorovou analýzu a světlé vzdálenosti/přesahy, které jsou stejně přesné jako původní data CAD
- Podporujte řízené konfigurace pro „návrh v kontextu“
- Založeno na formátu JT, který je otevřeným standardem a společným 3D jazykem pro vizualizaci PLM, spolupráci a vzájemnou komunikaci
- Nezávislé na systému CAD, podporuje sestavy z více systémů CAD v neutrálním prostředí

### 3.3.9 Teamcenter - Údržba, oprava a kontrola (MRO)

„Konfigurací řízené MRO“ v řešení Teamcenter překlenuje propast mezi týmy konstruktérů, výroby, logistiky a údržby a pomáhá vytvářet efektivnější služby. Teamcenter vytváří prostřednictvím správy servisních dat (SDM) jednotný a zabezpečený zdroj znalostí o službách, aktivech a procesech, který podporuje celý životní cyklus výrobku pro organizace, jež musí pokrýt celý životní cyklus nebo pouze jeho část týkající se služeb. SDM poskytuje společný základ pro řešení řízení procesu MRO, který zlepšuje servisní činnosti prostřednictvím jednotné definice konfigurace a statutu aktiv. Teamcenter zefektivňuje MRO v rámci prostředí řízení životního cyklu výrobku (PLM) a přináší štihlejší provozní činnosti a lepší výkonnost aktiv. Zároveň uzavírá smyčku mezi konstrukcí výrobku, výrobou a službami ke zlepšení výrobků. (15)

#### Možnosti řešení údržby, oprav a kontroly:

- Řízení aktiv
- Správa znalostí o službách
- Správa konfigurace
- Řízení změn
- Plánování údržby
- Realizace údržby
- Správa materiálu
- Zprávy a analytika
- Řízení záznamů o analýze podpory logistiky (LSAR)
- Integrace řízení shody
- Integrace řízení obsahu



- Podpora oborových standardů, jako jsou PLCS ISO 10303-239, Mil-Std 1388 a GEIA-STD-0007

### 3.3.10 Tecnomatix: Řízení procesu výroby

Řešení Tecnomatix pro řízení výrobních procesů poskytuje možnost spravovat široké spektrum obchodních procesů od raných fází navrhování až po skutečné zahájení výroby. Toto řešení využívá PLM základ řešení Teamcenter a poskytuje skutečně paralelní konstrukční prostředí pro vaše konstrukční a výrobní týmy. Jeho architektura je založena na otevřených technologiích, aby bylo možné využít stávající investice do IT. (15)

#### Klíčové funkce:

- Správa údajů o produktech, procesech, zdrojích a závodech
- Intuitivní uživatelské rozhraní pro zvýšení produktivity
- Silné prostředí pro spolupráci mezi konstrukcí, výrobou a dílnou
- Pokročilá správa kusovníků (BOM) a modelů výrobního procesu (BOP)
- Řízení změn výroby, konfigurace a pracovního toku
- Řízení, klasifikace a optimalizace zdrojů
- Otevřená aplikace a integrace systémů

### 3.3.11 Teamcenter - Řízení mechatronických procesů

Dnešní výrobky jsou stále častěji navrhovány se zabudovanou inteligencí, což znamená, že softwarem řízená elektronika se stává důležitou součástí prostředí pro vývoj produktů v mnoha doménách. Přidání elektroniky a vestavěného softwaru do již tak složitého procesu vývoje produktu vytváří nové výzvy pro harmonogramy, náklady a kvalitativní cíle vaší společnosti. Výzkumy ukazují, že 55 procent nákladů na opravy vychází z problémů s elektronikou řízenou softwarem. (15)

Životní cykly a vývojové procesy v každé oblasti návrhu jsou odlišné, ale vzájemně spolu souvisí (15):

- Mechanické součásti představují mnohá omezení pro návrh elektroniky a elektrických propojení
- Elektronické podsystémy vyžadují spolupráci a optimalizaci v mnoha disciplínách, od návrhu a zajišťování zdrojů po výrobu, při které musí být od samého počátku brány v úvahu otázky shody s ekologickými předpisy, jež ovlivňují konec životnosti výrobku
- Softwarové moduly mají poměrně krátký životní cyklus, ve kterém jsou rychle zapracovávány konstrukční změny, což umožňuje pravidelné aktualizace produktu, jež vyžadují sledování a řízení vestavěného softwaru jako „dílu“.

- Komunikace mezi několika softwarovými moduly a elektronickými podsystémy vyžaduje flexibilní návrhy elektrických propojení, které lze použít v mnoha konfiguracích produktů a na mnoha platformách.

Všechny tyto různé typy dat a jejich změnové procesy je nutno řídit a sdílet – a to nejen v rámci vlastní společnosti, ale i s dodavateli z celého světa. Tím se poptávka po řízení životního cyklu produktu (PLM) posouvá na zcela novou úroveň. (15)

#### ✚ Možnosti řešení řízení mechatronického procesu:

- Integrace s nástroji pro vývoj softwaru
- Řízení signálu a závislosti na softwaru/hardware
- Kalibrace a konfigurace parametrů data managementu
- Integrace s nástroji pro automatizaci elektronického návrhu (EDA)
- Integrace s různými nástroji MCAD a ECAD
- Elektronika, desing a testovací analýzy
- Elektronická, vizuální spolupráce na návrhu a analýza sestav
- Správa knihovny elektronických součástí
- Vazby na řízení shody a dodavatelů
- Vazby na zajišťování shody s ekologickými předpisy
- Správa dat kabelových svazků
- Správa konfigurace výrobku

### 3.3.12 Teamcenter - Služby rozšiřitelnosti platformy

Teamcenter nabízí obsáhlou sadu služeb rozšiřitelnosti platformy, které pomohou získat hodnotu z investice do řešení Teamcenter rychle a s přijatelnými náklady. Čtyřvrstvá architektura Teamcentru orientovaná na služby (SOA) je pružná a rozšiřitelná od nejmenší implementace až po největší implementaci řešení PLM na světě. (15)

Pokud majitelům procesů PLM a týmům informačních technologií (IT) umožníte vytvářet, zavádět a udržovat konfigurace řešení Teamcenter, můžete toto řešení rychle přizpůsobit potřebám podniku a zároveň omezit a eliminovat potřebu nákladných a časově náročných přizpůsobení. Zajištěním obsáhlého řešení pro propojení systému Teamcenter s jinými podnikovými aplikacemi můžete využít stávajících a budoucích investic k realizaci celopodnikových obchodních procesů. (15)

#### ✚ Možnosti řešení služeb rozšiřitelnosti platformy:

- Snadno použitelný podnikový modelovací nástroj pro vytváření, zavádění a údržbu konfigurací systému Teamcenter

- Konektory SOA na klíč pro připojení řešení Teamcenter k systémům SAP a Oracle Manufacturing
- Konektor SOA k propojení více různých instalací aplikace Teamcenter
- Stavební bloky konektoru, které umožňují tvorbu vlastních konektorů
- Optimalizovaný obsáhlý přístup k datům a funkcím systému Teamcenter
- Snadno použitelné integrované vývojové prostředí (Integrated Development Environment – IDE) k vytváření rozšíření, která lze upgradovat a udržovat
- Otevřená platforma webových služeb založená na oborových standardech, určená k vytváření rozšiřitelných bohatých aplikací

### 3.3.13 Teamcenter - Řízení portfolia, programu a projektu

Výzkumy ukazují, že přibližně 69 procent společností připouští, že jejich procesy uvádění nových výrobků na trh nepodléhají finanční ani strategické kontrole. Provozní činnosti mohou jít špatným směrem z řady důvodů: nedostatek dohledu, omezený přehled o zákaznících, protikladné priority, komunikační problémy a nedostatek soustředění. (15)

Teamcenter společnosti umožní propojit plány portfolia strategických produktů se řízením projektů a programů pro vykonávání podrobných provozních činností. Řešení pro řízení portfolia Teamcenter maximalizuje návratnost investic do výzkumu a vývoje, protože neustále řídí výběr správné kombinace investic. Teamcenter se dívá na výzkum a vývoj jako celek a definuje strategii řízení portfolia výrobků, která určuje celkové priority a plánování. (15)

Po definování strategie řízení portfolia funkce pro řízení programů a projektů v aplikaci Teamcenter pomohou zorganizovat zdroje a podpořit aktivity, které výrazně zlepší výkonnost. (15)

#### Možnosti řešení řízení portfolia, programu a projektu:

- Řízení portfolia výrobků pro vytvoření rovnováhy mezi značkami, výrobovými řadami, nabídkami výrobků, možnostmi výrobků, technologiemi, investičními příležitostmi a nápady
- Vytváření a řízení nápadů pro hodnocení, filtrování, určování priorit a kontrolu
- Řízení programů a projektů včetně harmonogramů, pracovních úkolů, závislostí, milníků, východisek a omezení
- Řízení programů integrované s procesy životního cyklu výrobků pro automatizaci schvalování a pracovních toků
- Řízení zdrojů, tvorby rozpočtů a výkonnosti podniku pro kontrolu nákladů a investic

- Strategické plánování propojené s provozní realizací (řízení potřeb zákazníků, řízení požadavků, řízení pracovních toků a změn, spolupráce, správa dokumentů, správa záznamů, struktury rozdělení práce atd.)

### 3.3.14 Teamcenter - Zprávy a analytika

Pokud nemáte přehled o všech znalostech z těchto systémů, přijímáte obchodní rozhodnutí z omezené perspektivy. Pokud se podnikových procesů účastní různorodá data a IT systémy, je obtížné měřit výkonnost celého podniku. Chcete-li získat přehled, musíte mít jediný zdroj zpráv a analytických informací. (15)

Funkce pro tvorbu zpráv a analytiku v řešení Teamcenter poskytuje základ pro vytváření, měření a analýzu klíčových metrik výkonnosti, které podpoří procesy během celého životního cyklu výrobku. Díky rychlé a přesné extrakci, agregaci, analýze a rozšiřování informací z mnoha zdrojů můžete měřit a zlepšovat manažerská rozhodnutí s cílem vylepšit klíčové ukazatele výkonnosti v celém podniku. (15)

Teamcenter poskytuje nástroje pro shromažďování, analýzu a vytváření dat prostřednictvím ad-hoc zpráv, ovládacích panelů programů a e-mailu, což umožní sdílení obchodních informací v reálném čase. (15)

### 3.3.15 Teamcenter - Správa procesů simulací

Funkce Teamcenter pro správu procesů simulací nabízejí obsáhlý hotový datový model pro řízení specifických geometrických objektů, nasíťovaných modelů, hotových vrstev, výsledků a zpráv v rámci počítačem podporovaného projektování (CAE). Snadno tak vyhledáte a opakovaně využijete správná data pro své virtuální prototypy a také získáte možnost sledování celého procesu od požadavků až po výsledky simulace. V případě změny projektu můžete vizuálně porovnat a rychle aktualizovat modely a sestavy, opakovaně generovat výsledky a hodnotit provedené změny. (15)

Škálovatelné řešení Teamcenter umožňuje snadnou konfiguraci a spouštění aplikací CAE. Díky zabezpečenému a globálnímu přístupu k datům simulací v rámci systému řízení životního cyklu výrobku (PLM) budete moci efektivněji spolupracovat a sdílet informace. Vaše programy pak dále zefektivní standardní pracovní postupy pro spouštění, sledování, kontrolu a schvalování digitálních prototypů. Celý tým může interaktivně sledovat strukturální a kinematické analýzy výsledky v oblasti konstrukce, tekutin a pohybu a analýzy proudění, aniž by potřeboval nákladné specializované nástroje. (15)

#### Možnosti řešení řízení portfolia, programu a projektu:

- Správa dat simulací a životního cyklu výrobků
- Řízení simulačních změn a procesů
- Ověření výrobku v uzavřené smyčce
- Sledovatelnost od požadavků až po výsledky simulace

- Řízení struktury simulace
- Automatické vytváření struktur simulace
- Automatizace pracovních postupů a procesů simulace
- Flexibilní rámec pro integraci libovolného externího simulačního nástroje
- Podpora dávkového síťování
- Vzdálené odesílání úloh a vyrovnávání zátěže
- Vizualizace 3D modelů a výsledků

### 3.3.16 Teamcenter - Řízení vztahů s dodavateli

Řešení řízení vztahů s dodavateli (SRM) v aplikaci Teamcenter může společnosti pomoci optimalizovat řízení dodavatelského řetězce a řídit náklady na výrobky. Teamcenter poskytne trvalý, disciplinovaný a systematických proces řízení výdajů pro snížení celkových nákladů na externě nakupované materiály, zboží a služby při současném udržení nebo zlepšení úrovní kvality, služeb a technologie. (15)

Teamcenter integruje dodavatele a poskytuje prostředí pro spolupráci k dosažení lepšího řízení nákladů a efektivnějšího vývoje a výroby produktů. Můžete využít zkušeností, tržních znalostí a zdrojů zákazníků, dodavatelů a strategických partnerů k podpoře vývoje inovativnějších výrobků. (15)

Teamcenter synchronizuje procesy vývoje a strategického zajišťování zdrojů, takže můžete využít inovačního potenciálu dodavatelů jako strategické zbraně v boji za ziskový růst. (15)

#### Možnosti řešení řízení vztahů s dodavateli:

- Spolupráce při řízení vytváření žádostí o informace, nabídku nebo cenovou nabídku (RFx) s podrobným rozpisem nákladů
- Řízení vyjednávání po internetu (obrácená a holandská aukce)
- Řízení dodavatelského řetězce a hodnotící karty
- Analýza a řízení výdajů
- Výměna dat s dodavateli
- Integrace dodavatelů s konstruktéry za účelem spolupráce při vývoji výrobků
- Nástroje pro tvorbu zpráv a analytiku agregují data z více různých zdrojů
- Řízení úloh, problémů a kvality
- Nákladově efektivní a flexibilní zavádění a podpora

### 3.3.17 Teamcenter - Řízení vztahů s dodavateli

Teamcenter poskytuje všem jednotlivcům a funkčním týmům v celém dodavatelském řetězci vzhled do jednotlivých požadavků, definic systémů a rozhraní podsystémů a tím pádem i související znalosti napomáhající rozhodování. To vše v rámci celého životního cyklu. Díky sladění rozhodování se strategií a realizací může společnost dodávat produkty odpovídající požadavkům zákazníka, dosáhnout omezení rizik při realizaci, splnit plány dodávek a také dosáhnout požadovaných zisků, výkonnosti a kvality. (15)

#### ✚ Možnosti systémového inženýrství a správy požadavků:

- Integrovaná správa požadavků umožňující komunikaci o požadavcích během celého životního cyklu výrobku
- Sledovatelnost požadavků po celý životní cyklus výrobku pro účely monitorování a kontroly dodržování požadavků
- Definice systémů napříč doménami pro plánování interakcí mezi podsystémy v integračních bodech
- Dobře známé uživatelské rozhraní Microsoft Office pro vytváření, úpravu a údržbu požadavků
- Možnosti integrace aplikací a systémů pro modelování návrhů systémů vytvořených v populárních nástrojích (Microsoft Visio, IBM Rational Rhapsody, Sparx Systems Enterprise Architect, Matlab, Simulink, Stateflow a MapleSoft)

## 3.4 Autodesk PLM 360

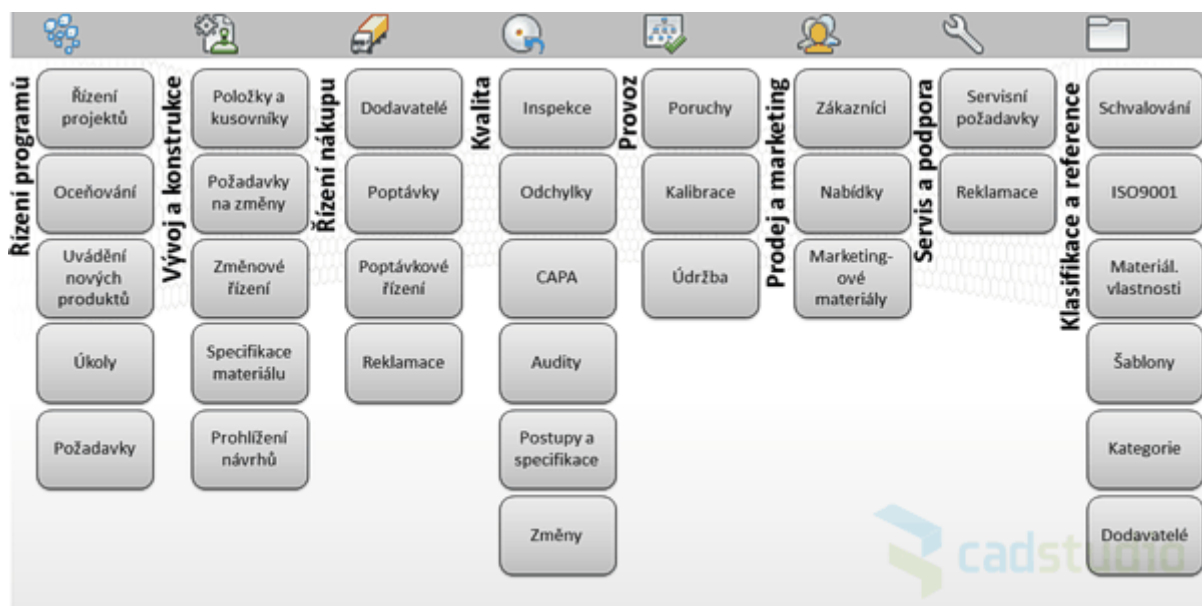
# Autodesk\*

Autodesk PLM 360 ("Nexus") mění způsob, jakým firmy řeší tyto výzvy - přináší výkonný, cenově dostupný a snadno implementovatelný systém PLM. PLM 360 je určený pro firmy všech velikostí. Je snadno nasaditelný a konfigurovatelný, cenově dostupný, flexibilní a jednoduše použitelný. To vše díky technologii web cloudu. (20)

Autodesk PLM 360 spravuje celý životní cyklus výrobku - od jeho koncepce, návrhu, přes výrobu až po správu dodavatelů a partnerů, nákup, kvalitu, normy a servis. Toto PLM řešení využívá cloud služeb Autodesku jako nového přístupu ke správě informací o výrobku, i ke správě s ním spojených procesů. Významně zprůhledňuje obchodní procesy spojené s výrobky a s projekty. (20)

Hlavní řešené oblasti: řízení projektů, vývoj a konstrukce, řízení nákupu, kvalita, provoz, prodej a marketing, servis a podpora, klasifikace a reference. Doplnit lze ale i procesy dalších oblastí firemních agend. (20)

Bezpečnost PLM 360 zajišťuje použití silných hesel a protokolu https, každý zákazník má samostatnou databázi a samostatný paměťový prostor (multi-tenant aplikace). Řešení bylo od počátku *navrhováno* pro cloud (ne jen *portováno* pro cloud). Bezpečnost je podobná jako u internet banking aplikací nebo u jiných ERP cloud aplikací. PLM 360 Nexus doplňuje stávající lokální PDM řešení (typicky Autodesk Vault) o cloudové PLM funkce. Ty jsou řešeny jako modulární cloud aplikace. (20)



Obr. 3-3 – Struktura systému Autodesk PLM 360(20)

### 3.4.1 Funkce Autodesk PLM 360

PLM řešení Autodesku je škálovatelné, lze je snadno konfigurovat, propojovat se stávajícími PDM a ERP systémy, a nabízí intuitivní ovládání pro uživatele. Autodesk 360 for PLM se skládá z těchto komponent (20):

- Autodesk PLM 360 - web-cloud řešení poskytující snadno implementovatelné služby. Umožní uživatelům čerpat výhody obchodních PLM aplikací - kdykoliv a kdekoliv, s minimem nákladů a rizik.
- Autodesk Vault - stávající prověřená PDM technologie pro správu produktových dat uvnitř firemní sítě. Řeší správu a sledování konstrukčních dat, kusovníků a změnových řízení. Autodesk Vault plně spolupracuje s Autodesk 360 Nexus, není však pro běh Nexusu nezbytně nutný.



- Autodesk Buzzsaw - stávající cloud řešení pro správu projektů a spolupráci mezi dodavateli. Umožňuje bezpečnou výměnu návrhů a dokumentů s externími partnery a distribuovanými projekčními týmy. Autodesk Buzzsaw Mobile zpřístupňuje tyto informace i na mobilních zařízeních.

Nasazení systému je rychlé, typicky v řádu hodin nebo jednotek dnů - Autodesk PLM 360 je dodáván s cca 140 přednastavenými, konfigurovatelnými aplikacemi z oblasti správy projektů (uvádění projektů, sledování nákladů...), inženýringu (kusovníky, materiály, změnová řízení, revize...), správy dodavatelského řetězce (vyhodnocení, záruky, RFQ, AVL...), řízení kvality (ISO9001, CAPA, správa odchylek, řízení dokumentů...), operací (kalibrace, údržba, nehody, zranění), servis (stížnosti, vratky, RFI), prodeje a marketingu (správa zákazníků, nabídky...). (20)

Kromě desktop stanic lze PLM 360 používat i na mobilních zařízeních typu iPhone, iPad, Android a pro jeho použití není potřeba technických dovedností. (20)

### 3.4.2 Cenová dostupnost

Cena systému činí 75\$ na osobu a měsíc. Software nevyžaduje žádné další náklady. Klientské licence s omezenými funkcemi lze získat již za 25\$/osobu a měsíc. První tři klientské licence jsou zdarma. (20)

## 3.5 Souhrn kapitoly

Při pročetí informačních materiálů jednotlivých nabízen platform PLM je možné vysledovat velmi podobnou rétoriku a v podstatě velmi podobné funkcionality. Za zajímavé lze považovat, že všechny představené platformy udávají možnost správy dat a podporu práce pro datové formáty téměř všech konkurentů a mnoha dalších. Dále je zřejmé, že tyto informace cílí na management firem, aby mohli učinit strategické rozhodnutí o zavedení příslušného PLM systému. Zvýšení efektivity a zkrácení potřebných časů některých procesů o mnoho desítek a v některých případech i stovek % bych považoval za značně nadnesené. Jak je možné, že firmy, které tyto systémy již zavedly, nezničily veškerou konkurenci v daných oborech? Ještě větší opatrnost bych doporučil v případech, kdy je proklamováno, že PLM systém stačí nainstalovat a začít efektivně používat. Bez hlubší analýzy společnosti a jejích procesů, PLM systém implementovat nelze. Pokud je tvrzeno, že PLM systém lze nainstalovat a používat, je zjevné, že společnost musí zcela převzít procesy nastavené a podporované daným PLM systémem, což může mít na společnost v konečném důsledku neblahý dopad.

### 3.5.1 Přehled společných termínů popisujících PLM systémy

**Škálovatelnost** (rozšiřitelnost) – vlastnost systému nebo procesu, která má schopnost pracovat s náhlými změnami potřeby obsluhy čili zvyšovat sledované parametry v případě, že nastane taková potřeba.



## **Konfigurovatelnost**

### **Správa procesů**

### **Správa dat**

**Dostupnost** – přístup do systému přes webové rozhraní.

### **Bezpečnost**

### **Změnové řízení**

### **Opětovná použitelnost dat**

### **Kvalita dat**

Již méně se pak hovoří o nárocích a požadavcích na potřebnou infrastrukturu a finanční nároky jsou téměř nestanovitelné, což je v současné době jedna z největších překážek pro větší nasazení ve firmách. Zásadní otázkou však není zda, ale kdy firma na PLM systém přejde. Lze očekávat, že k tomu bude přinucena tlakem konkurence, protože přínosy z úspěšné implementace a správného popsání a nastavení procesů vývoje výrobku jsou nezpochybnitelné.



## **Zajímavost k tématu**

Firmy v dodavatelském řetězci pro automobilový průmysl nejsou v tomto ohledu vystaveny problémům s výběrem, PLM systém jim bude nadiktován příslušnou automobilkou, obdobně jako v případě CAD systému. Automobilky, příp. jejich dílčí části již PLM systémy používají. V současné době je ve Škodě auto v některých provozech nasazen a používán Windchill pro CAD systém Pro/ENGINEER (CREO), jinde ENOVIA SmarTeam nebo V6 pro CATII. Dle zákulisních informací bude koncern VW a jeho dceřiné automobilky přecházet na PLM systém Teamcenter. Jedná se o politické rozhodnutí a masivní tlak koncernu SIEMENS. Teamcenter se v současné době testuje a nějakou dobu u toho ještě zůstane. Korejské automobilky Hyundai a Kia pak nasadily Windchill a ostatní produkty PTC (bez politického tlaku na nasazení domácího produktu, obdobně se PTC prosazuje i v Číně). Lze předpokládat, že automobilka PSA zůstane u francouzského dassaultu, tedy PLM systém ENOVIA a CAD systém CATIA.

I z příkladu vývoje v automobilovém průmyslu je možné vysledovat trend, že PLM systém nasazuje téměř výlučně od stejného dodavatele jako je hlavní CAD systém. Toto je i doporučovaný postup správců informačních systémů firem, které již PLM systémy využívají. I přes slibovanou kompatibilitu a použitelnost dat konkurenčních CAD systémů, je doporučeno použít PLM a CAD platformu od jednoho dodavatele, příp. nasadit PLM od dodavatele většinového CAD systému v dané firmě.

## 4 IMPLEMENTACE PLM NA FS VŠB – TU OSTRAVA



### Cíl:

- Identifikace možných přínosů pro FS VŠB – TUO při nasazení PLM systému
- Identifikace přínosů pro řešení komerčních zakázek a výzkumných projektů
- Identifikace přínosů při implementaci PLM do výuky
- Specifikace rizik pro nasazení a používání PLM na FS
- Navrhnutí možných opatření pro jednodušší implementaci systému



### Výklad a popis případové studie

Nutno předeslat, že implementace PLM systému na FS VŠB – TUO by byla v současné situaci značně komplikovaná a jeho efektivní využívání pro správu procesů a dat řešených projektů nejisté. V tomto ohledu je zapotřebí hned zpočátku rozlišit dva zásadně rozdílné přístupy pro využití PLM systému na univerzitě. Na jedné straně je to jeho využití pro podporu řešení komerčních zakázek pro průmyslovou praxi a výzkumné projekty a na druhé straně je pak jeho výuka pro studenty.

#### 4.1 PLM pro komerční zakázky a výzkumné projekty

Pozitivním dopadem implementace PLM systému by bylo detailní popsání standardních procesů pro řešení komerčních zakázek pro průmyslovou praxi a lepší nastavení standardních dokumentů. S největší pravděpodobností by rovněž došlo k zeštíhlení a zjednodušení některých procesů spojených s řešením komerčních zakázek. Nejvýznamnější dopad nasazení PLM systému by byl rychlý přístup k dokumentům a projektové dokumentaci a jejím aktuálním verzím pro všechny členy řešitelského týmu. Nicméně využití všech funkcionalit systému není reálné.

Využití PLM systému u výzkumných projektů je ještě o něco obtížnější. Definování procesů a metodik pro čistě výzkumné aktivity, jejich řízení a sledování je složité, nicméně základní obecné postupy popsat lze a klíčovou funkcí systému by byla komplexní správa projektových dat.

##### 4.1.1 Hlavní rizika pro využití PLM při komerčních projektech na FS

**Konkurenční prostředí mezi katedrami** v oblasti výuky se významně projevuje i v oblasti spolupráce na komerčních zakázkách. Neochota ke spolupráci mezi katedrami se tak

projevuje např. odmítáním komplexnějších zakázek, protože je není možné řešit v rámci jednoho pracoviště. V tomto ohledu se situace pozvolna zlepšuje a katedry pod ekonomickým tlakem začínají na zakázkách spolupracovat, protože již není možné zakázky odmítat. Při řešení komplexních zakázek vyvstávají jiné problémy, který nejsou na fakultě dobře ošetřeny. Jedná se zejména o nepříjemně dlouhou reakční dobu na požadavek firmy a případné sestavení řešitelského týmu. Řada zakázek fakultě „uteče“, protože se firma obrátí na fakultu, která zdánlivě dlouho nereaguje. Na fakultě se pak informace o možné zakázce šíří hromadnými maily vedoucím kateder, kteří jsou zahlceni jinými činnostmi a tak se informace může ztratit. Druhý přístup trpělivějších firem je vyhledání konkrétního pracoviště či přímo jednotlivce na základě osobních kontaktů. Může se tak stát, že se za účelem úspory finančních se řeší dílčí zakázky jednotlivci bez účasti fakulty, ale s využitím fakultního SW a HW.

**Věcné a časové požadavky firem**, jsou při závazcích řešitelů na výuce obtížně splnitelné. Častý požadavek firem je komplexní řešení zakázky včetně dodání technického systému, poskytnutí záruky a servisu, což je v dnešní situaci na FS velký problém a pro řešitele se jedná o velké riziko. Pro komplexní řešení chybí na FS infrastruktura a dostatek fundovaných projektových manažerů pro uřízení takových projektů. Je otázkou, zda by se měla FS touto cestou vydat a fungovat jako komerční firma. Pokud ano, byl by PLM systém efektivním nástrojem pro podporu těchto aktivit. Jen velmi obtížně si lze představit, že by se řešitelé těchto komplexních komerčních zakázek vzhledem k současným termínům v komerční sféře stihali ještě věnovat i výuce.

**Malé dílčí projekty**, které se v současnosti řeší, jsou specifikovány tak, aby je zvládli jednotlivci, případně pouze velmi malé řešitelské týmy lidí. Jedná se v podstatě o malé řešitelské týmy, jejichž členové se znají a mají nastavené vlastní osvědčené procesy pro řešení daného typu zakázek. I jim PLM systém umožní efektivnější práci, ale není pro jejich činnost nezbytný.

**Neochota ke změně.** Zavedení PLM systému je pro celou organizaci velmi významná změna a je potřeba se na ni dobře a systematicky připravit. Zejména pro starší pracovníky (na FS většina) by mohlo být nastavení nových procesů a způsobu práce velkým problémem. Je tedy zřejmé, že pro jeho nasazení je nezbytná **absolutní podpora ze strany managementu**.

Pro efektivní fungování PLM systému je rovněž **nutné dodržovat nastavené procesy** a ze strany managementu je nutné jejich dodržování důsledně vyžadovat, což může být v organizaci, kde není možné zavést v důsledku neplnění povinností akademiků bez indexové studium významný problém.

**Důsledné sledování historie dat** s informací, kdo, kdy a v jaké kvalitě by pro řadu lidí na fakultě mohl být rovněž významný argument proti zavedení PLM systému.

**Na FS není určen hlavní CAD/CAM systém** což významně zkomplikuje případné rozhodnutí o vhodné platformě PLM systému. V tomto ohledu chybí strategie dlouhodobého rozvoje a směřování fakulty, aby bylo možné zvolit vhodné nástroje pro podporu dosažení stanovených cílů.

## 4.2 Výuka využití PLM systému

Zcela nezávislá oblast na problematice využitelnosti PLM systému pro komerční a výzkumné projekty na FS. Nicméně lépe by se učily praktické poznatky získané v průběhu používání systému v „reálných“ podmínkách.

Komplexní pochopení všech dopadů použití PLM systému lze předpokládat odhadem u 20% všech studentů FS. Ostatní nepotřebují být zatěžováni vysvětlováním podrobných souvislostí mezi procesy vývoje nového technického systému, ale je potřeba je dobře naučit zvládat nástroje pro dílčí proces, kterého se budou účastnit a obecné souvislosti omezit na nejnutnější minimum (dnešní stav, ale bez toho nutného minima, které je však velmi důležité).

Zásadní problém bude stanovit metodiku pro rozpoznání nadaných studentů, kteří by měli předpoklady k obsáhnutí PLM systému v širších souvislostech a měli by plnit funkci projektových manažerů. Jednou z možností by bylo ponechat osvojení těchto dovedností až na doktorské studium.

## 4.3 Doporučení pro zlepšení současného stavu

Je zřejmé, že pokud bude chtít fakulta produkovat konkurenceschopné absolventy, bude potřeba PLM přístup pro vývoj nových produktů do výuky zahrnout a systematicky jej implementovat do studijních plánů.

V případě, že nedojde k využití PLM systému na FS pro komerční zakázky a výzkumné projekty, bylo by potřeba pro výuku souvisejících předmětů angažovat odborníky z praxe, kteří mají s daným systémem praktické zkušenosti.

Pokud by se v nejbližší době nepodařilo žádný PLM systém na FS nasadit, bylo by vhodné s podniky v okolí, které je používají vypracovat systém stáží pro nadané studenty



### Zajímavost k tématu

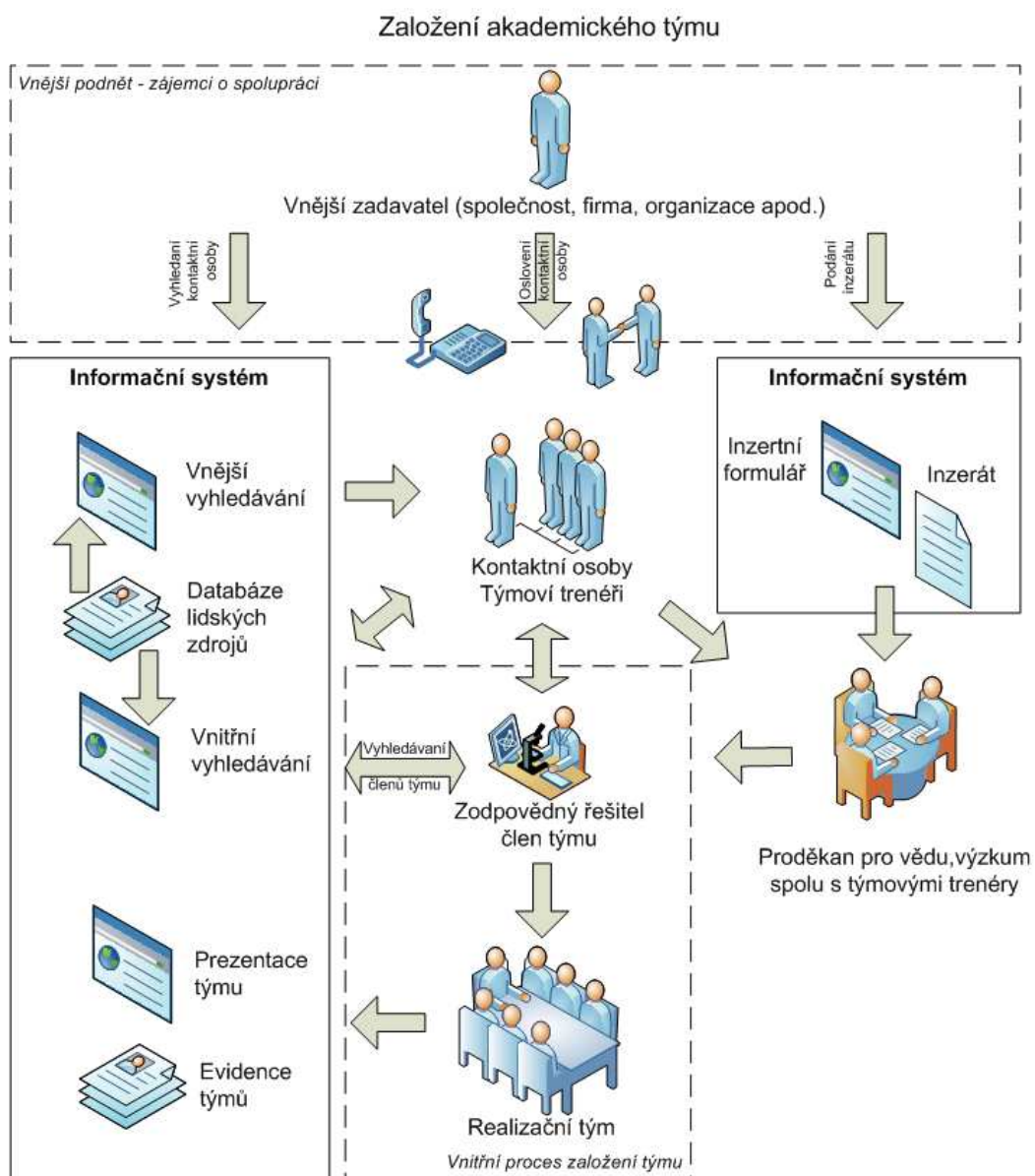
#### **Firmy v okolí s PLM systémem:**

ABB nasazen PLM systém Windchill od PTC – 75 konstrukčních poboček po celém světě, jedním z hlavních správců systému je čech. Mají velkou pobočku v průmyslové zóně Hrabová.

Hyundai v Nošovicích – používají Windchill od PTC

Huisman – pobočka ve Sviadnově – měli nasazenu platformu Teamcenter od SIEMENS, v současné době hledají jinou platformu.

Významnou pomocí pro efektivnější řešení komerčních zakázek by bylo zavedení centrálního informačního systému, který by byl schopen efektivněji vyhledávat a třídit informace v roztroušených školních databázích a poskytl by rychlou informaci o aktuálních požadavcích komerční sféry a zároveň by podpořil proces sestavení realizačního týmu pro daný projekt. Jedná se v podstatě o funkcionality PLM systému nad současnými školními informačními databázemi. Dále by bylo potřeba jednoznačně definovat procesy související s příchozími požadavky a jejich zpracováním.



Obr. 4-1 Možné schéma procesu založení řešitelského týmu a jeho interakce s podpurným informačním portálem

Pochopení všech dopadů použití PLM systému je možné až při řešení reálného komplexního projektu. Při současném nastavení studijních plánů se student nemá šanci dostat k práci na projektu s reálnými výstupy. Tento významný nedostatek by mohl být odstraněn při aktivní účasti univerzitních týmů v pořádaných soutěžích pro univerzitní týmy. V následujících podkapitolách je uveden přehled nejvýznamnějších celosvětových soutěží pro univerzitní týmy a nastíněn možný způsob podpory těchto týmů a zmíněny očekávané přínosy pro univerzitu

#### 4.3.1 Soutěže pro univerzitní projektové týmy

##### Formula Student

Největší evropská soutěž svého druhu, které se účastní týmy technických univerzit. Cílem soutěže je motivovat mladé lidi ke studiu a následně k budování kariéry v oblasti techniky a zejména strojínského inženýrství. Soutěž klade důraz na týmový přístup a zohledňuje rovněž aspekty jako řízení nákladů, prezentace výsledků, design atd.

Cílem týmu je sestavit malý sportovní monopost podle dané specifikace a soutěžit s ostatními týmy ve stanovených statických i provozních testech.

Soutěže se jako sponzoři zúčastňují přední evropské firmy nejen z oblasti automotive se snahou podchytit talentované studenty.

Finanční náklady na stavbu sportovního auta se v roce 2009 v kategorii CLASS1 pohybovaly v rozmezí od 9800\$ do 46560\$. Soutěže konané na okruhu Silverstone v Anglii se v tomto ročníku zúčastnilo 110 týmů z 94 univerzit 21 zemí. Soutěžilo se v 5 závodních kategoriích a celkově se akce zúčastnilo na 2000 studentů. Údaje o nákladech na výrobu soutěžního auta v dalších ročnících soutěže se nepodařilo zjistit.

Více informací na: <http://www.formulastudent.com/>



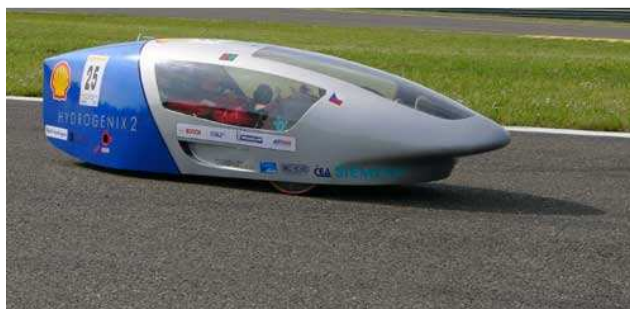
*Obr. 4-2 Soutěžní vůz na soutěži Formula Student*

## Shell Eco-marathon

Celosvětová soutěž pro středoškolské i vysokoškolské týmy. Úkolem týmu je sestrojít vozidlo, které ujede největší vzdálenost s nejmenší spotřebou energie.

Soutěže se v letech 2005 a 2006 účastnil i tým z VŠB s projektem Hydrogenix.

Více informací na: <http://www.shell.com/home/content/ecomarathon/>



*Obr. 4-3 Soutěžní vozidlo VŠB, které se soutěže zúčastnilo (2006)*

## RoboCup

Celosvětová akce s dlouholetou tradicí primárně zaměřená na servisní robotiku, umělou inteligenci a související oblasti. Za hlavní disciplínu byl zvolen robotický fotbal v několika specifikovaných kategoriích. Hlavním cílem projektu je do roku 2050 sestavit fotbalový tým z humanoidních robotů, který by byl schopen hrát a vyhrát s fotbalovým týmem světových šampionů. Dalšími kategoriemi je RESCUE – robot záchranář a HOME – robot pro domácí práce. Akce se vždy skládá z vlastní soutěže a konference řešitelských týmů.

Letošní ročník 2012 proběhnul 18. – 24. 6. v Mexico City, v příštím roce se bude konat 24. -30. 6. v Holandsku.

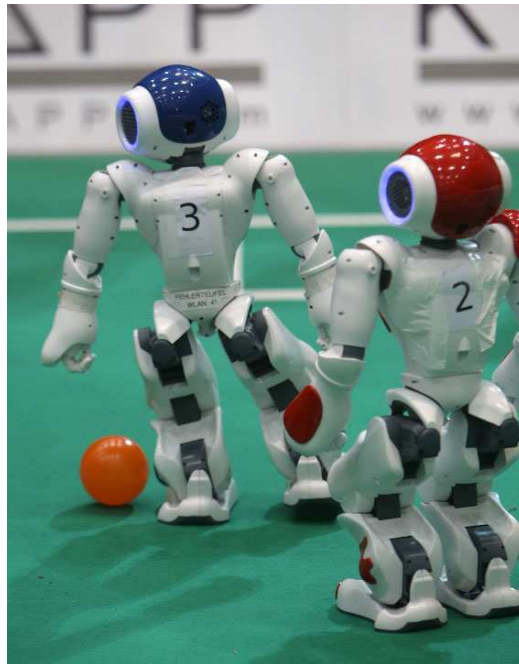
### **RoboCup Soccer – robotický fotbal**

Robotický fotbal je rozdělený do několika kategorií. Každá z kategorií (liga) má jasně stanovená pravidla. V některých kategoriích se pořádají i další soutěže např. otevřené mistrovství Německa atd.

Rozděleno do následujících kategorií:

- Humanoidní
- Střední velikost
- Malá velikost
- Simulace
- Standardizovaná platforma – Humanoidní robot NAO (ALDEBARAN Robotics)





*Obr. 4-4 Roboti NAO při fotbálku*



*Obr. 4-5 RoboCup Soccer aréna*

### **RoboCup Rescue – robot záchranář**

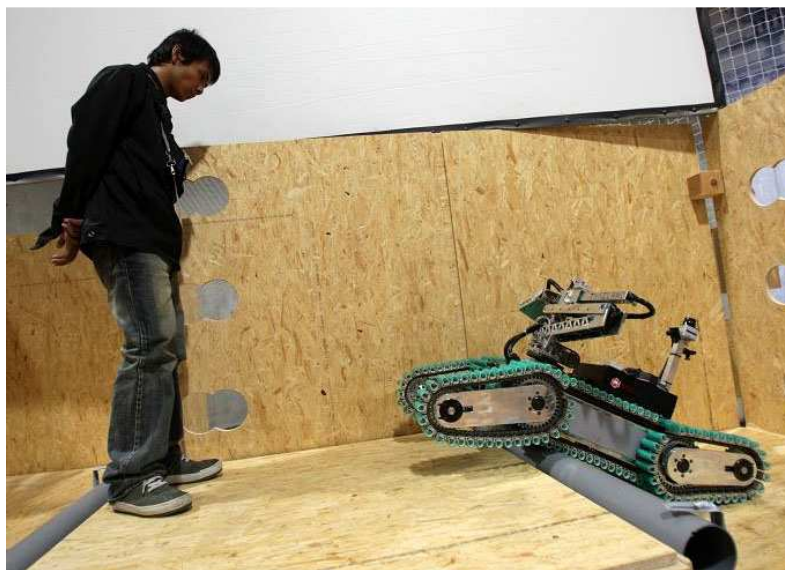
Hlavním cílem této kategorie soutěže je motivace k vytvoření mobilního robotického systému, který je schopen vykonávat průzkumnou činnost v místě mimořádné události (např. zhroutil budovy při zemětřesení atp.) a vyhledat zraněné. Jedná se tedy o výzkum a vývoj mobilního robotu se sofistikovaným mobilním a senzorickým subsystémem pro pohyb v náročném terénu. Dílčí cíle jsou vytvoření přesné 3D mapy neznámého prostředí a v poslední době součinnost a efektivní spolupráce několika robotických systémů. Robot je vypuštěn do arény a jeho úkolem je zmapovat daný terén a nalézt simulované oběti.

Disciplína je rozdělena do následujících kategorií podle barvy arény:

- Žlutá aréna – lehký terén pro plně autonomní roboty



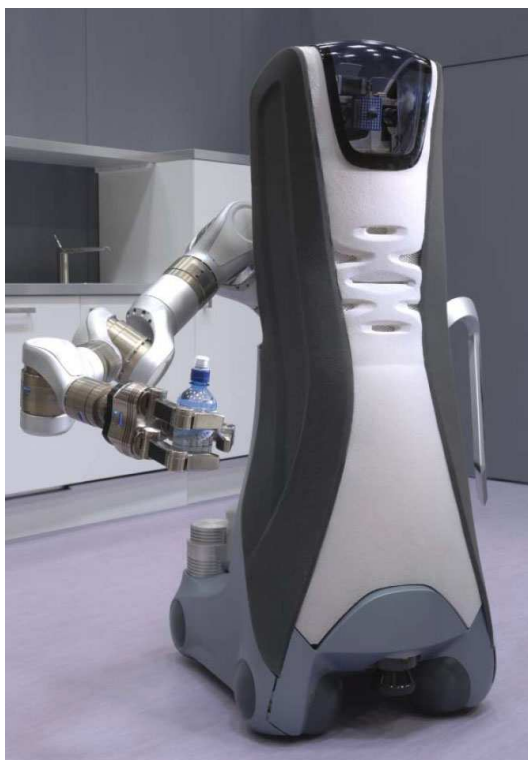
- Oranžová aréna – středně náročný terén, který vyžaduje podvozek s proměnnou konfigurací a dobré uživatelské rozhraní pro operátora.
- Červená aréna – velmi náročný terén pro speciální typy podvozků
- Modrá aréna – pro mobilní roboty se schopností přesné manipulace s předměty a pohybu v terénu s běžnými překážkami
- Žluto-černá aréna – obdoba oranžové arény s požadavkem na autonomní navigaci robotu
- Černá aréna – nasazení robotů v reálných podmínkách
- Aréna pro létající robotické systémy



*Obr. 4-6 Robot při průjezdu arénou*

### **RoboCup Home – robot asistent**

Srovnání schopností a dovedností robotických systémů určených pro asistenci lidem a vykonávání servisních činností souvisejících s domácími pracemi. Důležitým aspektem je tedy interakce mezi člověkem a robotem, navigace a tvorba map v dynamickém prostředí, rozpoznávání objektů, manipulace s obecným objektem manipulace aj.



*Obr. 4-7 Robot Care-O-bot*

Účastí v některé ze zmíněných soutěží by si mohla VŠB – TUO zvýšit svou prestiž a přispět tak, ke zvýšení projektového přístupu k výuce. Studenti by řešili reálná témata s okamžitou zpětnou vazbou a získáním praxe.

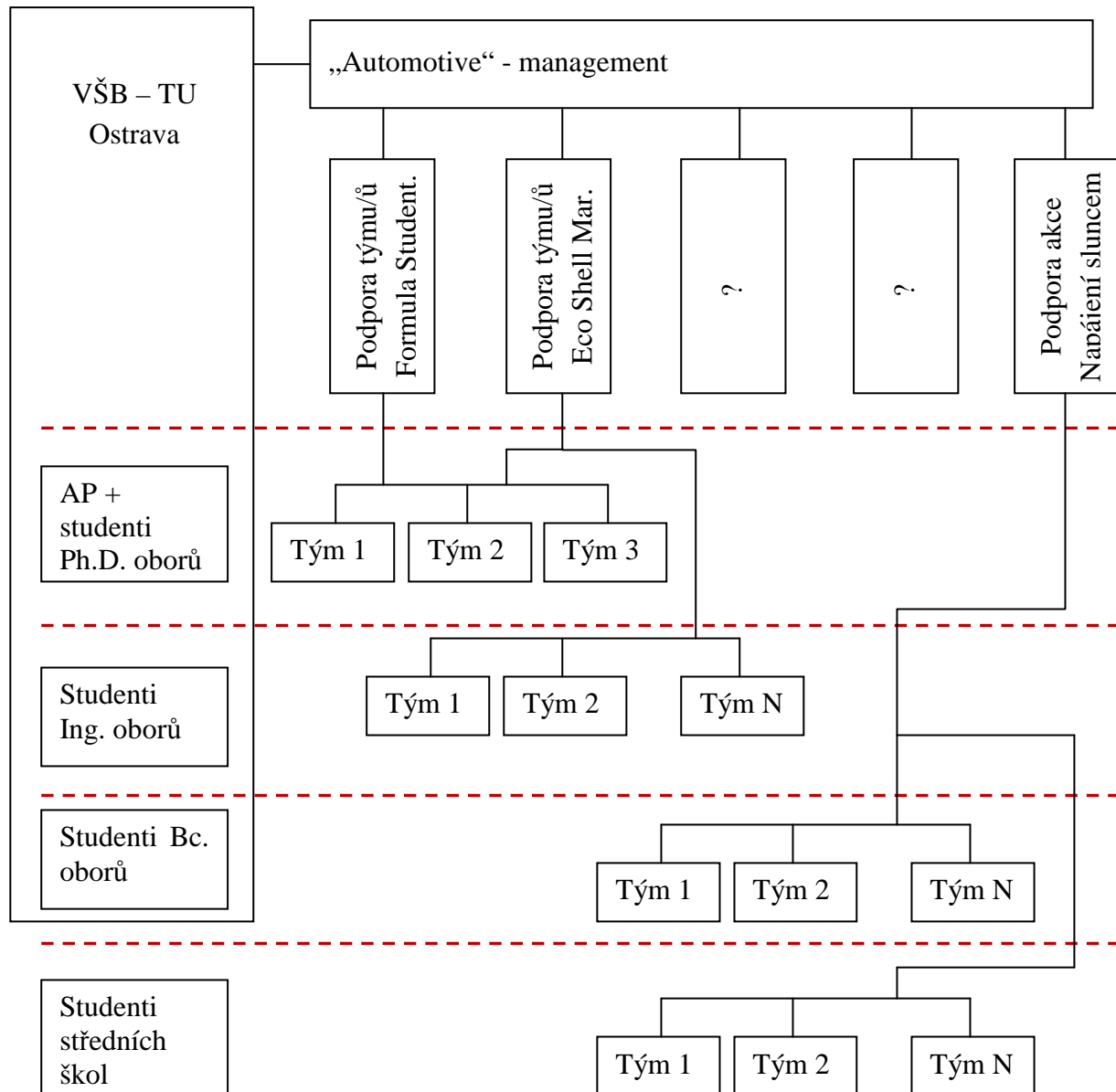
#### **4.3.2 Podpora dlouhodobých týmových projektů pro univerzitní soutěže**

Využití plného potenciálu PLM systémů je možné při řešení komplexních technických projektů, které v univerzitním prostředí mohou představovat technické prostředky pro účast v univerzitních soutěžích. To by vyžadovalo systematickou podporu dlouhodobých mezioborových týmů ze strany univerzity a definování jasných a jednotných pravidel pro zapojování studentů všech fakult do řešitelských týmů.

Aktivity dlouhodobých univerzitních týmů by pak bylo možné prezentovat na všech významných akcích s účastí univerzity a zejména na dnech otevřených dveří jednotlivých fakult.

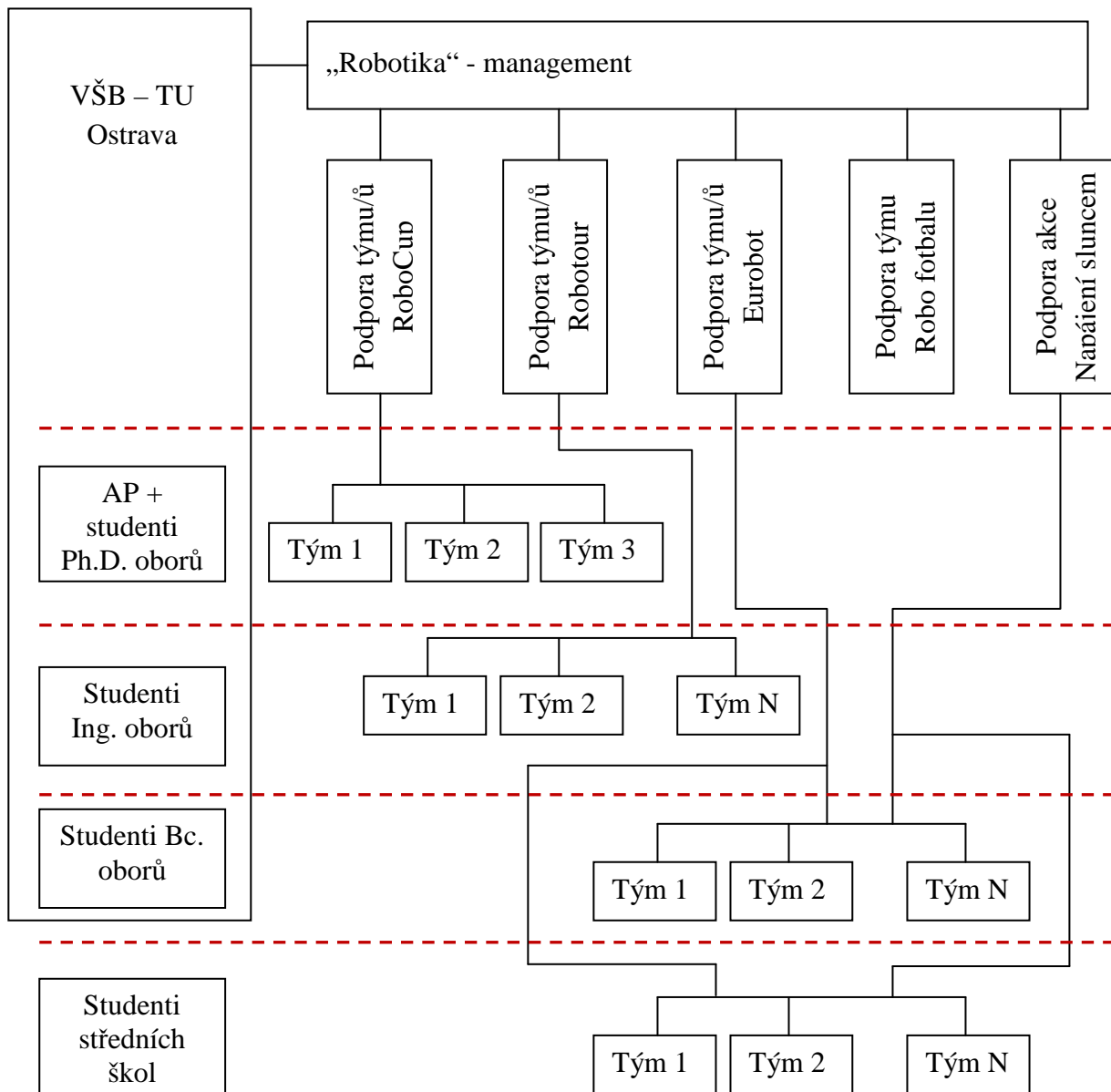
Na základě provedené analýzy probíhajících studentských soutěží pro technické obory byly vybrány soutěžní schémata, do kterých by se VŠB mohla zapojit. Jedná se o soutěže Formula Student, Shell Eco-marathon a RoboCup. Jsou to prestižní soutěže s dlouhou tradicí a zúčastňují se jich všechny významné světové univerzity a výzkumné instituce. Soutěžní stroje jsou komplexní technické systémy, jejichž vývoj, výrobu a provoz zastřešuje téměř všechny obory napříč univerzitou.

Nejkomplexnější soutěží s ohledem na využití PLM systému je Formula Student, kde jsou krom technických parametrů soutěžního vozu hodnoceny i manažerské disciplíny, jako řízení financí projektového týmu a prezentace výsledků.



Řada soutěžních schémat se věnuje robotice, kdy u některých by byly počáteční vstupní náklady na účast týmu VŠB výrazně nižší než u soutěže Formula Student. Pro vytvoření soutěžního robotického systému by bylo rovněž zapotřebí intenzivní mezioborové spolupráce a využití PLM systému pro řízení projektových dat.

Na níže uvedeném schématu je uvedena možná struktura oddělení pro podporu aktivit projektových týmů VŠB pro účast na pořádaných robotických soutěžích a je velmi podobná té předchozí.



Podporou aktivit dlouhodobých týmových projektů za účelem reprezentování univerzity na soutěžích by se vyřešilo hned několik aktuálních nedostatků studijních programů:

- Absence projektového přístupu při řešení technického zadání
- Neznalost týmové práce a týmového přístupu při řešení zadání
- Nedostatečné tzv. měkké dovednosti (soft skills) absolventů
- Pouze teoretické zadání a řešení technických zadání studenty – žádná praxe
- Nízká motivace studentů pro studium a jejich pasivita
- Nezájem o technické obory

## 5 ÚPRAVA STUDIJNÍCH PLÁNŮ PRO NAsAZENÍ PLM



### Cíl:

- Identifikace překážek stávajících studijních plánů pro výuku PLM systému.
- Návrhy opatření pro zlepšení situace



### Výklad a popis případové studie

#### 5.1 Analýza současného stavu na FS VŠB - TUO

Zásadním problémem aktuálních studijních plánů na FS je jejich nekonceptnost. Nekorespondují s požadavky a očekáváním aplikační sféry na výsledný produkt (absolventa), ale sledují finanční zájmy jednotlivých kateder, které si vzájemně konkurují a soupeří mezi sebou o studenty a podíl na výuce. Jednotlivé předměty na sebe nenavazují a v některých případech se jejich náplň překrývá (předměty na specializačních katedrách).

Značně nekonceptní je v současné době i výuka CAD systémů, kde fakulta nemá jasně stanovenou koncepci jejich výuky a v podstatě je možné říci, že co katedra to jiný CAD systém. A to je CAD systém a správa jím produkovaných dat pouze jednou z dílčích oblastí PLM systému.

Náplní výuky CAD systémů na univerzitách by nemělo být primárně zaměřeno na výuku modelování a tvorbu výkresové dokumentace, ale spíše na oblast CAE, tedy kinematické a dynamické analýzy mechanismů, dimenzování pohonů, pevnostní analýzy částí mechanismů, komplexní simulace virtuálních prototypů atd.

Fakulta by měla na základě důkladné analýzy a s přihlédnutím na potřeby firem, kam míří její absolventi a se kterými spolupracuje stanovit hlavní CAD systém, který by se vyučoval komplexně se všemi jeho moduly. Toto neznamená zbavit se ostatních platforem CAD systémů. Univerzita by měla umožnit studentům vyzkoušet si a osvojit si techniky práce ve všech současných hlavních CAD systémech. Nicméně základní dovednosti a myšlenkové postupy potřebné pro 3D modelování by měly být vyučovány pouze v jednom a se všemi souvislostmi.

Doporučuji provést analýzu finančních nákladů na současné CAD systémy používané na fakultě s ohledem na poskytované funkcionality a stanovení jasné strategie v této oblasti. Největším problémem je, že pro koncepční řešení této problematiky bude zapotřebí zásahu vedení, protože se nikdo nebude chtít vzdát aktuálně používané platformy.

Teprve po vyřešení otázky určení hlavního CAD systému nebo jako jeden z faktorů při jejím řešení může být otázka volby vhodného PLM systému.

## 5.2 Ideální stav pro zahrnutí PLM přístupu do výuky

Ideálním předpokladem by bylo, že studenti nastupující do 1. ročníku studia na FS umí modelovat ve 3D a jsou schopni produkovat základní výkresovou dokumentaci. Tento předpoklad se však nikdy nepodaří naplnit, zejména kvůli studentům z gymnázií, kteří s 3D modelováním a tvorbou výkresové nikdy nepřišli do styku. Bohužel i úroveň studentů středních strojnických škol je tristní a očekávat u nich znalost některého z vyšších CAD systémů je nereálné. Z tohoto důvodu je nutné mít v 1. ročníku studia zařazen předmět, který musí posluchače seznámit se základy 3D modelování a tvorbou technické dokumentace. Je možné jej vytvořit ve dvou úrovních, kdy jedna bude zaměřena na studenty, kteří nikdy nemodelovali a druhá pak na studenty, kteří již základy 3D modelování ovládají, ale je nutné sjednotit požadavky na výstupy a úroveň. Zmíněná 2. Úroveň by mohla být vyučována formou individuálních tutoriálů s využitím e-learningu a závěrečného testu.

Následovat by měl předmět zaměřený na technickou a projektovou dokumentaci s podporou CAD a vysvětlením všech souvislostí mezi 3D modelem, výkresem, správou dat a změnovým řízením.

V průběhu 2. ročníku by studenti měli precizovat získané znalosti na praktických cvičeních, kde by měly být požadovány výstupy ve formě 3D modelů a související výkresové dokumentace. Souběžně s tím by měly být položeny teoretické základy pro pochopení mechaniky tuhých a pružných těles.

Pro studenty se záměrem se profilovat na konstrukční obory by pak ve 3. ročníku navazoval předmět s výukou podpory CAD systému při analýzách mechanismů pro vyšetření jejich kinematických a zejména dynamických vlastností a interpretace výsledků analýz.

Na magisterském stupni studia by pak navazoval předmět zaměřený na předběžné pevnostní analýzy pro podporu běžných konstrukčních prací s využitím nástrojů CAD systému. Není cílem tohoto předmětu znevažovat úlohy výpočtáře specialisty a využití specializovaných výpočetních nástrojů. Jedná se spíše o vymezení hranice toho, co je schopen si ověřit samotný konstruktér a co předat k řešení výpočtáři. Přispívá ke zlepšení vzájemné komunikace a pochopení požadavků mezi konstruktérem a výpočtářem.

Výuka dalších předmětů zaměřených na specializované moduly dle jednotlivých oborů jako např. modul pro návrhy tenkostěnných ohýbaných součástí, modul pro svařované konstrukce, modul pro návrhy vstříkovacích forem, CAM a související překladače strojových kódů, modul pro plastové a kompozitní součásti aj.

V prvním ročníku navazujícího předmětu by byl zařazen předmět na PLM přístup a související metodiky s důrazem na vysvětlení souvislostí mezi jednotlivými moduly a celkovým přínosem při nasazení komplexního PLM systému. Zde by bylo možné podchytit

studenty nadané pro pochopení širších souvislostí a dopadů specializovaných metodických postupů pro podporu inovativních přístupů k řešení technických zadání.

Předání komplexní informace o potenciálu efektivního využití PLM systému studentům je možné pouze za předpokladu systematického přístupu a spolupráce všech pracovišť na fakultě.

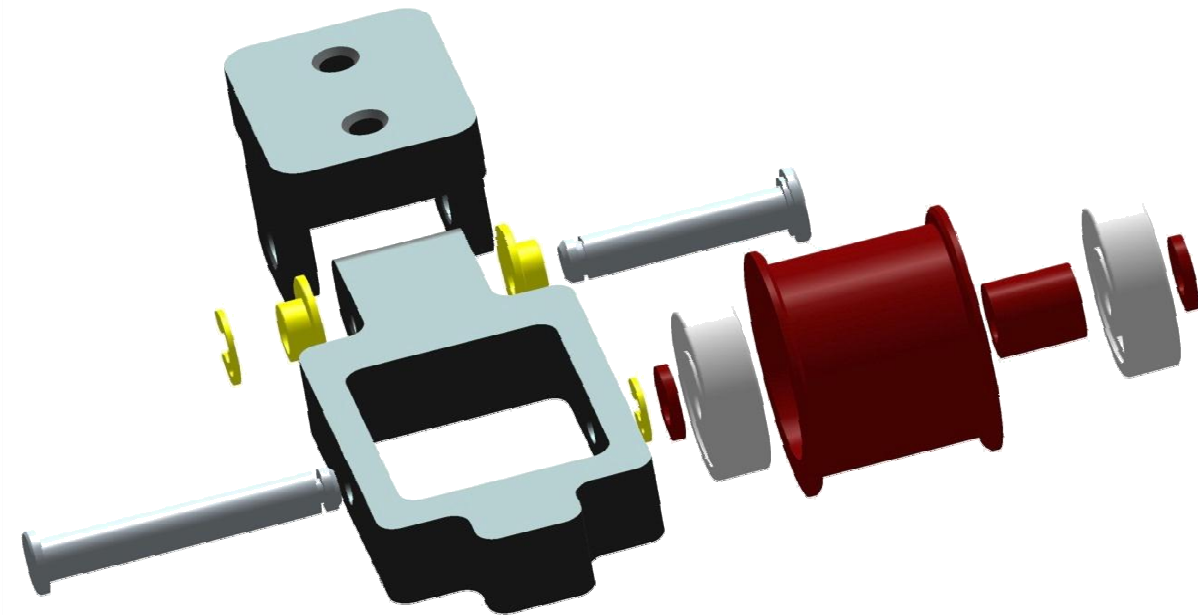
Je zřejmé, že nasazení PLM systému na fakultu není otázkou nejbližších měsíců, nicméně je potřeba se touto otázkou začít seriózně zabývat, protože lze předpokládat, že tlak firem na požadavek absolventů znalých PLM přístupu k vývoji produktu bude neustále sílit.

### 5.3 Koncepce výuky CAD systému na kat354

Na katedře robototechniky FS se vyučován CAD systém Creo, dříve Pro/ENGINEER od společnosti PTC. Koncepce výuky a návaznost předmětů je následující:

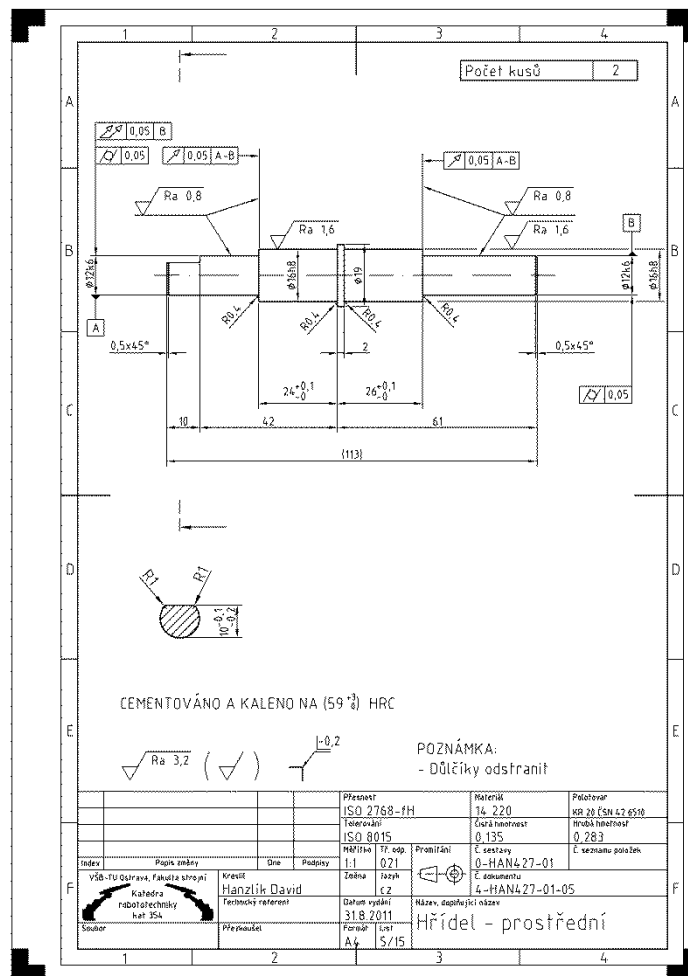
#### CAD I

- LS 2. ročník Bc.
- Rozsah 2+2
- Základy 3D modelování součástí a sestav, základní analýzy modelů, základy tvorby výkresů součástí a sestav



## Technická dokumentace

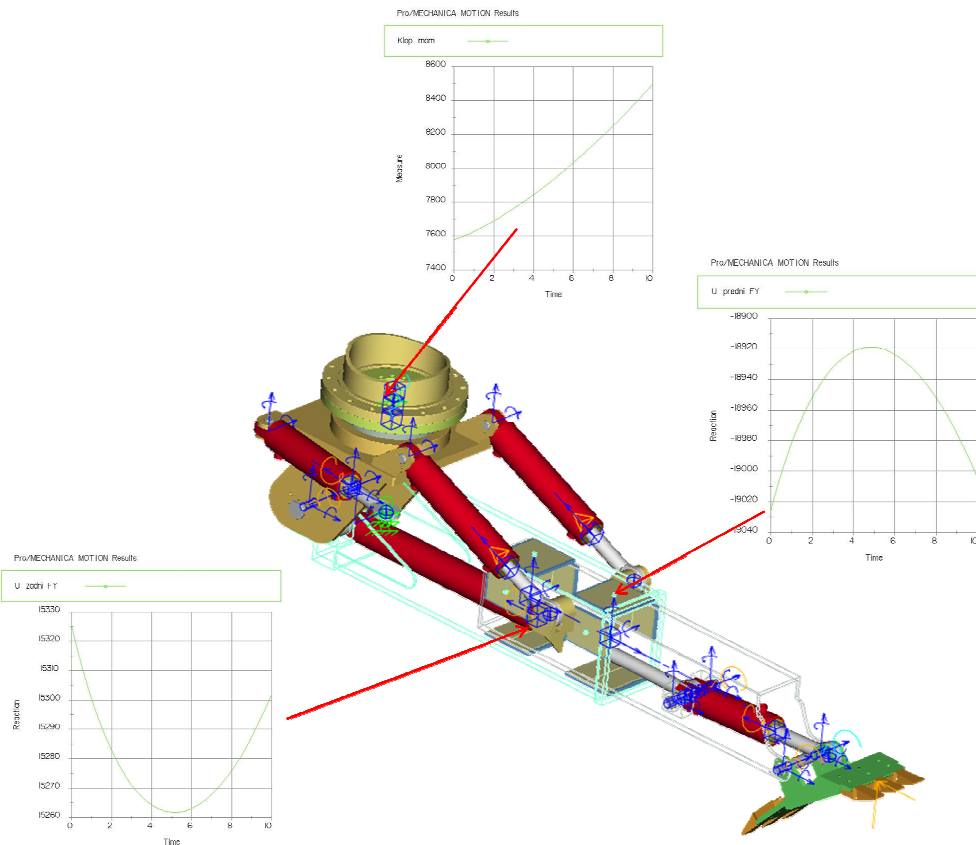
- ZS 3. ročník Bc.
- Rozsah 2+2
- Pokročilé techniky tvorby výkresové dokumentace součástí a sestav s podporou CAD systému Creo s důrazem na kvalitu a opakovatelnou použitelnost vytvořených dat



## CAD II

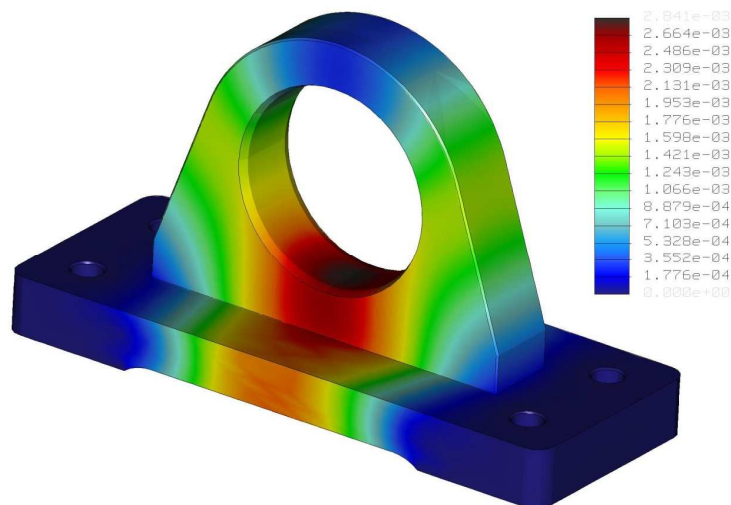
- ZS 3. ročník Bc.
- Rozsah 2+2
- Kinematické a dynamické analýzy mechanismů, vyšetření dosahů a kolizních stavů mechanismů, vyšetření reakcí v kloubech mechanismů a dimenzování jejich pohonů pro dané pracovní cykly, základy optimalizačních úloh





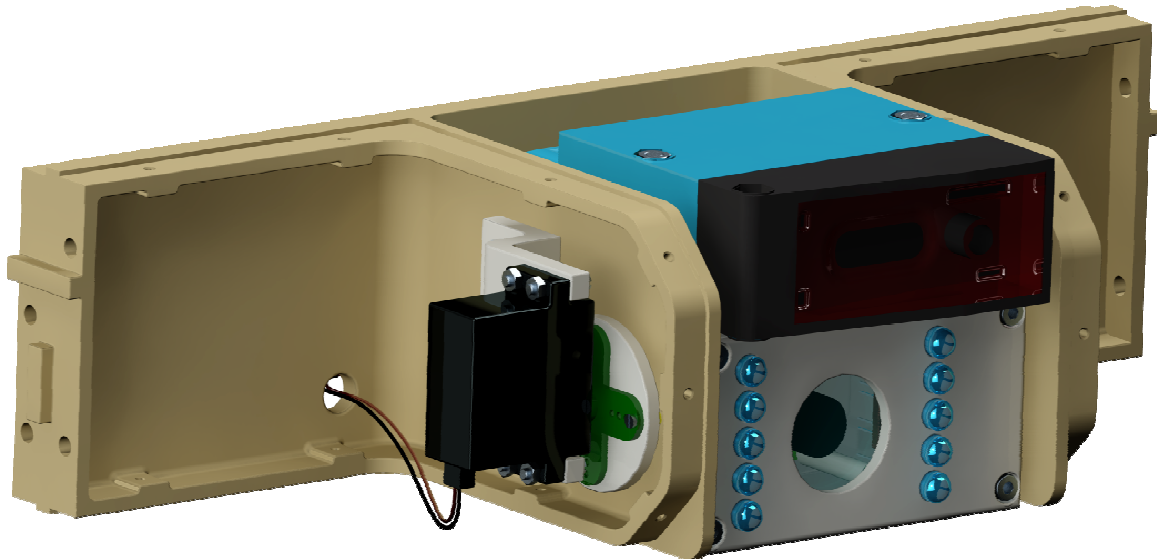
### CAD III

- ZS 1. ročník Ing.
- Rozsah 2+3
- Pevnostní analýzy částí mechanismů, interpretace výsledků a jejich důsledky na konstrukci, souvislost mezi technikami modelování a pracností přípravy výpočtového modelu



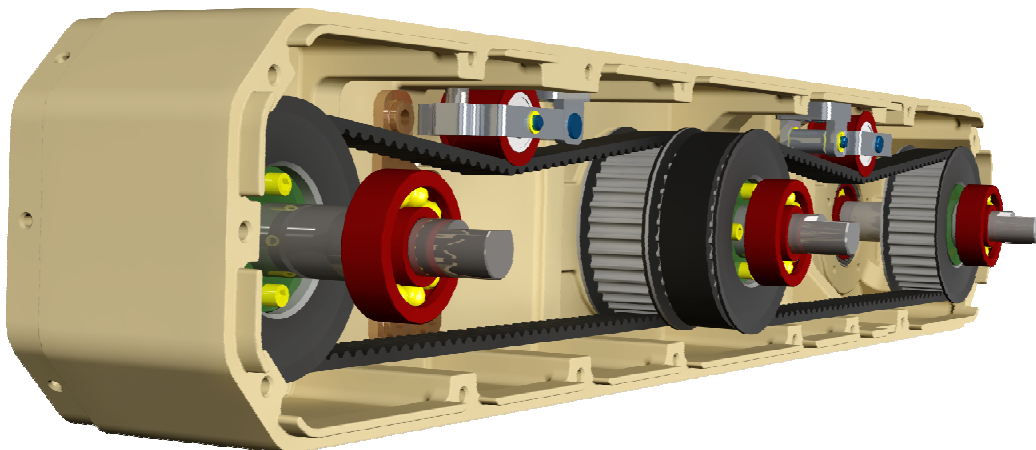
## CAD IV

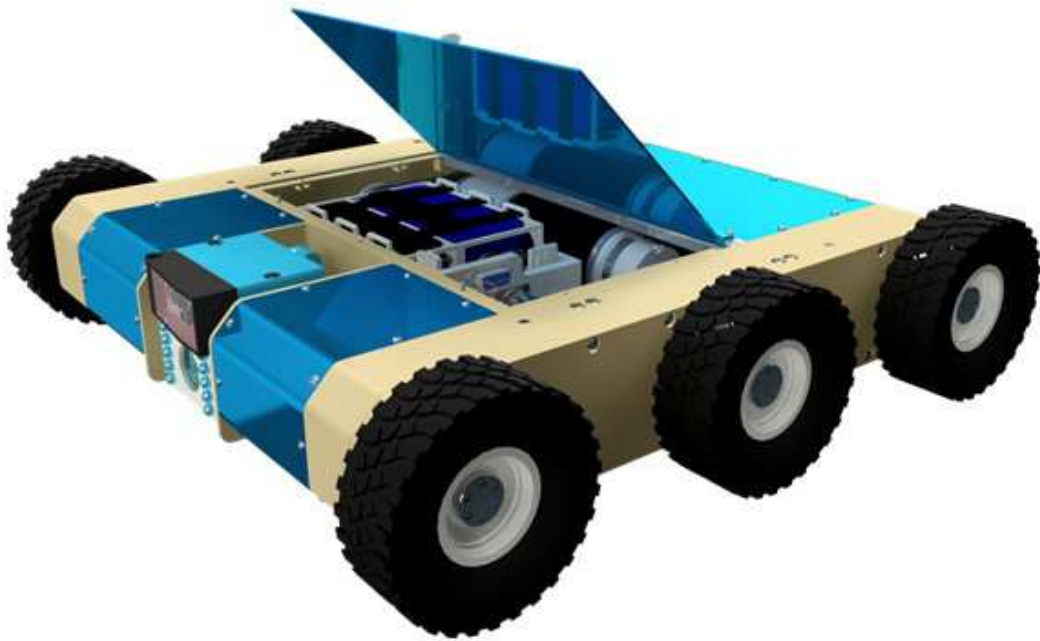
- ZS 2. ročník Ing.
- Rozsah 2+3
- Více-kriteriální optimalizační úlohy, výměna dat mezi modelem a výpočtovým SW MathCad, pokročilé analýzy modelů, využití a řízení parametrů modelů, tvorba šablon pro modely a výkresy, nástroje pro přizpůsobování systému.



### 5.3.1 Vybrané práce studentů katedry robototechniky

Ing. David Hanzlík – DP 2012





**Bc. Lubomír Prokop – BP 2011**

Jeho projekt navíjecího systému obsadil 2. místo na soutěži AV Engineering AWARDS 2012 v kategorii univerzitních projektů.





**Ing. Jan Sztefek**

Studijní projekt využívající výpočet parametrů modelu v ProE ve výpočtovém SW MathCad a jejich vzájemné propojení získal ocenění AWARDS 2008

Mathcad - [vib\_přím\_robot.smc]

Mathcad - [vib\_přím\_robot.smc]

Podle rovní prvků polohy koncového bodu (počátku L)

$$x(t) = x_0 + v_{x0}t + 0.5 a_x t^2$$

$$y(t) = y_0 + v_{y0}t + 0.5 a_y t^2$$

$$z(t) = z_0 + v_{z0}t + 0.5 a_z t^2$$

i	$a_i$	$l_i$	$d_i$	$\alpha_i$
0	0	$l_0$	0	0
1	$q_1$	0	0	$\pi/2$
2	$q_2$	0	0	0
3	$q_3$	0	0	0

Délky jednotlivých článků (vzdálenosti počítátek sousedních souřadných systémů)

$$l_0 = 0.2 \quad l_1 = 1 \quad l_2 = 1 \quad l_3 = 1$$

Rozsah

$$t_1 = 0.005..0.5$$

Parametry polohy koncového zrychlení počátku rychlost vychází

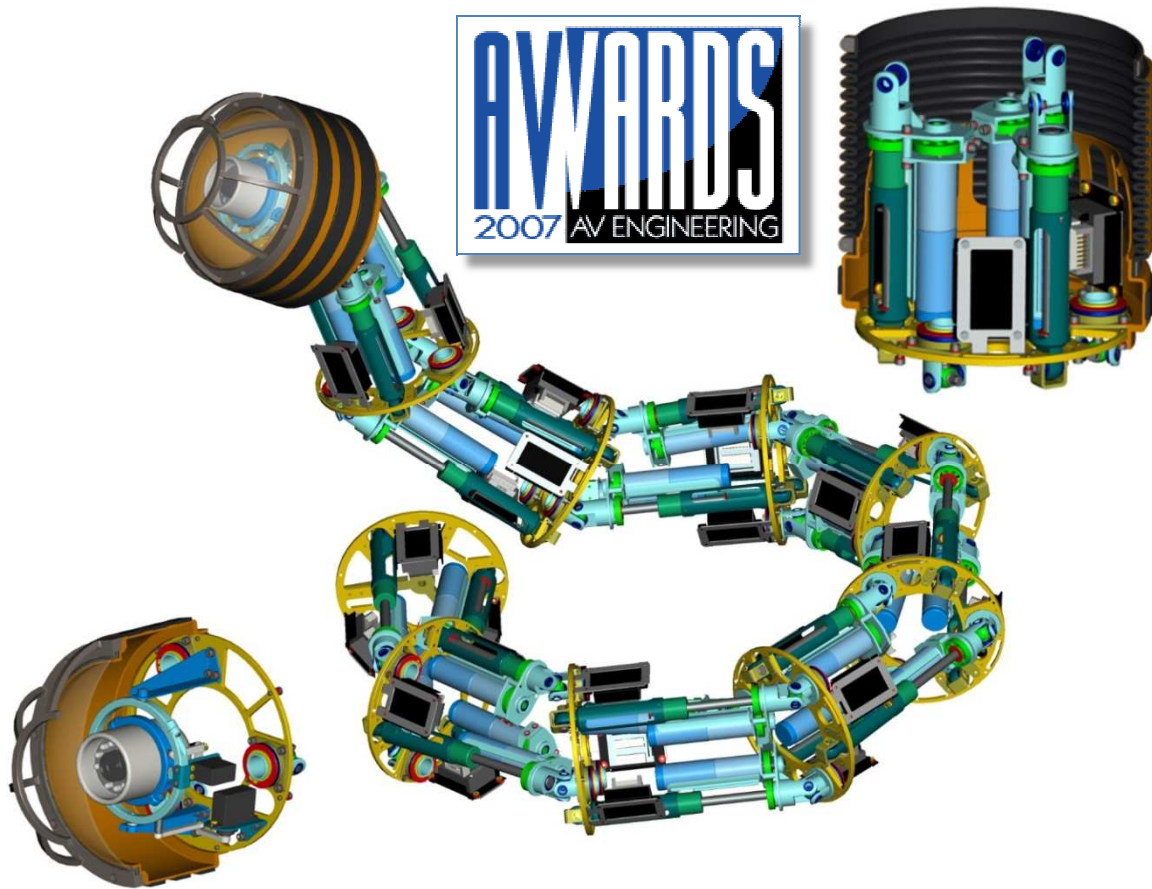
$$a_x = -5 \quad a_y = 0 \quad a_z = -10$$

AWARDS 2008 AV ENGINEERING

Průběh polohy koncového bodu (počátku LCS) při zrychlování

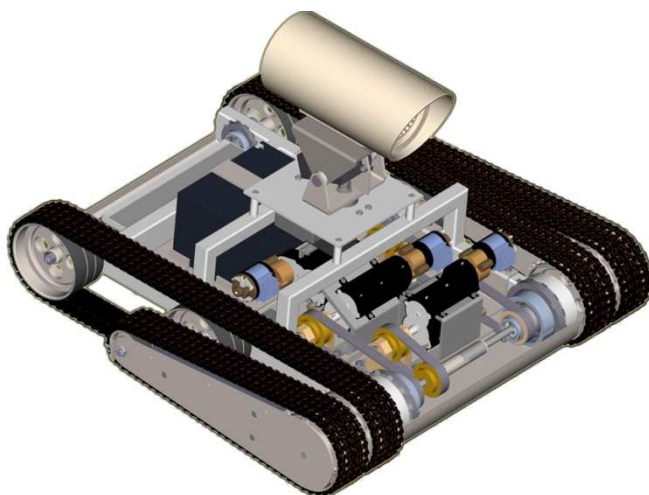
**Ing. Daniel Polák – DP 2006**

Získal hlavní cenu v soutěži AV Engineering AWARDS 2007 v kategorii univerzitních projektů.



**Ing. Martin Turoň – DP 2003**

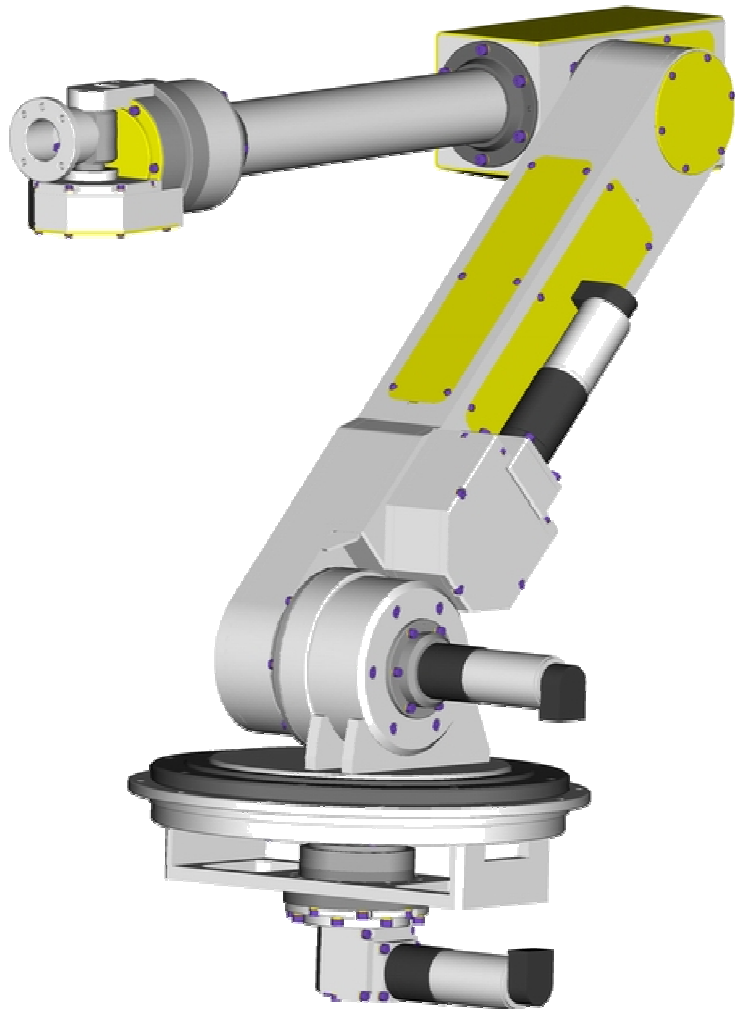
Získal hlavní cenu v soutěži AV Engineering AWARDS 2003 v kategorii univerzitních projektů.

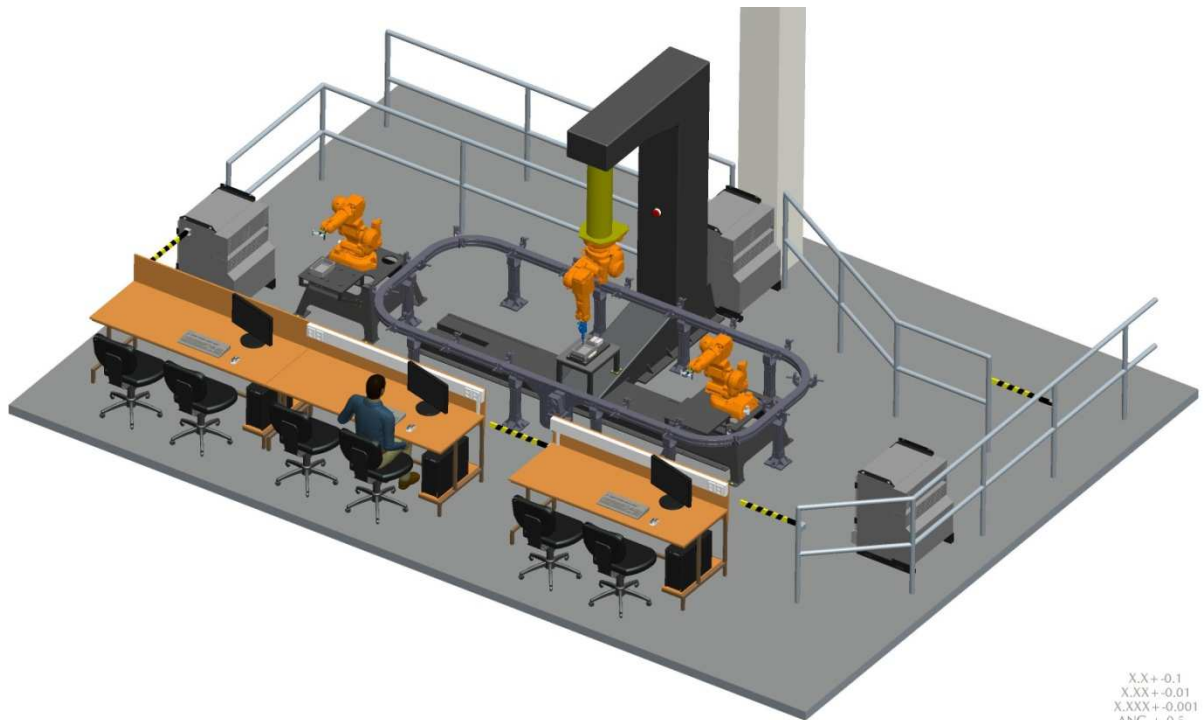
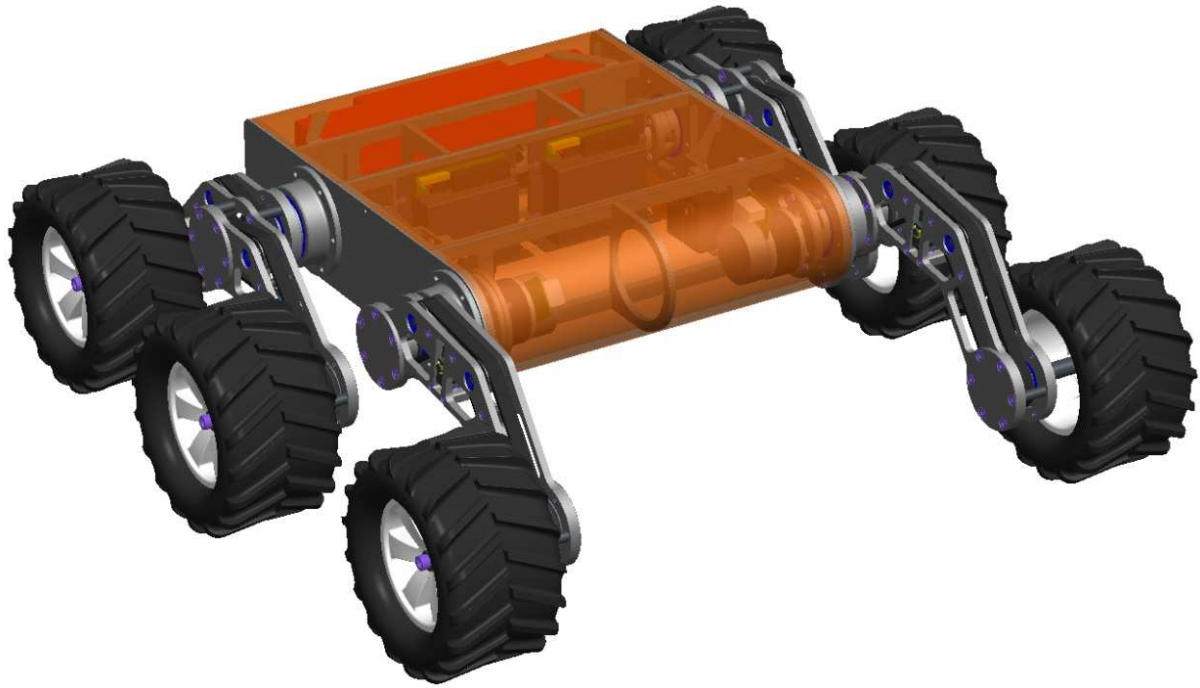




### 5.3.2 Vybrané projekty katedry robototechniky







X.X+0.1  
X.XX+0.01  
X.XXX+0.001  
ANG. +0.5



## 6 INFORMAČNÍ ZDROJE

1. **Homola, Jan.** Product Lifecycle Management. *PLM.cz*. [Online] 20. 11 2011. [Citace: 28. 3 2012.] <http://plm.caxmix.cz/definice-plm/>.
2. **Petr Fořt, Tomáš Mikšík, Pavel Novák.** Když se řekne PLM. *DesignTech.cz*. [Online] 10. 7 2006. [Citace: 28. 3 2012.] <http://www.designtech.cz/c/plm/kdyz-se-rekne-plm.htm>.
3. **Homola, Jan.** 10 otázek pro dodavatele PLM řešení. *PLM.cz*. [Online] 20. 11 2011. [Citace: 30. 3 2012.] <http://plm.caxmix.cz/10-otazek-pro-dodavatele-plm-reseni/>.
4. **Tůma, J.** *Náš život s počítači*. Praha : autor neznámý, 1990.
5. **Blatný, J.** *Číslicové počítače*. Praha : autor neznámý, 1980.
6. **Petr Kovář.** Generace počítačů. *Historie výpočetní techniky v Československu*. [Online] [Citace: 12. 03 2012.] <http://www.historiepocitacu.cz/obecny-prehled-generaci-pocitacu.html#prameny>.
7. Historie CADu. *Free.tCAD.cz*. [Online] [Citace: 12. 03 2012.] [http://free.tcad.cz/cad\\_historie.html](http://free.tcad.cz/cad_historie.html).
8. CAD software - history of CAD CAM. *CADAZZ*. [Online] [Citace: 12. 03 2012.] <http://www.cadazz.com/cad-software-Sketchpad.htm>.
9. **Marian Bozdoc.** History of CAD. *The History of CAD*. [Online] [Citace: 12. 03 2012.] <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>.
10. **Horyl, P.** *Inženýrské základy MKP*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2002.
11. **Petruška, J.** *Počítačové metody mechaniky II - Metoda konečných prvků*. Brno : VUT Brno, 2003.
12. **Bejček, V., Stárek, M., Paloušek, D., Bejčková, M.** *Metoda konečných prvků*. Brno : Autodesk, SVS FEM s.r.o. Brno, 2005.
13. **ZPS-Systems.** *Pro/MECHANICA, návrat znalostí z mechaniky těles do konstrukční praxe III*. Brno : ÚMT FS VUT Brno, 1997.
14. **Pagáč, M.** Ptáte se, proč PDM? Správu dat byste měli mít už dávno nasazenou. *CAXMIX.cz*. [Online] 09. 01 2012. [Citace: 04. 05 2012.] <http://www.caxmix.cz/2012/01/09/ptate-se-proc-pdm-spravu-dat-byste-meli-mit-uz-davno-nasazenou/>.
15. **Siemens PLM Software.** Teamcenter: Siemens PLM Software - ČESKÁ REPUBLIKA. *Siemens PLM Software*. [Online] [Citace: 25. 6 2012.] [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/teamcenter/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/teamcenter/index.shtml).
16. **Technodat.** ENOVIA V6. *TECHNODAT*. [Online] [Citace: 2. 7 2012.] <http://www.technodat.cz/enovia-v6>.

17. **SolidVision.** SolidWorks. *SolidVision.* [Online] [Citace: 07. 05 2012.] <http://www.solidvision.cz/solidworks/>.

18. **Technodat.** ENOVIA SmarTeam. *TECNNODAT.* [Online] [Citace: 2. 7 2012.] <http://www.technodat.cz/enovia-smarteam>.

19. **AV ENGINEERING, a.s.** WINDCHILL - AV ENGINEERING. *AV ENGINEERING, váš partner pro vývoj nového výrobku a udržení jeho trvalé hodnoty.* [Online] [Citace: 8. 8 2012.] <http://www.aveng.cz/technologie/windchill.aspx>.

20. **CAD Studio a.s.** Autodesk PLM 360 - CAD Studio. *CAD Studio.* [Online] [Citace: 25. 6 2012.] <http://www.cadstudio.cz/plm>.