

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Милош С. Ћировић

3Д моделирање производне линије

Дипломски рад

Крагујевац, 2017.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Дипломске академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Рачунарско пројектовање технологије

Број индекса: 32/97w

Милош С. Ћировић

3Д моделирање производне линије

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Горан Девеџић, ред. професор - ментор

Датум одбране: _____

2. _____

Оцена: _____

3. _____

Задатак дипломског рада

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да изврши моделирање производне линије за производњу калупног хлеба у погонима индустријског комплекса „Житопродукт“ у Крагујевцу, применом наменских модула за пројектовање размештаја производне опреме у оквиру програмског пакета *CATIA V5*.

У уводним деловима рада кандидат треба да изнесе преглед теоријских основа и принципа савремених *CAD/CAM* система, анализира задати проблем и да основне законитости и чињенице познате из литературе које су везане за тему дипломског рада.

Посебан осврт у раду треба дати на могућност примене програмског пакета *CATIA V5* у процесу пројектовања технолошких линија, производних погона и индустријских постројења.

Препоручена литература:

[1] Горан Девеџић, „CAD/CAM“ технологије, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2006.

[2] Fred Karam, Charles Kleismit, CATIA V5 – Ауторизовани превод са енглеског језика едиције у издању „Thompson Learning“, Компјутер Библиотека, Чачак 2004.

[3] Kuehn, W., Digital factory – integration of simulation enhancing the product and production process towards operative control and optimisation, *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, Vol. 7, No. 7, 27-39, 2006.

Крагујевац, 09.01.2017.

Ментор:

Др Горан Девеџић, ред. професор

ПРЕДГОВОР

Основу за избор теме овог рада представљала је жеља да знања стечена кроз редовне наставне активности и рад у развојним центрима Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, објединим са вишегодишњим искуством стицаним радом у области пројектног менаџмента, на пословима координације приликом израде инвестиционих пројеката, у фирми „Technosector“ д.о.о. у Крагујевцу.

„Пројектни менаџер је једно од најтраженијих и најперспективнијих занимања у свету. Без успешних пројектних стручњака компаније се суочавају с ризиком раста трошкова, пробијања рокова и лоше обављеног посла. На тој позицији се најбоље сналазе управо машински инжењери, а не архитекте или грађевинци, јер су најсистематичнији и најлакше повезују све учеснике у реализацији једног инвестиционог посла“ [1]

Теоријски, координација представља део пројектног циклуса кроз који се врши планирање, контрола и праћење реализације пројекта, анализа техничке, технолошке, економске и правне проблематике пројекта, одржавају односи са инвеститором и фирмама које учествују у реализацији пројекта и коначно, руководи пројектним тимом. Актуелни приступи, у овој области, у нашем пословном окружењу, у највећем броју случајева подразумевају примену „Microsoft Office“ пакета за обраду текстуалне и нумеричке документације и програма „AutoCAD“ за рад са графичком документацијом. Савремени приступи који се увелико користе у пројектовању алата, програмирању „CNC“ машина или анализи запреминске обраде метала, још увек нису нашли своју пуну примену у области изградње нових фабрика, реконструкцији и проширењу индустријских погона или увођењу нових технологија.

Вођен искуством и проблемима који су се јављали коришћењем традиционалних приступа при пројектовању и изградњи комплекса „ФИАТ Аутомобили Србија“, реконструкцији индустријских погона „Житопродукт“, пројектовању линије пећи за лакирницу у фабрици „Rolls Royce“ у Енглеској, те многим сличним пословима на којима сам радио, дошао сам на идеју да знања из области виртуелног инжењеринга, стицана у „Центру за интегрисани развој производа и процеса и интелигентне системе“ и „Центру за виртуелну производњу“, преточим у овај рад, са посебним освртом на могућност примене програмског пакета „САТИА“ приликом израде и синхронизације различитих фаза техничке документације – пројекти технологије, архитектуре, конструкције, те машинских, хидротехничких, електроенергетских, телекомуникационих и сигналних инсталација.

Током писања овог рада од посебне важности и значаја била је подршка и разумевање менаџмента фирме „Technosector“ д.о.о. из Крагујевца у којој сам запослен, на чему им, овом приликом, срдечно захваљујем.

Посебну захвалност дугујем свом ментору, проф. др. Горану Девеџићу, уз чију подршку, стручност и етичност сам се изграђивао у професионалном и сваком другом смислу.

Коначно, али пре и изнад свега, захвалност дугујем својој породици, која је имала довољно стрпљења и вере, пруживши ми велику подршку како бих започето школовање, успешно привео крају.

3D МОДЕЛИРАЊЕ ПРОИЗВОДНЕ ЛИНИЈЕ 3D MODELING OF PRODUCTION LINES

Милош С. Ђировић, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу,
Сестре Јањић бр. 6, Крагујевац

Резиме: Рад за основни циљ има објашњење примене савремених CAD/CAM технологија, а пре свега могућности које пружа програмски пакет CATIA V5, у области планирања и пројектовања нових фабрика, размештаја опреме, инсталација, производа и радних места. У том контексту, истичу се предности савременог приступа, у односу на традиционалне концепте.

Тема рада обрађена је кроз четири поглавља. У прва три, теоријска, поглавља коришћењем препоручене и доступне литературе из ове области, наведени су и анализирани историјски развој, основе и принципи савремених CAD/CAM система.

У четвртном делу рада, начин креирања производних модела и производних моделских форми, приказан је на практичном примеру примене CATIA V5 програмског модула AEC Plant, приликом пројектовања генералне реконструкције производног погона „Нова пекара“ у индустријском комплексу „Житопродукт“ у Крагујевцу.

Кључне речи: Модел, Моделска форма, Производни модел, PLM систем, CATIA V5, AEC Plant

Abstract: This paper reviews the possibility of applying modern CAD / CAM technology, primarily all the opportunities provided by the software package CATIA V5, in the planning and design of new factories, equipment deployment, installation, storage products and workplace. In this context, explains the benefits of the modern approach, compared to traditional concepts.

The theme of the work was elaborated in four chapters. In the first three, theoretical, chapters, using the recommended and available literature in this field, are listed and analyzed historical development, fundamentals and principles of modern CAD / CAM system.

In the fourth part, a way to create production models and production of the model form, is shown in a practical case of application of CATIA V5 software module AEC Plant, in designing the general reconstruction of the production plant "New bakery" in the industrial complex "Žitoprodukt" in Kragujevac.

Keywords: Model, Model form, Manufacturing model, PLM system, CATIA V5, AEC Plant

САДРЖАЈ

1. УВОД	11
2. ОСНОВНЕ И ПРИНЦИПИ <i>CAD/CAM</i> ТЕХНОЛОГИЈА.....	14
2.1. Конкурентно инжењерство	14
2.1.1 Утицајни фактори концепта конкурентног инжењерства.....	15
2.1.2 Суштински принципи концепта конкурентног инжењерства.....	17
2.2. Управљање животним циклусом производа - <i>PLM</i> системи.....	19
2.2.1 Софтверски алати, концепти и стратегије <i>PLM</i> система.....	20
2.2.1.1 Пројектовање помоћу рачунара	20
2.2.1.2 Рачунаром подржан инжењеринг	20
2.2.1.3 Рачунаром подржана производња.....	21
2.2.1.4 Пројектовање технологије помоћу рачунара.....	21
2.2.1.5 Систем за контролу производа и процеса помоћу рачунара.....	21
2.2.1.6 Рачунаром подржан квалитет производа.....	22
2.2.1.7 Рачунаром подржане остале технике и технологије	22
2.2.1.8 Знањем подржано пројектовање, инжењеринг и производња.....	22
2.2.1.9 Колаборативни (заједнички) развој производа	22
2.2.1.10 Управљање подацима о производу	23
2.2.1.11 Интегрисани развој производа и процеса.....	23
2.2.1.12 Управљање колаборативним развојем производа.....	23
2.2.1.13 Управљање ланцима снабдевања.....	23
2.2.2 Основни принципи <i>PLM</i> система	24
2.2.2.1 Креирање модела	25
2.2.2.2 Примена моделских форми	29
2.2.2.3 Параметарско дефинисање моделских форми и модела.....	31
2.2.2.4 Примена односа „родитељ-дете“	32
2.2.2.5 Примена релација	33
2.2.2.6 Асоцијативност модела	33
2.2.2.7 Визуелна комуникација.....	34
3. ПРОИЗВОДНИ МОДЕЛИ И ПРОИЗВОДНЕ МОДЕЛСКЕ ФОРМЕ	36
3.1. Креирање основних производних површина	37
3.2. Креирање инсталација, токова материјала и производних простора.....	38
3.3. Креирање ергономских модела.....	39
4. <i>PLM</i> СИСТЕМ <i>CATIA V5</i>	41
4.1. Историјски развој	42
4.2. Конфигурације програма	48
4.2.1 Платформске конфигурације.....	49
4.2.2 Наменски скупови модула	49
4.2.3 Скупови палета алата.....	49
4.3. Наменски скупови модула и скупови палета алата којим се креирају производни модели и производне моделске форме	50
4.3.1 Модул <i>AEC Plant</i>	51
4.3.2 Наменски скуп модула <i>Equipment & Systems</i>	52
4.3.3 Модул <i>Ergonomics Design & Analysis</i>	55

5. 3Д МОДЕЛИРАЊЕ ПРОИЗВОДНОГ ПОГОНА „НОВА ПЕКАРА“ У ИНДУСТРИЈСКОМ КОМПЛЕКСУ „ЖИТОПРОДУКТ“ У КРАГУЈЕВЦУ	56
5.1 Пројектни задатак.....	56
5.1.1 Технолошка опрема	57
5.1.2 Енергетски прикључци	58
5.1.3 Катастарско-топографски план	62
5.2 Креирање радних простора	63
5.2.1 Креирање моделске форме типа „ситуациони план“	64
5.2.2 Креирање моделске форме типа „зграда“	68
5.2.3 Креирање моделске форме типа „ниво“	73
5.2.4 Креирање моделских форми које представљају функционалну везу између нивоа објекта	77
5.2.5 Креирање радних простора у сутерену објекта	79
5.2.6 Креирање радних простора у приземљу објекта	80
5.2.7 Креирање радних простора на међуспрату објекта	83
5.2.8 Креирање радних простора на спрату објекта	84
5.3 Размештај технолошке опреме.....	87
5.4 Размештај и трасирање токова материјала, енергетских инсталација и коридора за пролазак запослених.....	91
5.5 Употреба ергономских модела	94
6. ЗАКЉУЧАК.....	95
7. ЛИТЕРАТУРА	96
8. ПРИЛОЗИ	97

ПОПИС СЛИКА

Слика 2.1	Конкурентно инжењерство-илустрација.....	18
Слика 2.2	Софтверски алати, концепти и стратегије <i>PLM</i> система.....	20
Слика 2.3	Традиционални приступ пројектовању.....	24
Слика 2.4	Савремени приступ пројектовању.....	24
Слика 2.5	Врсте модела.....	26
Слика 2.6	Класични приступ пројектовања производа у <i>PLM</i> програмским пакетима.....	27
Слика 2.7	Савремени приступ пројектовања производа у <i>PLM</i> програмским пакетима.....	28
Слика 2.8	Стварање модела.....	29
Слика 2.9	Моделске форме настале од једне скице.....	30
Слика 2.10	Примери параметара моделских форми.....	32
Слика 3.1	Производне моделске форме.....	36
Слика 3.2	Примери производних моделских форми у стаблу производног модела.....	37
Слика 3.3	Визуелизација производних моделских форми типа површина и простора.....	37
Слика 3.4	Примена производних моделских форми приликом креирања инсталација и токова материјала.....	38
Слика 3.5	Визуелизација производних простора.....	38
Слика 3.6	Ергономске моделске форме типа особа.....	39
Слика 3.7	Елементи ергономског модела.....	39
Слика 3.8	Провера ергономских карактеристика носеће платформе.....	40
Слика 3.9	Провера ергономских опреме намењене особама са посебним потребама.....	40
Слика 4.1	Радно окружење програмског пакета <i>CATIA V5</i>	41
Слика 4.2	Део производног програма компаније „Dassault Aviation“, 1970. год.	42
Слика 4.3	<i>Marcel Dassault</i> , оснивач компаније „Dassault Aviation“, <i>Dominique Calmels</i> , технички директор и <i>Francis Bernard</i> , вођа развојног тима <i>CATIA</i>	44
Слика 4.4	Првобитни и данашњи лого компаније „Dassault Systemes“.....	46
Слика 4.5	Област примене програмског пакета <i>CATIA</i>	47
Слика 4.6	Палета програмских пакета које је развио „Dassault Systemes“.....	47
Слика 4.7	Платформске конфигурације <i>CATIA V5</i>	48
Слика 4.8	Наменски скупови модула за верзију програма <i>CATIA V5 R20</i>	49
Слика 4.9	Наменски скупови модула и радна окружења у којима се врши креирање производних моделских форми у верзији програма <i>CATIA V5 R20</i>	51
Слика 4.10	Радно окружење <i>Plant Layout</i>	52
Слика 4.11	Скуп модула и радних окружења <i>Equipment & Systems</i>	53
Слика 4.12	Скуп радних окружења модула <i>Ergonomics Design & Analysis</i>	55
Слика 4.13	Креирање моделских форми типа „особа“.....	55
Слика 5.1	Катастарско-топографски план комплекса „Житопродукт“.....	62
Слика 5.2	Улаз у радно окружење <i>Plant Layout</i> и унос основних информација о моделу.....	63
Слика 5.3	Дефинисање јединица мера.....	64

Слика 5.4	Одређивање габарита објекта на основу катастарско-топографског плана	65
Слика 5.5	Типови наменских простора	66
Слика 5.6	Дефинисање параметара моделске форме типа „ситуациони план“	67
Слика 5.7	Приказ моделске форме „ситуациони план“ у радном простору програмског пакета <i>CATIA V5 R20</i>	67
Слика 5.8	Дефинисање параметара моделске форме типа „зграда“	68
Слика 5.9	Прелиминарни облик граничне линије објекта	69
Слика 5.10	Дефинисање димензионих ограничења приликом креирања граничних линија	70
Слика 5.11	Начин одређивања координата чворова граничне линије на основу катастарско-топографског плана	70
Слика 5.12	Дефинисање коначног облика граничне линије објекта	71
Слика 5.13	Приказ моделске форме типа „зграда“ у радном простору <i>Plant Layout</i> програмског пакета <i>CATIA V5 R20</i>	72
Слика 5.14	Упоредни приказ производне моделске форме и фото-реалистичног модела објекта	72
Слика 5.15	Дефинисање параметара моделске форме типа „ниво“	74
Слика 5.16	Дефинисање етажа „приземље“ и „спрат“	74
Слика 5.17	Дефинисање етаже „међуспрат“	75
Слика 5.18	Дефинисање етаже „сутерен“	75
Слика 5.19	Избор опције „solid“ којом се врши тродимензионални приказ простора	76
Слика 5.20	Тродимензионални приказ креираних моделских форми типа „ниво“	76
Слика 5.21	Дефинисање моделских форми којима су представљени елементи који функционално повезују етаже објекта	77
Слика 5.22	Избор контекстуалног менија којим се креирају компоненте производних моделских форми	78
Слика 5.23	Визуелизације производних моделских форми „степиниште“	79
Слика 5.24	Дефинисање параметара моделске форме типа „зона опасности“	80
Слика 5.25	Дефинисање радног простора у којем ће бити смештена трафостаница	80
Слика 5.26	Дефинисање радних простора у приземљу објекта (2д и 3д приказ)	81
Слика 5.27	Визуелизација радних простора у приземљу објекта	82
Слика 5.28	Дефинисање радних простора на међуспрату објекта	83
Слика 5.29	Раздвајање чистог и прљавог пута на међуспрату објекта	84
Слика 5.30	3д приказ размештаја радних простора на међуспрату објекта	84
Слика 5.31	Дефинисање радних простора на спрату објекта	85
Слика 5.32	Визуелизација радних простора на спрату објекта	85
Слика 5.33	Визуелизација радног простора складишта за припрему сировина	86
Слика 5.34	Креирани радни простори	86
Слика 5.35	Начин креирања простора који заузима производна опрема	87
Слика 5.36	Размештај машина и опреме којима се врши припрема теста и печење хлеба	88
Слика 5.37	Размештај машина и опреме којима се управља калупима	89
Слика 5.38	Размештај производне опреме на спрату објекта	90
Слика 5.39	Размештај производне опреме у приземљу објекта	90
Слика 5.40	Размештај производне опреме у сутерену објекта	90
Слика 5.41	Начин креирања путања и избор типа путање	91

Слика 5.42	Избор и дефинисање попречног пресека путање	91
Слика 5.43	Креирање тока материјала од зоне припреме теста до ферментационе коморе	92
Слика 5.44	Креирање тока кретања касета и поклопаца касета	92
Слика 5.45	Креирање тока материјала из чисте собе до простора за паковање у приземљу	93
Слика 5.46	Синхрон приказ опреме и радних простора	93
Слика 5.47	Провера могућности приступа опреми на поклопцима силоса у приземљу објекта	94
Слика 5.48	Провера прегледности највише полице палетних регала из перспективе магационера	94
Прилог 1	Спрат објекта	97
Прилог 2	Инсталирање гасне пећи	97
Прилог 3	Коридор за пролаз запослених	97
Прилог 4	Складиште сировина на спрату објекта	98
Прилог 5	Пећ, складиште поклопаца, тунел за хлађење калупа и комора за хлађење	98
Прилог 6	Ферментациона комора	98

ПОПИС ТАБЕЛА

Табела 5.1	Потрошња енергената опреме произвођача „HB Technik“.....	58
Табела 5.2	Потрошња енергената опреме произвођача „Diosna“.....	58
Табела 5.3	Потрошња енергената опреме произвођача „Logopak“.....	59
Табела 5.4	Потрошња енергената опреме произвођача „Standard Tech“.....	59
Табела 5.5	Потрошња енергената опреме произвођача „Gostol“.....	60
Табела 5.6	Укупна потрошња енергената технолошке опреме.....	61
Табела 5.7	Захтеване количине воде за напајање опреме произвођача „Gostol“.....	61

1. УВОД

Глобализација тржишта и глобална конкуренција, захтевају перманентне промене на нивоу целокупног друштва. У окружењу у коме су брзина и ширина промена драстични, степен развоја државе зависи од њене способности да се мења и прилагођава спољашњем окружењу, као и од способности да утиче на промене окружења у жељеном правцу.

Промене имају свој одраз и у производним компанијама. Оне подразумевају стварање нових технологија, производа и услуга, али и развијање људских ресурса, система знања и услова за развој базе знања и система образовања. Знање је будућа кључна компетенција компаније и њених стабилних конкурентских предности, извор иновација и средство за обезбеђење њихове високе резултативности. Знање већ обликује будући општи развој у условима глобализације. Примена знања и савремених технологија већ су у основи изменили привредну и друштвену структуру, производно-технолошки систем и потрошачки стил.

Савремено пословно окружење, поред осталог, чини и растућа стопа иновација. У савременим условима иновација се посматра као процес у коме учествује велики број људи различитих специјалности, које је потребно ефикасно усмеравати и водити. Кључ иновационог процеса је проток технологије и иновације међу људима, компанијама, универзитетима, институцијама и другим организацијама.

Полазећи од чињенице да промене подразумевају измену стања, а иновације нивое те измене, променама и иновацијама се мора адекватно управљати. С обзиром на динамику и свеобухватност промена, традиционални начини управљања, морају бити замењени новим, флексибилнијим и креативнијим.

Иновације и промене се не остварују пуким поседовањем рачунара и других материјалних тековина савременог технолошког развоја, већ променом ставова, начина размишљања, прихватањем нове филозофије, закона и модела понашања и рада и применом решења успешног управљања променама и иновацијама. Само управљање које у потпуности уважава карактеристике и принципе савремених промена и иновација може да ствара, одржава и развија конкурентске предности компаније. Са тим у вези, савремени инжењери морају у великој мери бити спремни да заједно раде са људима других струка и дисциплина, да користе шансе нових технологија и да их одговорно примене код производа и производних процеса.

С обзиром на растућу конкуренцију на тржишту, предузећа су приморана да на тржиште износе квалитетне производе са многобројним иновацијама. У том циљу морају се у кратком временском периоду реализовати нове идеје и решавати компликовани проблеми и задаци. Због тога је неопходна брза и прецизна трансформација идеја у производ. То захтева примену паралелних и комплексних процеса код развоја и креирања нових производа, а то се постиже тимским радом, уз примену методског приступа решавања проблема и задатака.

Последњих година дошло је до радикалних промена у погледима на машинско инжењерство. Истраживања у машинству су, данас, у великој мери интердисциплинарна и апликативно оријентисана, а пред компанијама, све чешће постоје захтеви за тзв. „full service“ понудама које обухватају: пројектовање, изradу, монтажу, пуштање у рад, одржавање, финансирање и рециклажу, као и гаранције везане за расположивост уређаја. Такви, глобални, сервис-процеси, захтевају нове поступке, методе и алате.

Развој нових производа и система, као и реинжењеринг постојећих, заснивају се на интегрисаном прилазу реализацији захтеваног квалитета система који подразумева примену метода, техника и инструмената системске анализе.

Системско инжењерство обезбеђује захтевани квалитет система тако што узима у обзир интерактивност свих фаза животног циклуса система:

- планирање и маркетинг
- пројектовање (истраживање, развој, испитивање, верификацију)
- производњу,
- примену (коришћење, праћење, одржавање, усавршавање, побољшање) и
- повлачење из употребе (рециклажу, регенерацију, прераду, депоновање)

Због тога се за системско инжењерство често користи термин инжењерство животног циклуса. Такав приступ, између осталог, подразумева примену разних софтверских алата и технологија, међу којима алати и технологије за аутоматизацију пројектовања, анализе, тестирања и израде производа заузимају кључно место. Ови софтверски алати и технологије данас се описују скраћеницом *PLM* систем (енгл. „Product Lifecycle Management system“), која означава свеукупност алата и технологија за аутоматизацију пројектовања машинских конструкција и њихову израду.

Кроз овај рад, у контексту примене савремених метода и софтверских алата, приказан је принцип креирања модела физичких ресурса производних система, применом једног од најзаступљенијих програмског пакета за 3д моделирање *CATIA V5*.

Тема рада обрађена је кроз четири поглавља. У прва три, теоријска поглавља, коришћењем препоручене и доступне литературе, наведени су и анализирани историјски развој, основе и принципи савремених *CAD/CAM* система.

У четвртном, практичном делу рада, начин креирања производних модела и производних моделских форми, приказан је кроз пример пројектовања реконструкције производног погона „Нова пекара“ у индустријском комплексу „Житопродукт“ у Крагујевцу. Наведена реконструкција подразумева инсталирање савремене технолошке линије за производњу дуготрајног хлеба, јединственог и потпуно новог производа на домаћем тржишту. Уградњу наведене опреме, прате одговарајући архитектонско-грађевински радови и радови на извођењу свих неопходних инсталација и инфраструктурних прикључака.

У поглављу под редним бројем 2., описане су основе и принципи *CAD/CAM* технологија са посебним освртом на пословни концепт „Конкурентно инжењерство“ и пословни приступ „Управљање животним циклусом производа“. Поред осталих принципа, нарочита пажња у овом поглављу посвећена је креирању модела и примени моделских форми.

Теоријске основе везане за креирање производних модела и примену производних моделских форми, преузете из литературе, и илустрације, посебно припремљене у сврху израде овог рада, дате су у поглављу под редним бројем 3.

Кроз поглавље под редним бројем 4. даје се опис програмског пакета *CATIA V5*. Посебним одељком у оквиру овог поглавља описан је историјски развој компаније „Dassault Systemes“. „Dassault Systemes“ је компанија која је развила програмски пакет *CATIA*. Кроз причу о настанку и развоју компаније, господин *Francis Bernard*, њен оснивач и дугогодишњи извршни директор, као иницијатор и учесник многих дешавања, из прве руке сведочи о историјском развоју, не само компаније „Dassault Systemes“ и програмског пакета *CATIA*, већ и о пословним приступима и концепатима развоја *CAD/CAM* технологија, од шездесетих година XX века, па све до данашњих дана.

Осталим одељцима у овом поглављу дат је општи опис пакета *CATIA V5*, са посебним освртом на опис наменских скупова модула којим се креирају производни модели и производне моделске форме: *AEC Plant; Equipment & Systems; Ergonomics Design and Analysis*.

Практичан пример креирања производних модела и производних моделских форми применом програмског пакета *CATIA V5* дат је у поглављу под редним бројем 5.

Нови власник крагујевачке пекарске индустрије „Житопродукт“, словеначка компанија „Дон-Дон“, у производни програм уводи нову врсту дуготрајног хлеба, потпуно новог и јединственог производа на домаћем тржишту. Иновативан приступ, приликом пројектовања нове технологије израде наведеног пекарског производа, огледа се у коришћењу посебног и код нас неприменљивог начина конзервирања, базираног на примени алкохола, а не на примени, до сада свеприсутних, емулгатора.

Увођење новог производа подразумева реконструкцију постојећег производног погона, инсталирање нове, потпуно аутоматизоване линије и обезбеђивање свих инфраструктурних прикључака потребних за нормално функционисање производње. У ту сврху потребно је извршити потпуну пренамену простора у оквиру постојећег габарита и исту прилагодити важећим законима, прописима и стандардима у областима прехранбене индустрије, планирања и изградње и заштите од пожара. Такође, треба извршити одговарајући размештај опреме, инсталација, производа и радних места, тако да се производни процес одвија несметано и у пуном капацитету. Сви наведени захтеви изискују ангажовање читавог тима стручњака различитих профила: архитеката; инжењера статичара; хидроинжењера; електроинжењера; машинских инжењера; технолога. Радом пројектног тима управља координатор, који контролише и прати реализацију пројекта, врши анализу техничке, технолошке, економске и правне проблематике пројекта и одржава однос са инвеститором. Вођени примерима добре праксе, инвеститори и власници пројектантских кућа на место координатора израде пројектне документације најчешће постављају машинске инжењере, јер су најсистематичнији и најлакше повезују све учеснике у реализацији једног инвестиционог посла.

Традиционални приступ у пројектовању и координацији, који се и данас најчешће користи у овој области, подразумева примену програма за 2д цртање и, најчешће, „Microsoft Office“ пакета за обраду текстуалних и нумеричких података. Овакав приступ знатно отежава посао координаторима и осталим учесницима у пројектном циклусу. Инвеститорима се не пружа могућност лаког и брзог разумевања пројектованог концепта, координаторима је, због ограничења везаних за 2д визуелизацију знатно отежана израда синхрон планова, што за последицу има преклапање појединих инсталација и знатно одступање од пројектованог решења приликом извођења радова, док су инжењери-пројектанти ограничени у могућностима које нуде савремени *PLM* системи, а везани су за различите оптимизације, анализе и симулације.

Првенствени циљ овог рада, није опис организационих активности нити развијање одређених инжењерских принципа и приступа, иако се оба сегмента прожимају кроз готово сва поглавља у раду.

Рад за основни циљ има објашњење примене савремених *CAD/CAM* технологија, а пре свега могућности које пружа програмски пакет *CATIA V5*, у области планирања и пројектовања нових фабрика, размештаја опреме, инсталација, производа и радних места, истицање свих њених предности у односу на традиционалне, али још увек актуелне приступе, и наметање оваквог концепта, као стандардног пројектантског приступа у наведеним областима.

2. ОСНОВЕ И ПРИНЦИПИ CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈА

У другој половини двадесетог века учињен је велики напредак у проналажењу и развоју многих техника и технологија које су значајно утицале на индустријску производњу. Међу њима најважније место заузима развој микропроцесора и рачунара.

Рачунарство и информатика су у највећој мери утицали на аутоматизацију процеса, поступака и активности које се практикују у индустријској делатности. Узајамни утицај две важне области и инжењерства – рачунарске науке и теорије система – допринео је бурном развоју производних система. То је резултирало, између осталог и увођењем аутоматизације у све сегменте индустријских система. Сем тога, информациона технологија је условила, како иницирање, тако и имплементацију низа концепата, принципа, приступа и филозофија које данас одређују свеукупност индустријског ангажовања усмереног ка тржишту. Основни захтеви савременог тржишта, које у основи усмеравају производне и организационе активности, везани су за висок квалитет производа, скраћено време од идеје до реализације, ниске цене, производњу у серијама прилагођеним потребама тржишта, велики асортиман производа и сл. Да би томе одговорили савремени производни системи треба да поседују високу конкурентску способност која им може омогућити да адекватно одговоре на постављене захтеве и изборе се са све већом и агилнијом конкуренцијом. Неке од карактеристика, које у том смислу треба да поседују савремени производни системи односе се и на: ефикасност, флексибилност, постојан квалитет, рачунарски интегрисане активности, итд.

2.1 Конкурентно инжењерство

Савремено тржиште намеће компанијама посебну врсту деловања која се, у првом реду, односи на развој и производњу високо квалитетних производа. При томе се подразумева да компаније морају бити организоване на начин који ће им омогућити дугорочно опстајање у динамичном тржишном окружењу. За реализацију тог циља нису довољни само ефикасни пословни процеси, добри кориснички сервиси и савремена технослогија, иако и они играју веома важну улогу. Пракса је показала да само оне компаније које користе и развијају стратегије и процесе које су у потпуности окренуте и сконцентрисане ка реализацији производа, у смислу брзог и потпуног испуњења свих конструкционих, технолошких и захтева квалитета, могу произвести производе признате и прихваћене на глобалном тржишту, остварујући при том значајну добит и укупне позитивне економске ефекте. У оваквим случајевима сви аспекти стратегија развоја и производње новог производа разматрају се са становишта конкурентне способности испуњења постављених захтева. То подразумева синхронизовано и истовремено ангажовање различитих тимова стручњака, чији је заједнички циљ, кроз интезивну сарадњу, убрзање и подизање квалитета свих активности конструисања, прорачуна, производње и дистрибуције производа. Такви тимови су, у општем случају, дислоцирани, како унутар једне компаније, тако и ван ње, у оквиру партнерских фирми. Овакав приступ развоју и реализацији производа доприноси бржем одзиву на захтеве потрошача.

У таквим околностима, истиче се једна посебно важа чињеница. Производи чине компанију, а не обрнуто. Сконцентрисане на ефикасно и квалитетно пројектовање и израду производа компаније могу рачунати на водеће позиције на глобалном тржишту, значајне економске ефекте, препознатљивост, прихваћеност, сталну тражњу производа и сл.

Последњих деценија развијају се и практикују многи приступи, стратегије, концепти и филозофије усмерени ка различитим производним ефектима.

Између осталих, ту су нумеричке технологије, групна технологија, флексивилни производни системи, рачунарски интегрисана производња, интелигентни производни системи, фракталне фабрике, итд. Почетак 21. века, обележен је широком применом информационих технологија у свим сферама производних система. Тиме је омогућен прелаз из „ере управљања“ у „еру флексибилности“. Њу карактеришу особине као што су флексибилност, квалитет, агилност, брзина појављивања на тржишту, одговорност, тимски рад, истовременост одвијања већег броја активности и интеграција.

Један ок кључних концепата који је омогућен управо развојем и применом информационих технологија, а усмерен је ка испуњавању поменутих захтева глобалног тржишта, односи се на **конкурентно инжењерство** (енгл. *CE Concurrent Engineering*). Основна карактеристика овог концепта огледа се у истовременом одвијању већег броја активности на развоју производа и пратећих процеса. Стога се често среће и други назив – **симултано инжењерство** (енгл. *Simultaneous Engineering*). Концепт конкурентног инжењерства потенцира рачунарску интеграцију свих активности развоја и реализације производа, па се последњих година све чешће користи и одредница **интегрисани развој производа и процеса** (енгл. *Integrated Product and Process Development*)

Концепт конкурентног инжењерства иницијално је замишљен као начин минимизације времена развоја производа. Међутим, данас интерпретације овако постављеног проблема крећу се од скромног повећања продуктивности до потпуне аутоматизације процеса и пословања. Оно што се може извући као заједнички именитељ било ког приступа који третира ову проблематику јесте промовисање паралелних процеса и поступака уместо дуготрајних и скувих линеарних.

Према једној од многобројних дефиниција, **конкурентно инжењерство представља приступ интегрисаном развоју сложених производа, којим је омогућено истовремено одвијање свих релевантних активности, поступака и процеса, укључујући производњу и пословање, над моделом производа**. На овај начин интегришу се сви елементи животног циклуса производа од идеје до уништења, укључујући висок квалитет, ниске трошкове, кратке рокове и посебне захтеве потрошача.

Овако дефинисан концепт конкурентног инжењерства јасно истиче истовременост процеса конструисања, анализе, производње и укупног праћења производа. То значи да се многи од поменутих процеса и функција могу одвијати паралелно, чиме се значајно утиче на скраћење времена од идеје до појаве производа на тржишту. Циљ таквог понашања је брз одговор на захтеве свих учесника у ланцу и испуњавање очекивања крајњих корисника. До реализације постављених циљева у оваквом приступу долази се кроз наглашен тимски рад у свим фазама развоја и израде новог производа.

2.1.1 Утицајни фактори концепта конкурентног инжењерства

Треба приметити да концепт конкурентног инжењерства не искључује уобичајне фазе развоја и израде производа, већ елиминише њихово секвенцијално извођење. Дакле, у једном тренутку могуће је и чак обавезно извршавање различитих задатака усмерених ка реализацији производа. У оквиру таквог паралелног одвијања већег броја релевантних активности могу се издвојити следећи кључни утицајни фактори који одређују меру успешности и имплементације концепта конкурентног инжењерства:

- | | |
|--------------|---------------|
| - стручњаци | - технологије |
| - задаци | - време и |
| - тимски рад | - алати |
| - технике | |

Стручњаци

Конкурентно инжењерство наглашава битну улогу људи ангажованих на реализацији предвиђених послова. Другим речима, читав концепт је усмерен да испуни захтеве тржишта, али тако да се постављени задаци одвијају на што природнији начин који погодује људима који их испуњавају (хумано-центрични приступ). Стручњаци се за такав начин рада морају посебно обучити да би се укупни ефекти могли максимизовати.

Задаци

Задаци које решавају стручњаци дефинишу се кроз декомпозицију конструкционо-технолошко-производних проблема везаних за дати производ. То се чини са становишта оптималног упошљавања свих тимова и појединаца у оквиру њих.

Тимски рад

Посебно важан аспект приликом дефинисања задатака реализације производа односи се на тимски рад. Све активности везане за поменуте задатке, као и проблеми који се при томе јављају изводе се и решавају тимски. Ангажовани стручњаци сродних профила организују се у тимове што им омогућава велику ефикасност у раду и олакшава комуникацију. **При томе је од великог значаја и координација између различитих тимова, као и међусобна комуникација.** Интернет окружење у том смислу пружа посебне погодности.

Технике

Технике које се у овом контексту користе, најчешће су повезане са рачунарском технологијом. Оне се односе на начине генерисања цртежа и документације, начине прорачуна и тестирања, израду појединачних делова и читавих склопова, комуникацију и сл.

Технологије

Конкурентска способност се, између осталог, огледа и кроз врсту и ниво примењених технологија током животног циклуса производа. Окосницу свих њих чине, свакако, рачунарске технологије. При томе се не мисле на примену рачунара само у смислу рада са „CAD/CAM“ и сличним софтверима, већ и на оне области примене који се тичу управљања производним машинама и осталом опремом, брзе израде прототипова, мерења и контроле, комуникација итд.

Време

Читав концепт конкурентног инжењерства осмишљен је са становишта скраћивања циклуса конструисања и производње новог производа. У том смислу време је значајан фактор којим се мери успешност савремених компанија. Стога се реинжењеринг конструкционих и производних процеса, као и обука стручних кадрова који треба да раде у новим условима, постављају као императиви усмерени ка постизању задатих циљева.

Алати

Основни алати који омогућавају имплементацију концепта конкурентног инжењерства односе се на софтвер, хардвер и рачунарске мреже. Тим алатима спроводи се практична реализација циљева великих, мултинационалних, компанија, у погледу сопственог функционисања и рада на пројектима у које је укључен већи број партнера.

У традиционалним приступима развоју и реализацији производа потребно је да геометрија производа буде у потпуности, или готово у потпуности, дефинисана да би се прешло на следећу фазу. Насупрот томе, концепт конкурентног инжењерства наглашава и потенцира могућности рада са приближним моделима.

Правилном декомпозицијом задатака, уз смишљено задавање основних параметара и ограничења нових производа, ствара се основа за паралелно одвијање већег броја процеса, који су међусобно мање зависни. На тај начин се омогућава свим учесницима у развоју и реализацији производа да скоро истовремено започну решавање својих задатака. Резултат таквог рада је смањење укупног напора уложеног током животног циклуса производа, уз задовољење захтева потрошача и партнера у индустрији.

2.1.2 Суштински принципи концепта конкурентног инжењерства

Концепт конкурентног инжењерства заснован је на следећим суштинским принципима:

- рано откривање проблема
- рано доношење одлука
- структурисање послова
- тимски рад
- примена знања
- међусобно разумевање
- власништво
- постојаност сврхе

Рано откривање проблема

Проблеми откривени у раним фазама развоја производа (поготову у првих 20% животног циклуса) много се лакше решавају него они који се детектују касније. Треба приметити да је време веома битан фактор у концепту конкурентног инжењерства. Истраживања су показала да је приближно 80% укупних трошкова током животног циклуса производа условљено одлукама донетим у оквиру првих 20% тог циклуса.¹

Рано доношење одлука

Одлуке које се тичу значајнијих измена на производу лакше је и јефтиније доносити у раним фазама, него касније, када то често није изводљиво

Структурисање послова

Већи степен независности између појединих задатака и фаза у развоју производа постиже се правилним структурисањем послова и адекватним организовањем радног окружења.

Тимски рад

Поједине елементе пројекта решавају различити тимови или појединци у оквиру једног тима. Од велике је важности постићи висок ниво колаборативности и поверења да би преузети задаци и одговорност за њихову реализацију били изведени на начин који омогућава производњу финалног производа као функционалне, складне и оптималне целине.

Примена знања

Немогуће је створити систем опште намене заснован на знању који има могућност да решава сложене задатке пројектовања и израде производа. Зато је неопходно комбиновати могућност софтверских система за ту намену са знањем које поседују стручњаци. Формализовање специфичних знања имплементира се путем тзв. „модуларних експертних система“, примењено и уграђено знање је део укупне дефиниције производа.

¹ Наведена релација представља тзв. „Паретово правило“ или „Правило 80/20“. Предложио га је Joseph Juran, назвавши га према италијанском научнику који се звао Vilferdo Pareto, а који је приметио да 80% укупног капитала у Италији, поседује само 20% популације. То се начело често користи насумице у решавању разних проблема, а да притом примењивост правила није у сваком случају и доказана. Без обзира на то што представља само метафору, треба истаћи да Паретово правило подстиче свест о томе да у готово свим областима живота постоји неравнотежа између узрока и последица.

Међусобно разумевање

Ефикасност тимова зависи у великој мери од способности вође тима да „правим људима додели праве послове, доброг међусобног информисања (о стању на пројекту) и прихватања одговорности за преузете задатке.

Власништво

Висок ниво ентузијазма током развоја производа тимови одржавају и кроз јасан систем ауторизације и власништва предложених и изведених решења.

Постојаност сврхе

Постављени циљеви се лакше реализују уколико постоји јасно дефинисана сврха рада на пројекту. Суштина је што брже и квалитетније развити и реализовати производ који задовољава захтеве тржишта, не потенцирајући, при том, ниједну фазу развоја или коресподентни тим посебно. Пажњу треба усмерити ка конзистентно постављеним циљевима.

Савремени *CAD/CAM* системи, пројектовани су тако да у свом домену поседују јединствену базу података, односно програмско језгро, са свим информацијама о моделу производа и процеса. Из ње се ишчитавају сви подаци неопходни за рад модула *CAD/CAM* система и осталих модула за управљање животним циклусом производа.

Различити тимови стручњака током свог рада користе основни геометријски модел производа, стварајући над њим друге специфичне моделе, као што су инжењерски, производни и други. Информационе дефиниције таквих специфичних модела, памте се у програмском језгру, као и везе међу њима. Такође, памти се и свака интервенција корисника над било којим моделом. Захваљујући томе, све измене се аутоматски одсликавају у свим сегментима пројекта. У суштини, заједничка база података о моделу производа користи се током читавог животног циклуса производа: од идеје до уништења.

Савремене *CAD/CAM* технологије своје функционисање и развој базирају на концепту конкурентног инжењерства. Другим речима, усмерене су ка испуњавању инжењерских потреба задовољења суштинских захтева развоја и реализације производа у оквиру глобалног тржишта.

Треба нагласити да наведени концепт представља окосницу концепата, методологија, технологија и филозофија које се данас примењују и указују на правце даљег развоја модерног инжењерства. Свакако, конкурентно инжењерство није једини, али је свакако једини, али је свакако један од најзначајнијих концепата у области рачунарског развоја производа и, шире, рачунаром подржане производње и пословања.

**Слика 2.1***Конкурентно инжењерство-илустрација*

2.2 Управљање животним циклусом производа - *PLM* системи

Управљање и континуална подршка свим подацима о производу, процесима и активностима током целокупног животног века неког производа се дефинише као управљање животним циклусом производа - *PLM* (енгл. *Product Lifecycle Management*) [2].

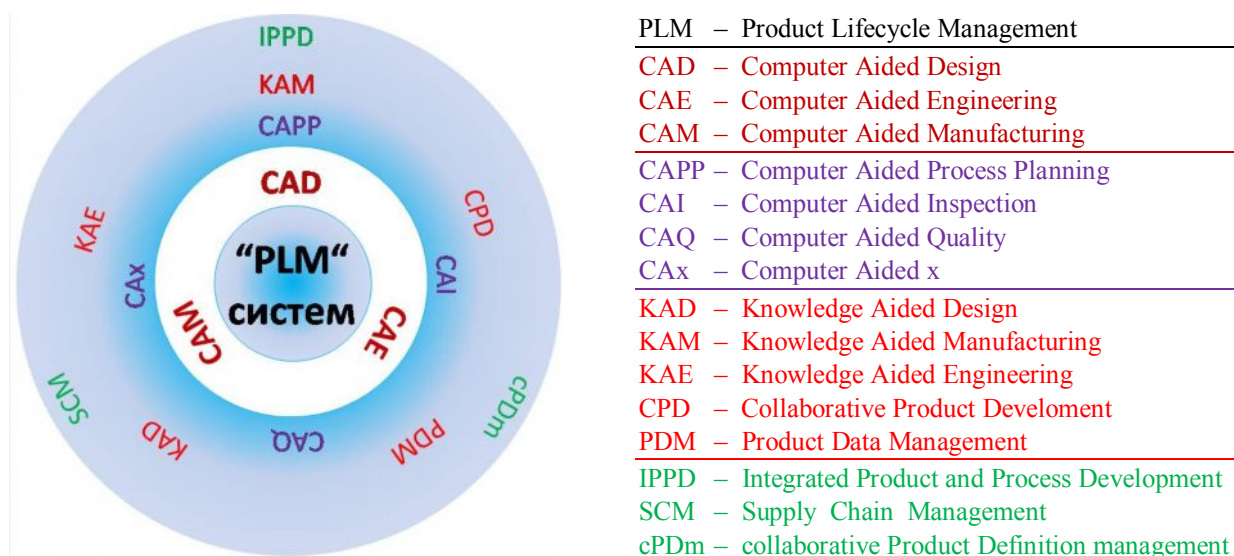
PLM је посебан пословни приступ управљању током креирања и праћења инжењерских и других података о производу током животног циклуса производа. У оквиру *PLM* акценат је на процесима који креирају и користе податке о производу. Значај *PLM* је данас све већи, посебно код производних компанија, напредних технологија и, од скоро, у услужним делатностима. Комплексни производи захтевају константну сарадњу великог броја различитих експерата, а информације о њима морају да се размењују најбрже могуће, без грешке и аутоматски, у електронском облику и то са високим нивоом информационе безбедности. Увек је важно да се познаје комплетан животни циклус неког производа. Зато је за учесника у развоју (одржавању) неког производа, од пресудне важности да разуме све процесе који су блиско повезани са развојем производа и његовим одржавањем. Исто тако је важно да се познају све активности свих учесника који су укључени у процес развоја производа. Независно од структуре и типа производа, може се идентификовати шест општих фаза у развоју производа, и то су: пословна идеја о будућем производу, управљање захтевима, развој, производња, експлоатација и одржавање производа, и расхоровање. [3].

Осавремењен развој производа и производње један је од најважнијих предуслова успеха и опстанка на светском тржишту. То, између осталог, подразумева примену разних софтверских алата и технологија, међу којима алати и технологије за аутоматизацију пројектовања, анализе, тестирања и израде производа заузимају кључно место. Ови софтверски алати данас се описују скраћеницом *PLM* систем (енгл. *Product Lifecycle Management system*), која означава свеукупност алата и технологија за аутоматизацију пројектовања машинских конструкција и њихову израду. У овом случају се термин „пројектовање“ прихвата у најширем смислу и односи се на све аспекте, од идеје, до појаве производа на тржишту, па у том контексту треба схватити и термин „управљање“. То значи да поред софтверских алата, технологија и система за директан развој производа и процеса израде, *PLM* системи подразумевају подршку пословним и осталим пратећим активностима везаним за животни циклус производа.

То значи да да се обезбеђивање концептуализације, конструисања, укупног развоја, производње и пословања везаног за производ, изводи скупом софтверских алата везаних за реализацију суштинске пословне стратегије везане за управљање животним циклусом производа. Ова стратегија и софтверски систем стварају основу за увид и праћење информација и података о производу и процесима, али и шире и конзистентно коришћење инжењерских, производних и пословних знања током читавог животног циклуса производа. У колаборативно управљање животним циклусом производа укључени су сви развојни, производни и пословни тимови, као и пословни партнери, кооперанти, добављачи и купци путем рачунарских мрежа.

Данашњи *PLM* системи поседују мноштво разнородних модула који функционишу као целина на јединственој програмској платформи. Међутим, конкретни инжењерски проблеми не захтевају употребу свих расположивих модула, већ само смислено одређену комбинацију једног броја тих модула. Сваки такав скуп модула *PLM* система назива се *PLM* решење. [4]

2.2.1 Софтверски алати, концепти и стратегије *PLM* система



Слика 2.2

Софтверски алати, концепти и стратегије PLM система

Окосницу *PLM* система чини интеграција софтверских алата који се везују за поједине фазе развојног циклуса:

- пројектовање помоћу рачунара (енгл. *Computer Aided Design - CAD*)
- рачунаром подржан инжењеринг (енгл. *Computer Aided Engineering – CAE*)
- рачунаром подржана производња (енгл. *Computer Aided Manufacturing – CAM*)

Интеграција наведених софтверских алата, скраћено се назива *CAD/CAE/CAM* системи. Са друге стране, рачунаром подржан инжењеринг, иако јасно дефинисана научно-техничка дисциплина, често се сматра за једну од етапа у пројектовању производа, па се стога софтверски системи који обједињавају наведене технологије и алате, уобичајено називају *CAD/CAM* системи.

2.2.1.1 Пројектовање помоћу рачунара

(енгл. *CAD – Computer Aided Design*)

Системи за пројектовање помоћу рачунара или *CAD* системи представљају скуп софтверских алата и технологија који инжењерима пружа низ погодности током рада на развоју конструкције производа. Те се погодности огледају у аутоматском извођењу конструкторских операција, као што су исцртавање линија, формирање тела, модификације, рад са базама стандардних елемената, размена цртежа и просторних модела и сл. Данашњи *CAD* системи за пројектовање машинских конструкција махом су засновани на тродимензионалном моделирању, пружајући конструкторима пуну природност и флексибилност у раду. Ефекти примене ових система огледају се, пре свега, у повећању ефикасности, креативности и квалитета.

2.2.1.2 Рачунаром подржан инжењеринг

(енгл. *CAE – Computer Aided Engineering*)

Пре започињања развоја технологије израде производа, или паралелно са тим активностима, упутно је извршити неопходне анализе и симулације понашања производа у експлоатационим условима. За то се користе системи за рачунаром подржан инжењеринг или *CAE* системи. Они се састоје од низа софтверских алата за анализе симулирања физичких карактеристика будућег производа. Као карактеристичне могу се издвојити напонске, термичке и кинематске.

Поред наведених функција, *CAE* системи омогућавају извођење поступака оптимизације конструкције за задата ограничења. Сви резултати и варијантна решења веома се јасно визуелно приказују на монитору рачунара, указујући пројектанту на могуће недостатке, али и правце њиховог отклањања.

2.2.1.3 Рачунаром подржана производња

(енгл. *CAE – Computer Aided Manufacturing*)

Након коначног завршетка развоја конструкције производа неопходно је приступити његовој производњи. У светлу рачунарске подршке и интеграције релевантних производних функција и активности, за ову намену користе се *CAM* системи, односно софтверски системи рачунаром подржану производњу. Најчешћа област примене ових система је пројектовање и симулација обрадног поступка и генерисање програма за нумерички управљане машине алатке. Поред ових *CAM* системи покривају велики број функција и активности, које припадају различитим областима производних система, техника и технологија. Тако се на основу *CAD* модела производа, могу изводити операције везане за праћење и управљање процесима, управљање производном и помоћном опремом и сл.

Како би се корисницима омогућио интегрисан интегрисан развој производа и процеса, што укључује и интензивну комуникацију између различитих учесника у компонентним активностима, *PLM* системи треба да поседују и додатне софтверске алате. Као подршка главним софтверским алатима и основ за интеграцију конструкторско инжењерских активности са производним и пословним, постоји већи број рачунаром подржаних техника и технологија. Међу њима посебно се издвајају:

- Пројектовање технологије помоћу рачунара
- Контрола производа помоћу рачунара
- Рачунаром подржан квалитет производа и
- Рачунаром подржане остале конструкторско-производне технике и технологије

2.2.1.4 Пројектовање технологије помоћу рачунара

(енгл. *CAPP – Computer Aided Process Planning*)

Пројектовање технолошких поступака представља једну од основних категорија активности планирања процеса.

Пројектовање технолошких поступака помоћу рачунара подразумева аутоматско препознавање радних комада, односно геометријских модела производа, пре свега у технолошком смислу и спрезање геометријских и технолошких карактеристика са параметрима израдног система. Другим речима, ови системи омогућавају аутоматско генерисање технолошког поступка, са свим неопходним елементима, параметрима и вредностима, за израду производа.

2.2.1.5 Систем за контролу производа и процеса помоћу рачунара

(енгл. *CAI – Computer Aided Inspection*)

У циљу испуњавања захтева конструкције у погледу тачности, квалитета и функционалности, неопходно је вршити адекватну контролу релевантних величина. Скуп софтверских алата којима је омогућена интеграција свих активности везаних за контролу производа и процеса, познат је под називом систем за контролу производа и процеса помоћу рачунара или *CAI* системи. Њиме су обједињене многе технике и технологије које се практикују у оквиру инжењеринга квалитета, као што су статистичка контрола процеса, потпуна контрола, примена нумерички управљаних мерних машина, контролне карте и сл.

2.2.1.6 Рачунаром подржан квалитет производа

(енгл. *CAQ – Computer Aided Quality*)

CAQ системи оријентисани су ка имплементацији систематских процедура које обезбеђују постизање и одржавање високог нивоа квалитета производа. Они пружају могућност примене и симулације разних концепата, стратегија и приступа који се примењују у циљу задовољења захтева купаца, исказаних кроз квалитет и функционалност производа, још у фази пројектовања.

2.2.1.7 Рачунаром подржане остале технике и технологије

(енгл. *CAX – Computer Aided x*)

Поред наведених рачунаром подржаних техника и технологија постоји и читав низ других које се данас, у већој или мањој мери, примењују у индустријској пракси. За све њих се користи општи назив рачунаром подржане технике и технологије или *CAX* системи. Као пример ових система може се навести рачунаром подржано инверзно инжењерство или *CARE* системи (енгл. *CARE – Computer Aided Reverse Engineering*). Ови системи наглашавају везу између нумерички управљаних мерних машина (енгл. *CMM – Coordinate Measuring Machines*) и *CAD* система, у смислу генерисања тродимензионалних модела на основу резултата мерења помоћу *CMM*. То значи да се рачунарски модел производа ствара на основу већ готовог производа.

Са становишта пуне интеграције свих релевантних активности развоја производа и процеса, а посебно са становишта планирања и управљања производно-пословним и ресурсима знања (интелектуалног капитала фирме), неопходан је и следећи скуп софтверских алата:

- Знањем подржано пројектовање
- Знањем подржан инжењеринг
- Знањем подржана производња
- Колаборативан развој производа и
- Управљање подацима о производу

2.2.1.8 Знањем подржано пројектовање, инжењеринг и производња

(енгл. *KAD/KAЕ/KAM – Knowledge Aided Design/Engineering/Manufacturing*)

Софтверски алати који омогућавају реализацију технологија знањем подржаног пројектовања, инжењеринга и производње - *KAD/KAЕ/KAM* системи, најчешће су интегрисани у *PLM* системе или представљају део стандардних алата за развој апликација (на пример „C++“, „Visual Basic“, Java и сл.). За разлику од *CAD/CAЕ/CAM* система, *KAD/KAЕ/KAM* технологије усмерене су ка моделирању кључних карактеристика производа које репрезентују знање и интенцију конструктора, инжењера и технолога, а не ка генерисању основне и детаљне геометрије, анализа и планова израде. Применом ових технологија, не само да се бележи, чува и одржава интелектуални капитал производно-пословног система, већ се значајно скраћује време детаљне разраде производа, смањују укупни трошкови, скраћује време израде, и т.д.

2.2.1.9 Колаборативан (заједнички) развој производа

(енгл. *CPD – Collaborative Product Development*)

Колаборативан развој производа означава производну стратегију која дефинише тимски рад две или више фирми током развоја и реализације производа. Сарадња између тимова обезбеђује се, примарно, путем рачунарских мрежа и софтверских алата који пружају могућност, како прегледа стања развоја производа и потреба реализације, тако и интерактивни рад на заједничком отклањању проблема и усаглашавању захтева.

2.2.1.10 Управљање подацима о производу(енгл. *PDM – Product Data Management*)

Аутоматско прикупљање и управљање подацима и информацијама о производу у *PLM* системима изводи се кроз модуле везане за управљање подацима о производу - *PDM* систем. Ови системи представљају основну платформу за интеграцију људи и процеса, односно колаборацију у оквиру целокупног развојно-производно-пословног окружења. Њима се прате токови развоја и реализације производа, управља се ланцима снабдевања, осигурава поштовање стандарда, подиже укупна ефикасност, постиже економска оправданост и исплативост, као и конкурентска способност фирме.

Применом свих ових софтверских алата, технологија и система стварају се могућности за реализацију најсавременијих концепата, стратегија и приступа који данас карактеришу брз и квалитетан развој производа. То су између осталих:

- Интегрисан развој производа и процеса
- Управљање колаборативним развојем производа
- Управљање ланцима снабдевања

2.2.1.11 Интегрисани развој производа и процеса(енгл. *IPPD – Integrated Product and Process Development*)

Интегрисани развој производа и процеса је концепт управљања који обједињује све суштинске активности мултидисциплинарних тимова током развоја и оптимизације производа, процеса израде, пословних и помоћних процеса. Његову основу чине софтверски системи за пројектовање, анализу, производњу и пословну подршку колаборативног развоја производа, коју различити тимови користе истовремено.

2.2.1.12 Управљање колаборативним развојем производа(енгл. *cPDm – collaborative Product Definition management*)

Управљање колаборативним развојем производа представља стратешки пословни приступ којим се усмеравају и обједињавају активности између различитих тимова и компанија, укључујући пословне партнере, кооперанте, добављаче и купце.

2.2.1.13 Управљање ланцима снабдевања(енгл. *SCM – Supply Chain Management*)

Управљање ланцима снабдевања, означава пословну стратегију оријентисану ка координацији робних, информационих и финансијских токова међу учесницима развоја и реализације производа

Као посебано значајан сегмент информационих технологија, који има огроман утицај на развој аутоматизације поступака развоја и реализације производа и процеса, као и укупног пословања савремених производних система, треба истаћи глобалну рачунарску мрежу, односно Интернет. Путем Интернета превазиђен је један број потешкоћа у организовању, спровођењу и реализацији инжењерских задатака. Са друге стране, ова технологија је изазвала појаву неких нових конструкторско-производно-пословних концепата:

- Колаборативно пројектовање
- Дистрибуирани производни системи
- Интернет пословање и сл.

Значај Интернет технологија у контексту *PLM* система огледа се у обезбеђивању могућности компанијама које учествују у развоју и реализацији производа да приступе релевантним подацима и информацијама „свуда и у сваком тренутку“.

2.2.2 Основни принципи *PLM* система

Аутоматизација пројектовања у машинству омогућила је превођење конструкторских и пројектантских активности из традиционалних у савремене, тзв. „електронске“ приступе.

Традиционални приступ подразумевао је развој конструкције производа уз помоћ „папира и оловке“. То је значило да су конструктори своје идеје и детаљне разраде појединих елемената и читавих склопова изводили на цртаћим таблама, уз незнатно коришћење рачунара у ту сврху. При томе, чак и у случајевима веће примене рачунара и одговарајућих програмских алата, изостајала је шира повезаност и обједињеност свих етапа пројекта. Дакле, традиционални приступ се одликовао или потпуним изостанком аутоматизације пројектовања, или спорадичном и информатички неповезаном применом рачунара током појединих етапа укупног развоја производа и пратећих процеса.

Са друге стране „електронске“ приступе одликује широка примена рачунара и одговарајућих програмских алата. Данас се овакви приступи искључиво подразумевају. Штавише, остваривање савремених концепата индустријске праксе, незамисливо је без аутоматизације свих сегмената развоја, од идеје до пласирања производа на тржишту, па све до краја његовог века



Слика 2.3
Традиционални приступ пројектовању



Слика 2.4
Савремени приступ пројектовању

PLM системе, као системе са највећим степеном аутоматизације и интеграције конструкторско-производно-пословних функција, одликује неколико основних принципа. Они чине кључ остваривања концепта интегрисаног развоја производа и процеса на конкретан и ефикасан начин. Рад *PLM* система заснива се на:

- креирању модела
- примени моделских форми
- параметарском дефинисању моделских форми и модела
- примени односа „родитељ-дете“
- примени релација
- асоцијативности модела и
- визуелној комуникацији

Ови основни принципи примењени су у свим *PLM* системима који се данас нуде на тржишту, као и у парцијалним *CAD/CAE/CAPP* и *CAM* подсистемима. Такође, ове принципе поштују и произвођачи програмских система и алата за размену података између различитих информационалних и програмских платформи – тзв. системи за интеграцију апликација.

2.2.2.1 Креирање модела

Код савремених начина пројектовања помоћу рачунара полази се од раванске пројекције основног тродимензионалног облика производа који се моделира. У даљем поступку стварања модела додају се остали геометријско-технолошки ентитети којима се постиже крајња форма производа. Савремени *CAD/CAM* програмски пакети поседују посебне модуле за скицирање основних идеја конструктора, које се током рада могу лако мењати и дорађивати. То значи да пројектант није од самог почетка оптерећен димензијама производа, већ стварањем његовог облика, а тек након тога уводи димензионална и остала функционална ограничења која одликују дати производ. Овакав приступ суштински мења приступ пројектовању кроз:

- олакшавање извођења активности везаних за стварање модела производа
- већу флексибилност у раду
- подизање нивоа креативности
- подизање нивоа ефективности
- смањење трошкова развоја производа
- већу природност при раду
- примену кључних принципа модерног инжењерства, и тд.

Суштина савременог приступа и поступака развоја производа и процеса помоћу рачунара огледа се у стварању модела. У различитим фазама развоја, модел има различито специфично значење. Оно је повезано са карактеристикама и потребама активности које се спроводе у циљу стварања готовог производа. У том контексту може се навести следећа генеричка дефиниција модела:

Модел је рачунарска представа (репрезентација) реалног производа или процеса.

Ова дефиниција је општег карактера и има за циљ да укаже, како на нематеријалну страну модела, тако и на настојање постизања што реалније представе будућег производа или процеса. Тиме се истичу претпоставке везане за имплементацију концепата модерног инжењерства и испуњење захтева тржишта, у смислу брзе, ефикасне и свеобухватне реализације пројекта.

Као што је већ наведено, свака фаза развоја производа и процеса има своје специфичности, које на посебан начин истичу особености модела који током њих настаје. Основни модел који се користи током свих фаза развоја производа и процеса, и шире, током читавог животног циклуса производа, јесте геометријски модел.

Геометријски модел је рачунарска представа геометријских, димензионих и тополошких карактеристика производа.

Стварањем геометријског модела обезбеђују се услови за читав низ анализа и провера. Њима се симулирају експлоатационе карактеристике производа, кроз задавање реалних ограничења. Тиме се отклањају могућности превиђања недовољно добрих решења, односно постиже се формирање оптималне конструкције, уз задовољење захтева сигурности коришћења производа у реалним условима. Такав модел, настао на основу геометријског, назива се *инжењерски модел*.

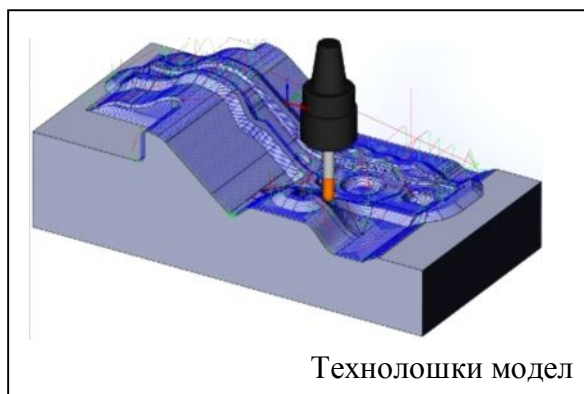
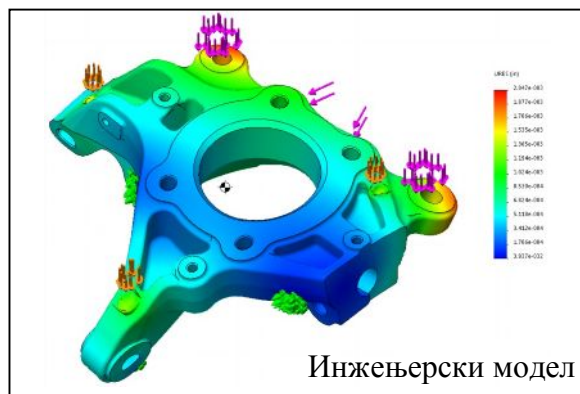
Инжењерски модел је рачунарска представа кинематских, структурних, термичких и функционалних карактеристика производа.

Кроз пројектовање технолошких поступака обраде помоћу рачунара, могу се у највећој мери симулирати стварни услови израде производа. То се пре свега, односи на путање алата, режиме обраде и спречавање могућности интерференце алата са осталим елементима обрадног система. Сем тога, омогућена је провера и оптимизација програма за нумерички управљане машине алатке, који се аутоматски генеришу и чине део технолошког модела.

Технолошки модел је рачунарска престава карактеристика технолошких поступака израде производа.

Коначно, за симулацију и проверу читаве производње, неопходан је производни модел који садржи све релевантне карактеристике неопходне за управљање производном опремом и процесима

Производни модел је рачунарска представа производних и управљачких карактеристика поступака производње.



Слика 2.5
Врсте модела

Да би се креирао модел производа или процеса неопходно је испоштовати одговарајуће поступке и процедуре. Они су усмерени ка дефинисању, како општих, тако и специфичних карактеристика модела у појединим фазама развоја. Читав процес назива се моделирање и дефинише се на следећи начин:

Моделирање је процес стварања модела кроз дефинисање његових геометријских, димензионих, тополошких, инжењерских, технолошких и производних карактеристика.

До сада изнете основне карактеристике *PLM* и *CAD/CAM* система указују да је развој новог производа, процеса израде и пратећих процеса занован на стварању компонентних рачунарских модела, као организованих скупова релевантних података и информација. Може се приметити да је овако дефинисан модел знатно различит од класичних цртежа и остале техничко-технолошке документације која у традиционалним приступима прати и дефинише развој и реализацију производа и процеса.

CAD системи који омогућавају запреминско моделирање суштински се разликују од система за цртање. Код цртања конструктор је од самог почетака стварања конструкције усредсређен на поштовање исправних димензија, немајући, при том, потпуни увид у њену просторну представу. Може се рећи да је конструктор оптерећен линијама и котама, губећи понекад нит производних, технолошких, естетских и других ограничења. У оваквом приступу конструкција се моделира на основу цртежа, односно, модел реалног објекта се изводи из цртежа.



Слика 2.6

Класични приступ пројектовања производа у „PLM“ програмским пакетима

Основна карактеристика класичног поступка развоја конструкције, без обзира да ли се тај поступак изводи ручно или уз помоћ одговарајућег *CAD* пакета, кроз стварање техничких цртежа склопа и свих саставних елемената, садржана је у детаљној и прецизној разради сваког елемента и конструкције у целини, готово од самог почетка, односно рађања идеје. Наиме, идеја о конструкцији се најчешће иницијално забележи као низ скица, али се одмах потом прелази на стварање детаљних техничких цртежа, којима се пре свега, прецизно дефинишу геометријске и димензионе карактеристике производа. Сама фаза скицирања може се изоставити, што је на слици 2.6 назначено испрекиданим линијама.

Овако формиран модел производа је дводимензионалне природе. Кориснику се, с тога, не пружа могућност лаког и брзог разумевања стварног, просторног, изгледа производа, нарочито ако се ради о недовољно технички образованој особи. То тим пре што технички цртежи садрже и мноштво помоћних линија, ознака и других техничких елемената који додатно могу отежати разумевање просторног изгледа производа. технички цртежи, свакако, не искључују примену изометријских или триметријских погледа, али се они у пракси веома ретко користе. Зато се јаснија представа о просторном изгледу производа стиче, заправо, тек након његове израде.

Применом модерних приступа пројектовању производа у *CAD* програмским пакетима, заснованих на примени концепата и методологија просторног моделирања, наведени проблеми и недостаци су отклоњени у највећој мери. Полазећи од скица, које се такође формирају помоћу рачунара, најпре се генеришу основни просторни геометријски облици, чијом се даљом манипулацијом ствара коначни тродимензионални облик производа,

Дакле, за разлику од цртања, моделирање се заснива на формирању коначног облика конструкције од тзв „чврстих запремина материјала“. Такав приступ је ближи реалности и природнији је са становишта практичне примене. Сем тога, он конструкторима, а посебно пројектантима, дозвољава велику флексибилност у раду. Суштина се огледа у дефинисању неопходних правила и ограничења која конструкција мора поштовати да би се задовољили постављени захтеви. Током скицирања пројектант може, али не мора, да уноси одговарајуће димензије елемената скице. При томе није оптерећен јасним постављањем кота и прецизним задавањем котних вредности, с обзиром да их током развоја конструкције може модификовати у било ком тренутку.

У поступку моделирања геометријски модел представља основу за даљу примену, употребу и манипулације. Сам геометријски модел настаје од елементарних геометријских тела и ентитета, односно од тзв. геометријских форми (енгл. „features“). Заправо, геометријске форме формирају појединачне делове конструкције, тј машинске елементе.

Њиховим спајањем у мање целине – подсклопове или у целе производе, склопове, настаје коначни облик конструкције. Тако креиран модел назива се виртуелни или дигитални производ.



Слика 2.7

Савремени приступ пројектовања производа у „PLM“ програмским пакетима

Примена и употреба модела започиње још у фази концептуалног развоја. Наиме, карактеристике *PLM* система омогућавају паралелан развој различитих врста модела у оквиру укупне дефиниције производа и процеса. Зато се одмах након формирања иницијалних геометријских карактеристика виртуелног производа приступа развоју осталих конструкционо-производних ентитета. То се посебно односи на структурну и друге анализе производа, пројектовање алата неопходних за производњу производа, пројектовање и симулацију технолошких поступака израде, израду Интернет презентација, генерисање техничке и производне документације и др. (слика 2.7).

2.2.2.2 Примена моделских форми

Модел се ствара помоћу моделских форми (енгл. features). Моделске форме се моделу додају кроз моделске операције. Неке моделске операције моделу додају, а неке одузимају материјал, док неке моделу додају неку посебну карактеристику, односно особину. Слично важи и за елементе и карактеристике инжењерских, технолошких и производних модела, па се може навести следећа општа дефиниција:

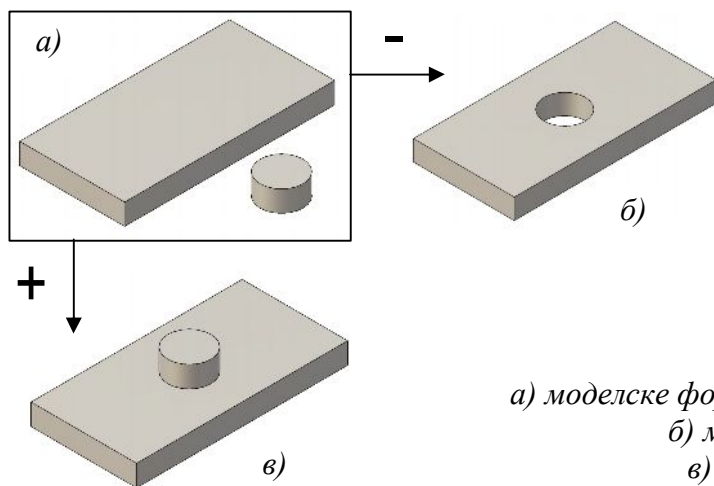
Моделска форма је елементарни геометријски, инжењерски, технолошки и произвољни облик и карактеристика, односно особина објекта који се моделира, од којих је сачињен и који га одликују.

У зависности од врсте модела на који се моделска форма директно односи, разликују се следеће основне врсте моделских форми:

- геометријске моделске форме
- инжењерске моделске форме
- технолошке моделске форме
- производне моделске форме и
- моделске форме знања

Да би се истакла суштина моделирања применом моделских форми, у овом одељку биће објашњен само елементарни поступак стварања геометријских модела, односно примена геометријских моделских форми. Производне моделске форме биће обрађене у посебном поглављу, док остале врсте моделских форми неће бити тема овог рада.

Помоћу геометријских моделских форми формирају се облик, димензије и тополошке карактеристике модела. Током моделирања оне се моделу увек додају. Међутим, неке моделу додају материјал, а неке одузимају. На пример, ако се моделској форми облика паралелопипеда дода моделска форма облика ваљка, кроз примену операције сабирања, добиће се модел са отвором. Уколико се пак, ваљак дода паралелопипеду, кроз примену операције сабирања, добиће се модел облика чепа.



Слика 2.8

Стварање модела

- а) моделске форме облика паралелопипеда и ваљка;
 б) модел добијен операцијом одузимања
 в) модел добијен операцијом сабирања

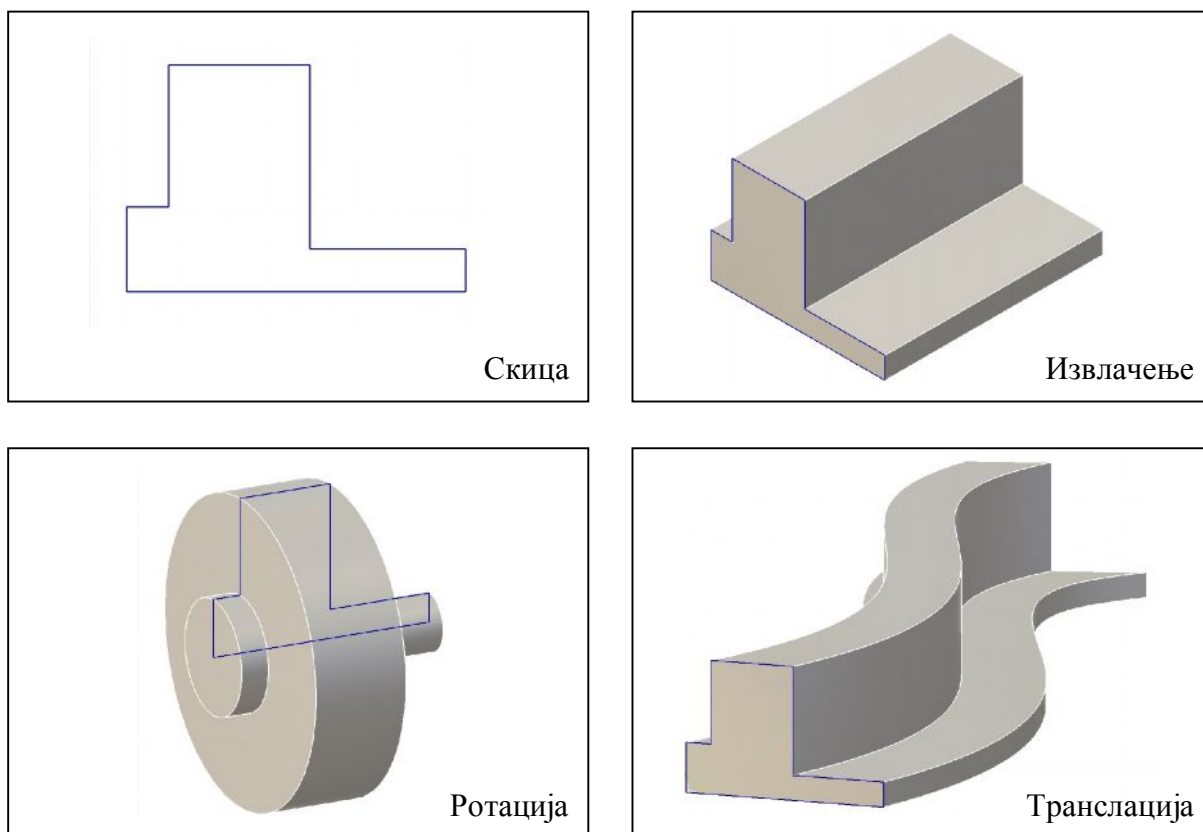
Број типских форми у моделу зависи од сложености самог модела, обучености и вештине корисника, као и од посебних захтева везаних за евентуалне касније модификације. У вези са последњим треба нагласити да се често препоручује креирање модела кроз већи број моделских форми, јер се на тај начин пружа већа флексибилност у каснијој примени и употреби модела.

Типичан пример за то је креирање репрезентата групне технологије на основу кога се, релативно једноставним поступком, кроз „укључивање“ и „искључивање“ појединих моделских форми, може брзо и ефикасно формирати читава фамилија делова.

Да би се створила моделска форма, ма ког облика, неопходно је претходно креирати скицу њене раванске пројекције. Раванске скице су основа за свако моделирање у простору. Могу се користити за дефинисање профила од којих се праве модели или као референце за друге геометријске информације. На пример, скица може бити оса око које се ротирањем неке друге скице добија одговарајућа моделска форма, или путања дуж које се врши додавање или одузимање материјала током моделирања производа, или скуп тачака које означавају центре отвора и сл. Скице се креирају у равни поступком који се назива скицирање. Током формирања скице могу се увести разне врсте ограничења и зависности којима се иста у потпуности дефинише. Сем тога, помоћу њих се може управљати евентуалним модификацијама и даљим применама. Ограничења и зависности уводе се над ентитетима скице, као што су линије, осе, тачке, координатни системи и сл. У складу са наведеним може се навести следећа дефиниција скице:

Скица је равански дводимензионални објекат који представља профил, тј. раванску пројекцију основног облика моделске форме, референтна линија или скуп геометријских ентитета којима је дефинисано правило генерисања моделске форме.

Помоћу једне скице може се добити више моделских форми, како је то илустративно приказано на *слици 2.9*.



Слика 2.9
Моделске форме настале од једне скице

За дефинисање геометријских моделских форми није увек неопходна скица. Кружни отвори, заобљене и оборене ивице, ливачки и ковачки нагиби и сличне моделске форме настају везивањем на већ формираним моделским формама, уз задавање додатних димензионих ограничења. Међутим, ове моделске форме не могу постојати, независно од својих носилаца, односно „родитеља“.

Формирање осталих моделских форми не захтева скицирање, већ дефинисање скупа параметара или процедура који их одликују.

Формирање модела производа и процеса применом моделских форми (енгл. *feature-based modeling*) пружа висок ниво флексибилности током моделирања, обезбеђујући при том, природност у раду. Сем тога, на овај начин се директно остварују кључни инжењерски приступи концептуалног, конкурентног и бихејвиористичког пројектовања производа и процеса.

2.2.2.3 Параметарско дефинисање моделских форми и модела

Све геометријске, инжењерске, технолошке и производне карактеристике модела чувају се као променљиве, односно параметри модела. Параметри могу бити:

- системски и
- кориснички

Системске параметре задаје *CAD/CAM* систем аутоматски на основу интерне дефиниције моделске форме. Називи параметара зависе од система до система, али се могу променити и ускладити са потребама корисника. Формирани су тако да једнозначно дефинишу сваку моделску форму.

Понекад системски параметри нису довољни или нису у потпуности погодни за примену у конкретном инжењерском проблему. Тада корисник уводи нове параметре сагласно потребама. Такви параметри се називају кориснички параметри.

Сваки параметар има своју вредност која припада одређеној категорији: целобројна, реална, знаковна, логичка, физичка (маса, време, густина, притисак), геометријска (дужина, угао, пречник) и сл. Вредности параметара се задају :

- **системски**, што значи да их сам *CAD/CAM* програмски пакет аутоматски задаје приликом скицирања или дефинисања, сагласно уграђеном систему јединица. Јединицу *CAD/CAM* програмског пакета, корисник може, сходно својим потребама, прогласити за милиметар, центиметар или неку другу јединицу мера;
- **директно**, уношењем одговарајућих вредности на захтев *CAD/CAM* система или учитавањем из базе података;
- **индиректно**, путем функционалних, односно, релационих зависности.

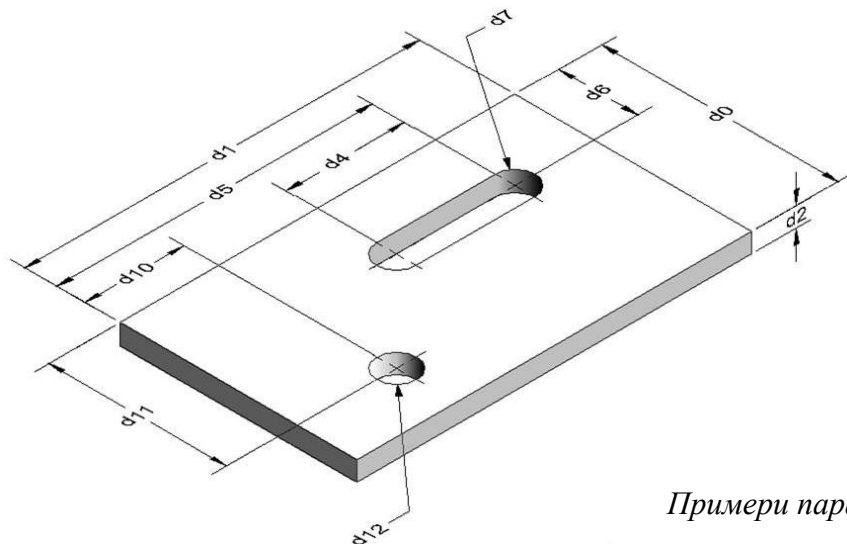
Тип и број параметара који дефинишу једну моделску форму зависи од врсте типске форме која се формира, као и од параметара основног профила. На пример, дуж је одређена својом дужином, правоугаоник са два дужинска параметра, кружница координатама центра и пречником, угао својим параметром итд. То значи да моделска форма облика правоугаоне призме има три параметра: два која дефинишу основни профил и један који дефинише висину призме. Уколико се геометријском моделу додели материјал, као физичка моделска форма, тада се аутоматски додељују и параметри који описују моделску форму материјала, као што су затезна чврстоћа, модул еластичности, густина и сл. Ти параметри могу се користити у инжењерским прорачунима.

Вредности параметара геометрије профила моделских форми задају се системски, одмах након скицирања, с тим што их конструктор по потреби може променити. Штавише, могућност промене вредности параметара у било ком тренутку развоја производа и процеса представља једну од најважнијих предности ове технике моделирања.

За генерисање просторног облика моделске форме на основу скице потребно је директно задати вредност барем још једног параметра на захтев *CAD* система. Директно задавање врши конструктор уношењем тражене вредности или преусмеравањем уноса на одређену базу података.

Један број вредности параметара може се задати и индиректно путем одговарајуће функционалне, односно релационе зависности којом је дефинисана вредност једног параметра у зависности од других параметара.

Могућност промене вредности параметара у било ком тренутку током процеса моделирања представља једну од најважнијих предности параметарског моделирања. При том, нарочиту пажњу треба обратити на начин и редослед задавања параметара модела да би се, касније, током модификација очувала основна намера конструктора и суштина конструкције производа.



Слика 2.10
Примери параметара моделских форми

2.2.2.4 Примена односа „родитељ-дете“

Запреминско моделирање је кумулативни процес, током кога се поједине моделске форме јављају, односно креирају, пре других. Оне које су формиране као следбеници својих претходника геометријски или димензионо су од њих зависне.

Зависност одређена редоследом формирања моделских форми или склапања делова у склоп и њиховом међусобном повезаношћу назива се однос „родитељ-дете“.

Однос „родитељ-дете“ (енгл. *parent-child relationship*) међу моделским формама које образују модел дела, као и међу деловима од којих се формира склоп, од велике је важности приликом запреминског моделирања производа. Модификација „родитељске“ моделске форме директно изазива прилагођавање свих моделских форми типа „дете“, док се обрнуто не дешава. Тиме моделске фирме типа „дете“ рефлектују промене „родитељских“ моделских форми, што се јасно одражава и на геометрију читавог модела. Стога посебну пажњу треба обратити на димензије „родитељске“ моделске форме да би се учињене модификације правилно извршиле у целом моделу.

За однос „родитељ-дете“ међу моделским формама запреминског модела производа од пресудне важности су:

- редослед формирања моделских форми
- међусобна повезаност моделских форми у моделу

Стога је од самог почетка моделирања неопходно правилно разрадити концепцију модела да би се у потпуности рефлектовале суштинске намере пројектанта, као и да би се искористиле све предности савременог приступа 3д моделирању производа, заснованих на примени моделских форми и њиховом параметарском опису.

2.2.2.5 Примена релација

Задржавање димензионих односа између појединих елемената профила моделских форми, као и између моделских форми у оквиру модела, остварује се задавањем функционалних, односно релационих зависности. Релацијама се дефинишу вредности зависно променљивих параметара модела на основу независно променљивих параметара. Избор зависно и независно променљивих параметара и типа, односно облика релације или функције, условљен је конкретним захтевима конструкције и искуством конструктора.

2.2.2.6 Асоцијативност модела

Савремени начин производње и пословања укључују велики број коопераната и добављача, који, свако са своје стране, користе различите програмске алате у свом раду. Разменљивост података између тих алата, а посебно између *CAD/CAM* или *PLM* система, треба да омогући произвођачима пуно коришћење погодности које ти алати и системи пружају приликом решавања појединих проблема везаних за развој производа и процеса. То значи да током размене података и информација не сме доћи до губитка или измене истих, већ оне треба да буду пренете у свом изворном облику и у пуној садржини. Оваква карактеристика програмских алата и система омогућава примену нових технологија без бојазни од губитка раније уложених средстава у постојеће системе, обезбеђујући на тај начин брз и квалитетан развој производа.

Поменути проблем губитка података и информација може се јавити приликом коришћења *CAD* модела који су креирани у неком *CAD* систему различитом од оног који је тренутно у примени. Слични проблеми могу настати и у модулима за напонску и термичку анализу или у модулима за аутоматско генерисање програма за *CNC* машине за обраду и монтажу. У данашњим *PLM* и компонентним системима тај проблем решава се на различите начине: коришћењем независних формата за развој података („*IGES*“, „*STEP*“ или сл.), развојем неопходних модула за размену података над интегралним управљачким механизмима *PLM* система, итд. Поред тога, велика се пажња усмерава ка развоју технологија за размену података између различитих система, како у форми појединачних делова, тако и склопова. Ове технологије су неопходне за генерисање потпуних инжењерских решења која се нуде применом *PLM* система.

PLM системи и концепти на којима су засновани обезбеђују одвијање процеса током развоја производа паралелно, односно истовремено (симултано), а веома ретко редно (секвенционално). То значи да се рад на развоју појединих конструкција може започети пре него што се заврши пројектовање неких компонентних, па и виталних делова. Тако, на пример, ливачки алати се могу конструисати и пре него што се у потпуности заврши рад на моделу производа који ће се у том алату лити, с обзиром да се читава конструкција или њени делови могу тренутно регенерисати када се унесу неопходне измене.

Системи који подржавају овакав вид размене података и информација називају се **асоцијативни *PLM* системи**. Подаци и информације из једног модула *PLM* система повезани су („асоцирани“) са подацима из другог модула на „интелигентан“ начин, па се стање модела у оквиру сваког модула аутоматски регенерише кад год се над моделом догоде промене. С обзиром да се многи процеси током развоја производа одвијају паралелно, тј. истовремено, имплементација концепта асоцијативности је од кључног значаја за ажурност стања производа. Тиме се обезбеђује не само приступ свим релевантним информацијама и подацима, већ и убрзавају њихови токови у оквиру целокупног производног окружења.

Потпуна повезаност различитих *PLM* система неопходна је за брз развој производа. Међутим, та повезаност је често ограничена на једноставно преношење података из система у систем које могу обезбедити:

- директни преводиоци
- стандардни формати („IGES“, „STEP“ или сл.) и
- неутрални формати записа (на нивоу података програмског језгра система)

Иако овакви приступи имају несумњиво добре особине, одликује их и озбиљно ограничење. Оно се огледа у немогућности директне, потпуне и тренутне размене геометријских и тополошких података модела производа, као и структуре склопова. Размена података на наведене начине не обезбеђује асоцијативност. То значи да се након учињених измена на моделу исти мора поново извести из *PLM* система и поново увести у други систем, ризикујући на тај начин губитак важних информација. Такве околности чине многе *PLM* системе затвореним и онемогућавају пројектанте да брзо и квалитетно обаве свој посао.

Да би испунили свој основни циљ (брз и квалитетан развој производа) *PLM* системи морају бити отворени за директну размену података и информација и повезивање са другим системима. Такви системи пројектантима пружају могућност да се у потпуности посвете развоју конструкције производа, усмеравајући своју енергију на пратеће стручне проблеме, а не трошећи је на проблеме везане за програмску и рачунарску опрему.

Технологије повезивања различитих модула *PLM* система, као и различитих компонентних система које се данас развијају требало би да се у употребу уведу у две фазе:

- 1) **интерно**, кроз демонстрацију функционисања у оквиру програмских производа једне фирме,
- 2) **екстерно**, дефинишући стандард за повезивање различитих *PLM* и компонентних система

Без обзира на све наведене недостатке поменутих приступа, на основу података из стручне литературе може се закључити да произвођачи *PLM* и компонентних система улажу знатне напоре да их превазиђу. За сада се може назрети решење које потенцира све добре стране досадашњих приступа, формирајући основу за решавање проблема ширег и комплетнијег повезивања и размене података и информација између различитих система. У садашњој фази развоја, таква решења остварена су на интерном нивоу појединих произвођача *PLM* система.

2.2.2.7 Визуелна комуникација

Визуелизација поступака развоја производа и процеса, која карактерише модерне *PLM* или парцијалне *CAD*, *CAE*, *CAPP*, *CAM* системе, у великој мери утиче на продуктивност, ефикасност, поузданост или квалитет.

Током процеса развоја производа јавља се потреба за приказивањем разних врста информација и података везаних, како за сам производ, тако и за процесе конструисања и производње, па и шире – рекламирања, дистрибуције и продаје. Један од предуслова за испуњавање захтева тржишта представља јасна и интуитивна (виртуелна) комуникација. У том смислу, размена геометријских, графичких и текстуалних података и информација о производу или процесу захтева квалитетно визуелно представљање. Комуникација између различитих развојних тимова и служби, као и интерних и екстерних партнера предузећа, подразумева издвајање (екстраховање), синтетизацију, пренос и припрему (апстраховање) за приказивање и даље коришћење података и информација из различитих хетерогених извора.

У контексту активне и пуне примене *PLM* система и начела савременог пословања, визуелизација представља концепт и технологију јасног, речитог и интуитивног приказивања свих актуелних резултата развоја производа и процеса. То се односи, како на актуелне резултате у разним међуфазама развоја, тако и на карактеристике финалног производа или процеса. При том визуелизација, као својеврсни интегратор, треба да обезбеди услове за колаборацију и управљање развојем производа и процеса коришћењем локалних и глобалних рачунарских мрежа. То подразумева, пре свега, коришћење, размену и управљање конструкционо-производним подацима током развоја, али и током читавог животног века производа.

Концептуално, визуелизација производа и процеса треба да обезбеди добру видљивост елемената производа током њиховог пројектовања, оптимизације и провера, представљање графичких података о производу и процесима, као и да на адекватан начин прикаже релевантне текстуалне податке и информације. Ово се односи на *PLM* или парцијалне системе од истог произвођача, али и на системе различитих произвођача. Наведена констатација је од велике важности када се има на уму да модерна индустрија захтева примену већег броја система, делом због интерних инжењерских потреба, а делом због кооперације са екстерним партнерима. С тим у вези може се навести следећа дефиниција:

Визуелизација, као концепт, представља вид графичког изражавања путем визуелног медијума својствен савременој инжењерској комуникацији. Усмерена је ка интелигентном, ефикасном и јасном истицању и приказивању кључних карактеристика, информација и података током развоја производа и процеса, у циљу смањења напора и трошкова, као и скраћења времена развоја производа и процеса. При томе обезбеђује лаку, брзу и разумљиву комуникацију између свих учесника у развојном процесу, ма како они разуђени и разнородни били.

Да би концептуално испунила захтеве савремених *PLM* система визуелизацију мора пратити адекватна методологија и начин практичне реализације. То значи да визуелизација као технологија подразумева екстрахиовање, манипулацију, апстраховање и приказивање свих релевантних података и информација о производима и процесима током свих фаза развоја и животног циклуса. Овај задатак је задовољавајуће решен код водећих светских *PLM* система, као и код једног дела парцијалних система који су мање или више директно оријентисани ка колаборацији са претходним. Суштина технологије визуелизације *PLM* система може се исказати следећом дефиницијом:

Визуелизација, као технологија, је поступак издвајања (екстраховања), филтрирања, организовања и представљања информација и података о производима и процесима на визуелном медијуму, у циљу истицања и усмеравања кључних одлука и акција током развоја производа и процеса, као и превазилажења потешкоћа и разрешавање проблема који се при том јављају.

Наведена дефиниција указује на сву сложеност поступка визуелизације. Он није усмерен само ка приказивању основних геометријских, графичких и текстуалних информација и података, већ и ка значајном подизању нивоа квалитета, како поступака развоја производа и процеса, тако и њих самих, омогућавајући разне врсте симулација, анализа и анимације. То значи да поступак визуелизације обезбеђује добијање свих неопходних геометријских, графичких и текстуалних информација и података о производу и процесима из различитих извора, обједињује их (синтетизује) и припрема за приказивање и даље коришћење.

3. ПРОИЗВОДНИ МОДЕЛИ И ПРОИЗВОДНЕ МОДЕЛСКЕ ФОРМЕ

Производни модел је рачунарска представа производних и управљачких карактеристика поступака производње.

Аналогно са претходно датим објашњењима и дефиницијама и модели производних система и процеса, односно модели дигиталних постројења, креирају се путем јасно дефинисаних ентитета. Имајући у виду значење и намену производних модела, који су намењени верном представљању производних система и ситуација, компонентни елементи од којих су они сачињени морају поседовати карактеристике које то омогућавају. То се, пре свега, односи на параметарско дефинисање, модуларност, манипулативност, визуелизацију и асоцијативност. У поређењу са, на пример, геометријским моделским формама, производне моделске форме су углавном сложеног карактера. У општем случају моделске форме су структурни елементи модела. Међутим, са порастом нивоа сложености модела као структурни елементи све чешће се јављају сложене моделске форме. Тако се као моделске форме склопа јављају читави делови, поред основних моделских форми које такође чине склоп као модел вишег нивоа. У контексту производних модела то значи да моделске форме могу бити како специфичног недељивог карактера, тако и сложеног. На пример, површине производног простора чине вид недељивих производних моделских форми, док машине, транспортна средства и друга опрема престављају сложене производне моделске форме. С тим у вези може се навести следећа дефиниција производних моделских форми:

Производна моделска форма је основни структурни елемент, карактеристика или особина производног система и процеса који се моделира.

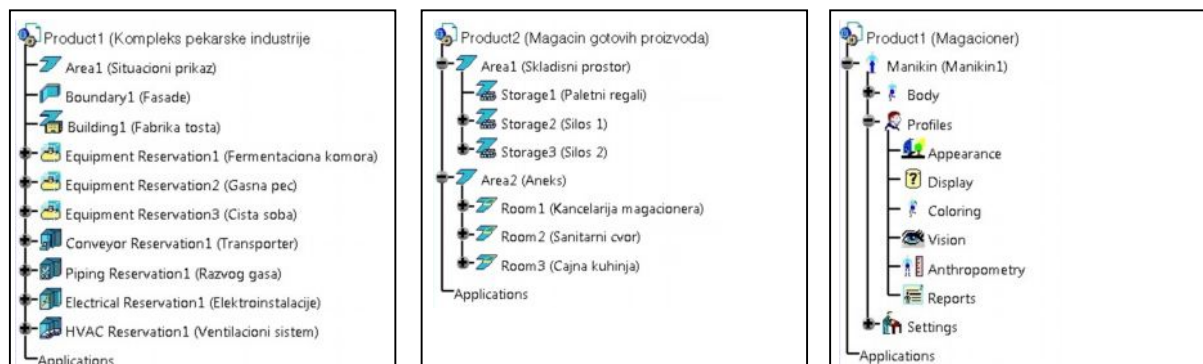
Према врсти производне моделске форме могу се поделити на:

- форме производног простора
- форме производне опреме
- форме производних операција
- форме транспортних средстава
- инсталационе форме
- складишне форме
- форме људских ресурса.



Слика 3.1
Производне моделске форме

Производне моделске форме дефинишу структуру, функције и карактеристике производних система и процеса. У вези са тим, наведена подела производних моделских форми у потпуности је сагласна са поделом физичких ресурса производних система. У оквиру „PLM“ система оне су јасно видљиве у стаблу, односно структури модела и поседују све кључне особине осталих моделских форми.

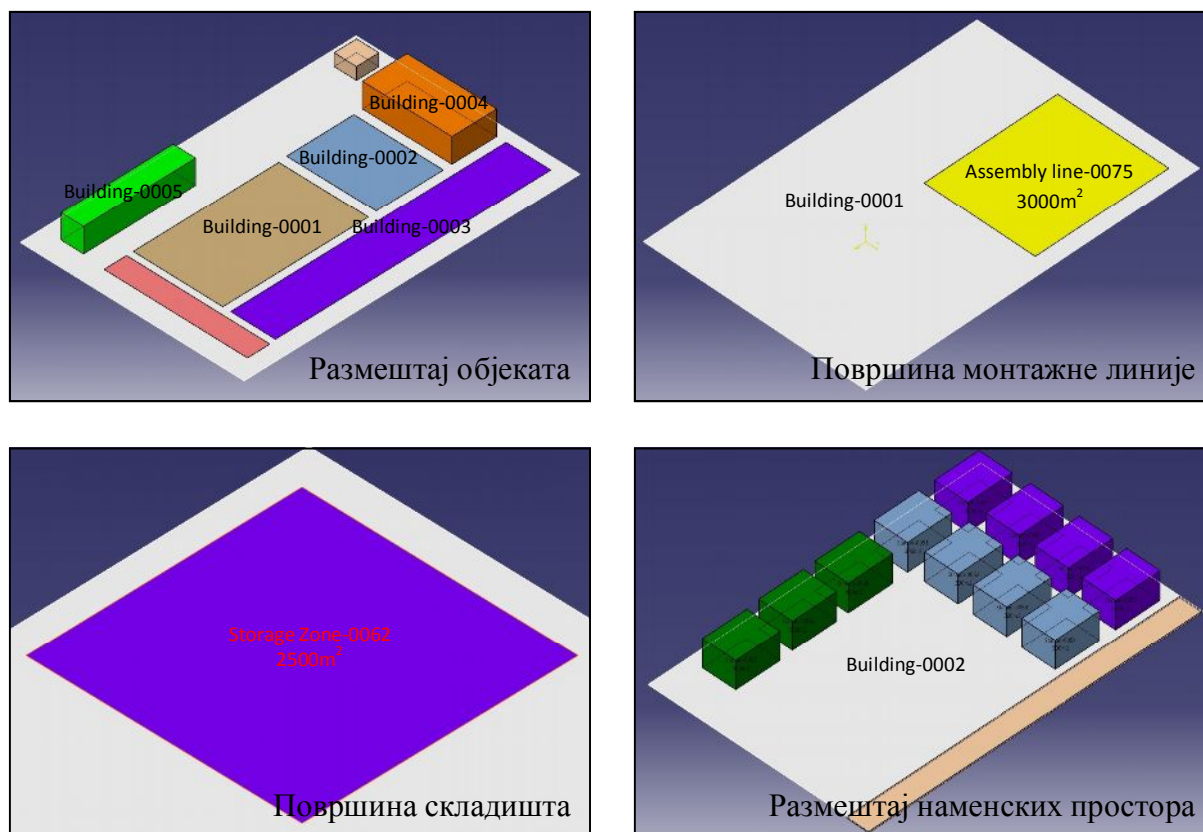


Слика 3.2

Примери производних моделских форми у стаблу производног модела

3.1 Креирање основних производних површина

Производне моделске форме омогућавају релативно лак и интуитиван начин креирања производних погона и размештај опреме у њима. Формирањем таквог концептуалног решења могу се ефикасно и економски оправдано извршити многобројне анализе које указују на исправност предвиђеног решења. Први корак у креирању производних моделских форми представља креирање основних производних површина и тзв. заузимање простора који припадају опреми, инсталацијама, складиштима и сл.



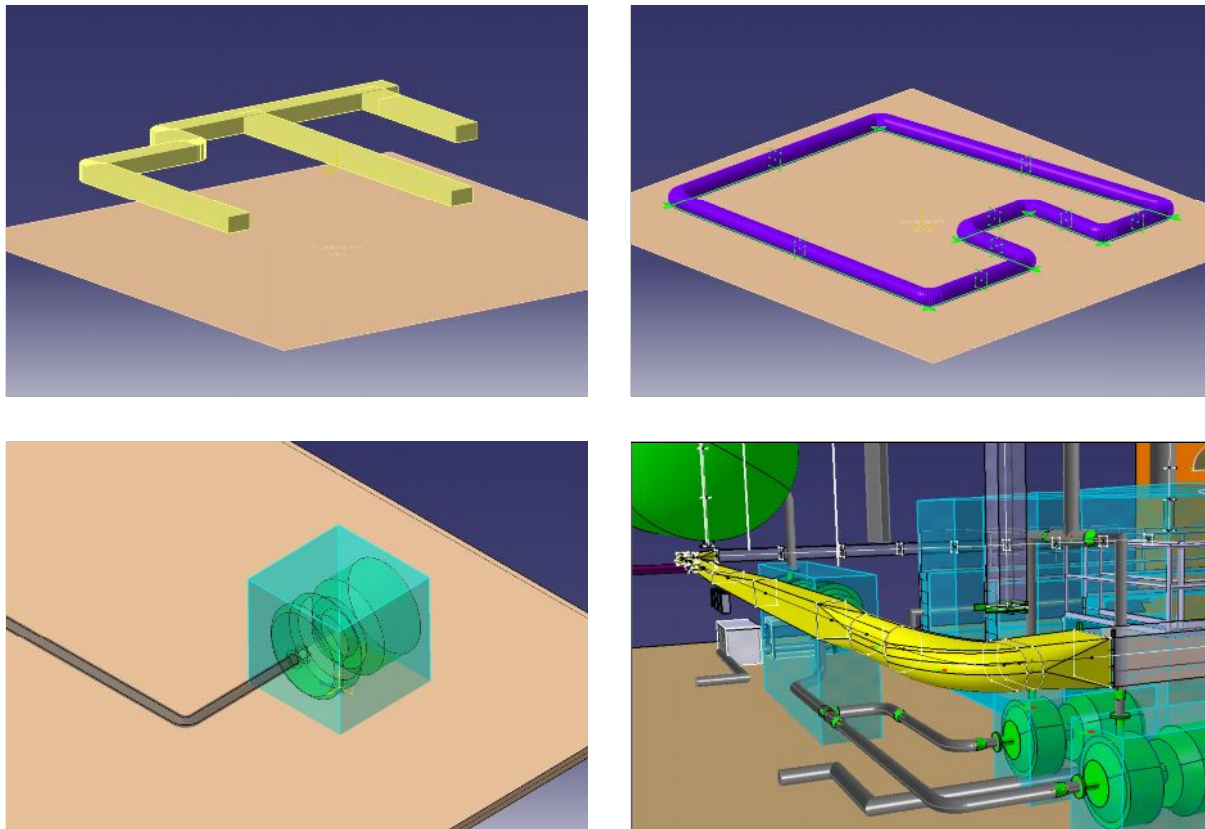
Слика 3.3

Визуелизација производних моделских форми типа површина и простора

Креирани на овај начин производни простори и површине, могу се модификовати и дорађивати све док се не постигне форма која задовољава захтеве економичности и квалитетне производње конкретног производа. Треба приметити да овакав начин моделирања подразумева, како 2д приступ, који се односи на производне површине, тако и 3д моделирање, којим је обезбеђено креирање производних простора.

3.2 Креирање инсталација, токова материјала и производних простора

Сличан приступ се примењује и приликом израде производних погона, у смислу постављања опреме, инсталација, транспортних средстава и других физичких ресурса производног система, као и за детаљно креирање производних радних места, станица, ћелија и линија.



Слика 3.4

Примена производних моделских форми приликом креирања инсталација и токова материјала

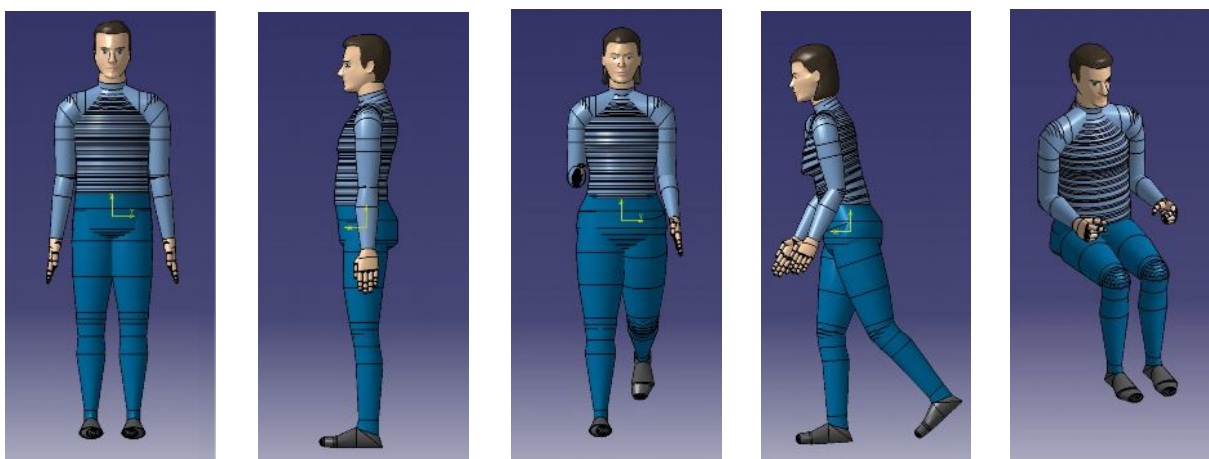


Слика 3.5

Визуелизација производних простора

3.3 Креирање ергономских модела

Посебно важна могућност коју пружају *PLM* системи тиче се креирања ергономских модела, као саставних елемената производних модела. Ова врста модела подразумева формирање радног окружења које је у потпуности прилагођено карактеристикама и потребама људи који изводе одговарајуће задатке у том окружењу. То значи да се карактеристике радног места са становишта сигурности и удобности могу испитати пре почетка производње. У ову сврху користе се специфичне производне (ергономске) моделске форме. Њима је, у првом реду, омогућено креирање особа које треба да изведу радне задатке. На основу њих спроводе се симулације у оквиру којих се испитују интеракције радника са производом и радним окружењем. Циљ таквих симулација и анализа је провера природности у раду, сигурност и ефикасност.

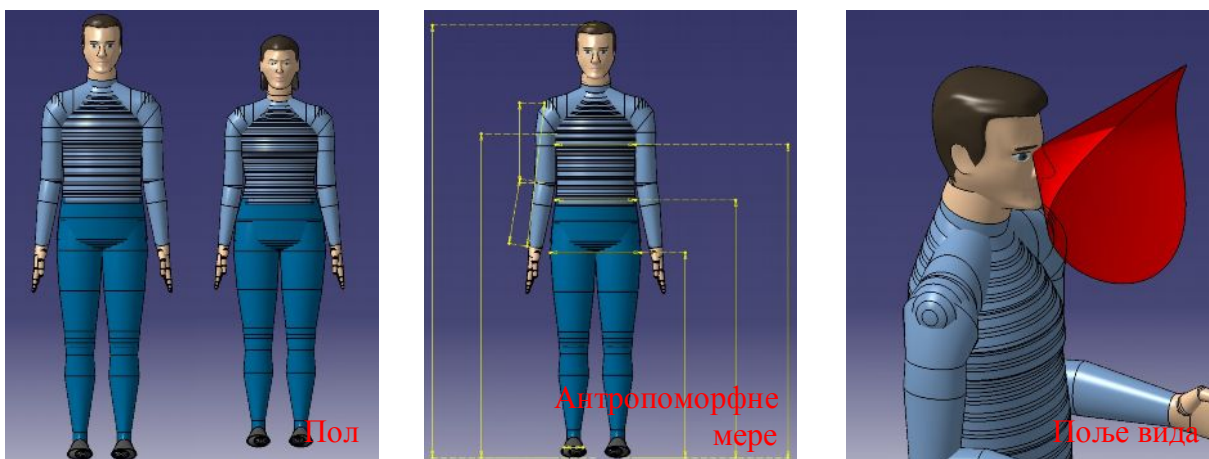


Слика 3.6

Ергономске моделске форме типа особа

Дефинисањем бројних карактеристика које су од значаја приликом прилагођавања радних места и станица потребама људи, као што су антропоморфне мере, линија вида, пол, тежина, покрети, постижу се два важна ефекта:

1. Обезбеђује се да се производни задаци воде исправно, комфортно и са малим утрошком енергије.
2. Проверавају се карактеристике производа у смислу технологичности, уклапања и функционалности. У том смислу могу се испитати суштинске особине, као што су област досезања и поље вида.



Слика 3.7

Elementi ergonomskog modela

Остале анализе обухватају кинематику људског тела, величину радног простора сагласно позама које радник заузима приликом обављања задатака, итд.



Слика 3.8

Провера ергономских карактеристика носеће платформе

Ергономски модел представља део укупне дефиниције производа, односно процеса настајања производа. Примењује се у склопу читавог система компонентних модела производа, пре свега са геометријским и технолошким моделима. Он пружа погодности, како квантитативне, тако и квалитативне анализе радног окружења и интеракције људи са конкретним производом. Резултати кинематске и других анализа могу се аутоматски упоредити са параметрима и вредностима садржаним у специјализованим ергономским базама података. На тај начин се аутоматизује оцењивање приложеног решења радног окружења. Из тога следи укупна оцена перформанси радника, у условима подизања, спуштања, гурања, повлачења, досезања и ношења различитих терета, односно средстава за рад и елемената производа. У том смислу могуће је задати одговарајућа ограничења и спровести оптимизацију радних задатака. Технологија визуелизације додатно олакшава откривање проблематичних зона у радном окружењу. Уз то, сам систем у великој мери нуди помоћ за аутоматско отклањање детектованог проблема, односно начин оптимизације за задата оптерећења. Коначно, овакви софтверски алати омогућавају чак потпуну индивидуализацију, што има посебан значај када се ради о пројектовању радног окружења и помоћних средстава за особе са посебним потребама.



Слика 3.9

Провера ергономских карактеристика опреме намењене особама са посебним потребама

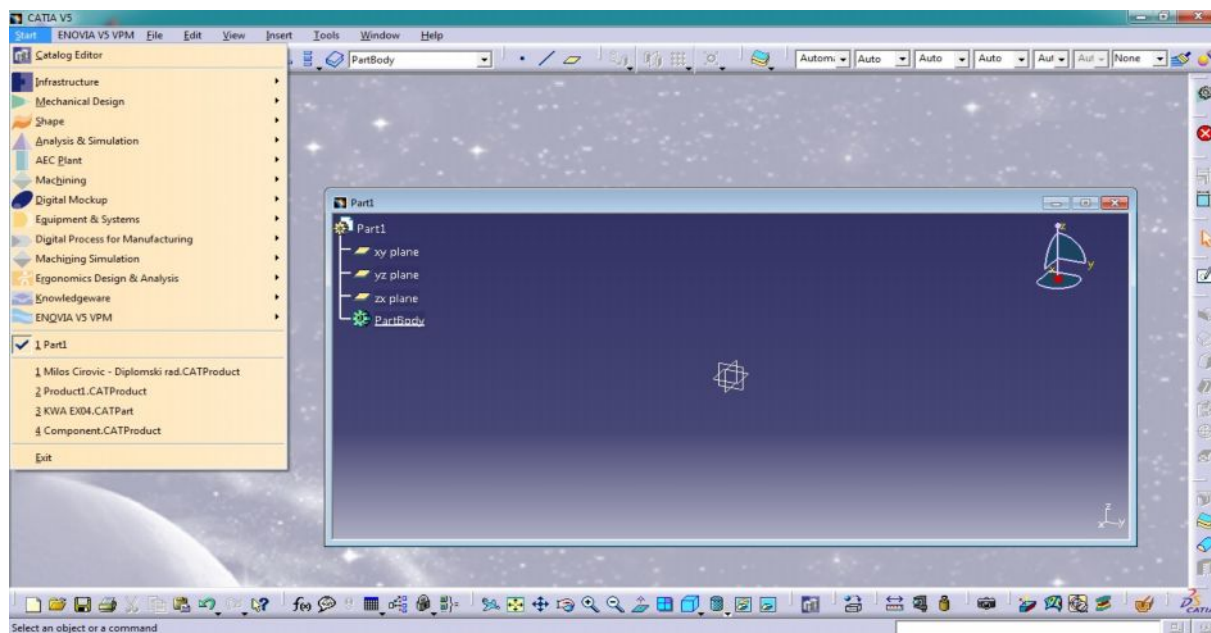
4. PLM СИСТЕМ CATIA V5

CATIA V5 је програмски пакет развијен за колаборативно пројектовање новије генерације, који интегрише све аспекте процеса развоја производа. Ти аспекти обухватају истовремену (симултану) употребу података и геометријских информација, од идејног решења производа, до потпуне дефиниције производног процеса. Основу програма чини интеграција асоцијацијативне структуре података, која омогућава да се промене на моделу одразе на све етапе развоја производа. Овакве особине програма омогућавају и контролу преношења промена на пројекту до свих чланова тима који учествују у развоју производа.

Програм је развијен на скалабилној архитектури², базираној на интеракцији између корисника и програма. Једноставност употребе, заснована је на графичком корисничком окружењу (*GUI - Graphical User Interface*) које је развијено употребом *Microsoft Windows* и *Web* технологија.

Целокупно графичко корисничко окружење је дизајнирано по угледу на палете алата и иконе какве се могу наћи у *Microsoft Windows* окружењу. Тиме је омогућена већа продуктивност и брже овладавање програмом, јер се рад обавља употребом познатих *Windows* операција. Иако је првобитно развијан за *Windows*, програм CATIA V5 је такође писан и за све важније *UNIX* платформе. [5]

Прву верзију програмског пакета CATIA развила је компанија „Dassault Systems“. Даљи развој обављан је уз подршку компаније „IBM“. То је резултирало појавом напреднијих верзија програма CATIA V2/ V3/ V4. Увођењем верзије CATIA V5, „Dassault Systems“, поставља нове стандарде, доносећи значајна побољшања у архитектури система и корисничком радном окружењу, чиме је створена основа за развој концепта управљања животним циклусом производа - *PLM* систем.



Слика 4.1

Радно окружење програмског пакета CATIA V5

² Скалабилност представља могућност апликације да понесе повећање захтева и броја корисника, а да при томе сама апликација не мора да се мења. Што је апликација скалабилнија она ће лакше поднети повећан проток података. У конкретном случају то значи да пројектанти који користе CATIA V5 нису ограничени могућностима софтвера, већ само сопственим способностима да тај софтвер користе на одговарајући начин.

4.1 Историјски развој

Почетак развоја програмског пакета *CATIA* везан је за период „хладног рата“ и француску компанију за производњу авиона „Dassault Aviation“.

Током шездесетих година двадесетог века, развој авионске индустрије био је у великој експанзији. Трка у наоружању супротстављених блокова, у главни фокус ставила је развој војних летилица. У том периоду, компанија „Dassault Aviation“ готово сваке године на тржиште пласира нови модел војног авиона („Mirage III“, „Mirage IV“, „Mirage V“, „Mirage G“, „Mirage F“, „Alpha Jet“). О кавом напретку је реч, најбоље говори податак да у данашњим условима, развој једног модела војног авиона може трајати и до неколико деценија.

Истовремено, са развојем војног програма, компанија „Dassault Aviation“ развија и генерацију напредних пословних авиона „Falcon 10“ и „Falcon 20“, као и комерцијални модел са млазним мотором „Mercure“.



Путнички авион
Dassault „Mercure“



Војни авион
Dassault „Alpha Jet“



Пословни авион
Dassault „Falcon 20“

Слика 4.2

Део производног програма компаније „Dassault Aviation“, 1970. год.

У тим околностима, основни захтеви који су постављани пред инжењере, били су везани за оптимизацију, која је подразумевала пројектовање и израду авиона који би развијали максималне могуће брзине при којима је могућ безбедан лет, да при томе трошкови производње буду што мањи, а време пласмана на тржиште што краће. У периоду шездесетих година двадесетог века, то је подразумевало коришћење најсавременијих технологија и технолошких иновација, па компанија „Dassault Aviation“ започиње са масовним улагањима у компјутерске и софтверске системе. 1968. године, први у Европи, инсталирају два интерактивна графичка терминала, под називом *IBM-2250*. Ти графички терминали, били су повезани са првом генерацијом *IBM mainframe* рачунара.

И поред поседовања, за то време, моћног хардвера, он је за „Dassault Aviation“ практично био неупотребљив, обзиром да нису постојали адекватни софтвери уз чију помоћ би се одговорило на наведене захтеве „топ менаџмента“ компаније.

Са тим у вези, најпре се јавила потреба да практична знања која су поседовали инжењери-конструктори, а која су се односила на примену математичких модела коришћених приликом прорачуна аеродинамичких карактеристика авиона, буду преточена у софтверска решења, чиме би време математичких прорачуна и одређивање параметара аеродинамике, било знатно краће.

Следећи изазов, који је био условљен претходним, био је везан за начин дефинисања облика авиона рачунаром, обзиром да је облик авиона представљао најважнији улазни параметар за наведени прорачун аеродинамике. Формирањем математичких алгоритама и њиховим развијањем у рачунарски програм, којим су дефинисани сложени геометријски профили и површине, попут крила и трупа авиона, у развојним центрима „Dassault Aviation“ рађа се нови приступ у пројектовању производа, јединствено назван „Computer Aided Design“, скраћено *CAD*.

У раним седамдесетим годинама двадесетог века, *CAD* систем створен због потребе одређивања аеродинамике авиона, постаје обавезан алат у оквиру компаније. У почетку дигиталне моделе авиона, користе стручњаци за аеродинамику и специјалисти који су се бавили анализама напона и оптерећења. Након усаглашених инжењерских параметара, цртежи су прослеђивани у пројектни биро, у којем је формирана пројектна документација.

Паралелно са увођењем рачунарских система за пројектовање, у производне погоне компаније „Dassault Aviation“ инсталирају се прве нумерички контролисане алатне машине. Ове машине коришћене су за обраду дебелих алуминијумских блокова из којих су израђивани сложени структурни делови авиона. Користећи погодности које пружа дигитални приступ, у компанији почињу да развијају софтвер којим се дефинишу путање алата, а затим врши управљање нумеричком машином приликом обраде сложених геометријских форми. Развој ових софтвера, представља зачетак новог приступа у производњи, названог „Computer Aided Manufacturing“, скраћено *CAM*.

Развојем наведених система, створена је могућност, да се први пут у индустрији користе исти нумерички подаци, за дизајн, анализу, симулацију и управљање производним процесима. Интеграција ових система јединствено названа *CAD / CAM* системи, представљаће окосницу даљег индустријског развоја у свету, а први производи пројектовани и изведени на овом принципу били су авиони „Dassault Alpha Jet“ и „Dassault Mercure“.

У периоду од 1967. год. до 1977. год. развијен је комплетан сет 3д *CAD / CAM* апликација и сви авиони из производног програма компаније „Dassault Aviation“ су постепено пројектовани и израђивани коришћењем ових софтвера. Основни проблеми који су се јављао у вези са тим био је изузетно висок ниво сложености самих софтвера, који је изискивао посебну стручност везану за њихово коришћење. То је за директну последицу имало изузетно низак степен интеграције програма на нивоу компаније. Другим речима, директан рад на софтверима обављао је само тим инжењера специјалиста. Уколико би неки од сектора компаније имао потребу за подацима добијеним коришћењем софтвера, обраћао би се овом тиму, који би вршио обраду података на рачунару и резултате рада, најчешће штампане на папиру, достављао наручиоцима посла. То је, свакако, неповољно утицало на време потребно за пројектовање и производњу.

1975. год. „Dassault Aviation“ од америчке компаније за производњу авиона „Lockheed Corporation“ („Loughead Aircraft Manufacturing Company“) купује прву лиценцу за 2д инжењерски софтвер *CADAM*. *CADAM* је базиран на интерактивном корисничком интерфејсу, па инжењери у пројектантским бироима без већих напора успевају да дотадашњи рад на цртаћим таблама, замене радом на рачунарима. То је довело до одређеног повећања продуктивности у односу на традиционални приступ, али због ограничености примене на 2д приказе, резултати су и даље били испод очекиваних.

Обзиром да су рачунарске технологије у том периоду константно еволуирале, да су се појавили знатно јачи „мејнфрејм“ рачунари и да су набављени графички терминали новије генерације (*IBM-3250*), то је руководство компаније, пред програмерски тим поставио нови задатак: „Потребно је направити ново софтверско решење, развијено на јединственој архитектури, које би се базирало на 3д *CAD / CAM* приступу, са новим интерактивним графичким интерфејсом, попут оног који поседује *CADAM*, једноставним за коришћење, тако да га са лакоћом могу користити инжењери свих специјалности, а не само софтверски стручњаци“.

Развој новог програмског пакета, названог *CATI*, покренут је 1977. год. Име програма представљало је акроним од „Computer Aided Tri-dimensional Interactive“. Под овим називом, програм је коришћен наредних неколико година, све док није донета одлука да програм постане комерцијалан. Изласком на тржиште, обзиром да је назив *CATI* већ коришћен као заштитни знак („trademark“) другог производа, одлучено је да се на крају имена дода карактер „А“, као део акронима који је означавао „Application“. Тиме је овај програмски пакет добио име под којим је данас препознатљив у читавом инжењерском свету:

CATIA - „Computer Aided Tri-dimensional Interactive Application“.

Развојни тим предводио је Francis Bernard, а у почетку су у тиму била само четири софтверска инжењера. Успех прве верзије програма био је импресиван. Већ 1980. год. користе га сви инжењерски сектори у компанији. Применом *CATI* омогућена је потпуна интеграција дизајна, анализе, симулације и производње, на основу јединствене базе података, чиме је извршена комплетна пословна трансформација, која је довела до знатног побољшања квалитета и истовременог смањења трошкова и времена производног циклуса.



Слика 4.3

*Marcel Dassault, оснивач компаније „Dassault Aviation“
Dominique Calmels, технички директор и Francis Bernard, вођа развојног тима CATI*

У другој половини 1980. године менаџмент компаније налази се пред новом дилемом: „Како искористити иновацију која представља моћан и препознатљив пословни алат. Да ли софтвер задржати у оквирима компаније и тако остварити конкурентску предност у односу на остале произвођаче авиона или покренути нови посао у оквиру „Dassault“ групе, који би подразумевао развој и продају програма на глобалном тржишту.“ Свесни чињенице да се софтверска индустрија у том периоду налази у експанзији, да ће се на тржишту у одређеном периоду појавити нови још моћнији програмски пакети, и да би за одржавање конкурентске предности уместо тадашњих петнаест био потребан развојни тим од неколико стотина програмера, што би за једно предузеће било финансијски неприхватљиво, менаџмент одлучује да оснује нову компанију, која би се бавила развојем и продајом програмског пакета *CATIA* у свим секторима индустрије, широм света. На тај начин свесно је прихваћен ризик да конкурентске компаније које су се бавиле производњом авиона, такође, користе *CATIA*, али истовремено је та могућност пружена и партнерима и добављачима „Dassault Aviation“, чиме је знатно олакшана међусобна сарадња.

Почетком 1981. год. „Dassault Aviation“ врши својеврсну диверсификацију свог производног програма уводећи у сегмент пословања и *CAD / CAM* технологије.

Почетак рада новоосноване компаније базирао се на иницијалној верзији *CATIA*, и техничким знањима потребним за даљи развој програма.

Иницијална верзија *CATIA* у себи је интегрисала 5 производа:

1. „3D Shape Design“ – креирање кривих, површина и солида
2. „3D Kinematics“ – моделирање кретања
3. „Analysis“ – површинска и запреминска структурна анализа
4. „Multi-axis NC machining“ – вишеосно машинирање и
5. „CADAM-CATIA data transfer“ – генерисање техничких цртежа у *CADAM*

Највећи проблем у почетку рада, представљао је продор компаније на све развијеније тржиште *CAD/CAM* технологија. И поред напредних техничких знања, људи у компанији нису поседовали адекватна знања везана за продају софтвера. На глобалном тржишту већ је позиционирано неколико компанија, са препознатљивим производима из ове области. Међу њима истичу се *CADAM*, развијен у америчкој компанији за производњу авиона „Lockheed Aircraft“; затим „Computer Vision“; „CALMA“, такође развијена за потребе авио индустрије у компанији „McDonnell Douglas Aircraft“; „APPLICON“. Произвођачи ових програма имају стотине запослених и стотине купаца, углавном у САД, али и у Европи и у Азији. У том периоду на развоју *CATIA* ради 25 запослених, а програм има само једног купца - „Dassault Aviation“.

Поучени негативним искуством француске конкурентске фирме „Matra Datavision“, менаџмент компаније схвата да излазак на светско тржиште софтвера, самоизградњом кроз стицање сопствених искустава, представља погубан корак. Због тога крећу у потрагу за стратешким партнером, који би им обезбедио глобалну покривеност и дао логистичку подршку у такмичењу са, пре свега, америчком конкуренцијом.

У том периоду „Dassault Aviation“ је један од највећих француских клијената „IBM“ – „International Business Machines Corporation“, компаније која је раних осамдесетих година била апсолутни лидер у компјутерској индустрији, са импресивним учешћем од 80% на светском тржишту рачунарске опреме. 1977. године „IBM“ је потписао уговор о дистрибуцији, већ помињаног програма *CADAM*, који је продаван у пакету са „IBM“ графичким терминалима и мејнфрејм рачунарима, чиме је *CADAM* заправо представљао одличан катализатор за генерисање значајних прихода хардвера, јер је софтвер радио искључиво на „IBM“ платформама.

Обзиром да је, кроз сарадњу са „Dassault Aviation“, већ успостављен контакт са људима из „IBM-a“, Francis Bernard предлаже сличан уговор, који би заправо представљао допуну споразума између „IBM“ и *CADAM*, а по којем би „IBM“ у пакету, са *CADAM*, продавао и *CATIA*. Овим би „IBM“, поред постојеће 2д апликације, у понуду укључио и 3д софтвер, док би *CATIA* садржала *CADAM-CATIA* интерфејс, чиме би степен интеграције ова два пакета био на релативно високом нивоу.

У јулу 1981. године, након премошћавања низа препрека, пре свега везаних за политички контекст сарадње једне америчке и једне француске компаније, бива потписан уговор између „IBM“ и „Dassault Aviation“. По том уговору, „IBM-у“ припада 50% прихода од сваке продаје *CATIA*. Таквим условима били су задовољни у обе компаније.

Тај уговор био је један од основних покретача новоосноване компаније, назване „Dassault Systemes“ и почетак изузетно успешне пословне сарадње између „Dassault Systemes“ и „IBM“, која ће се без већих проблема, одвијати у наредних тридесет година.



Слика 4.4

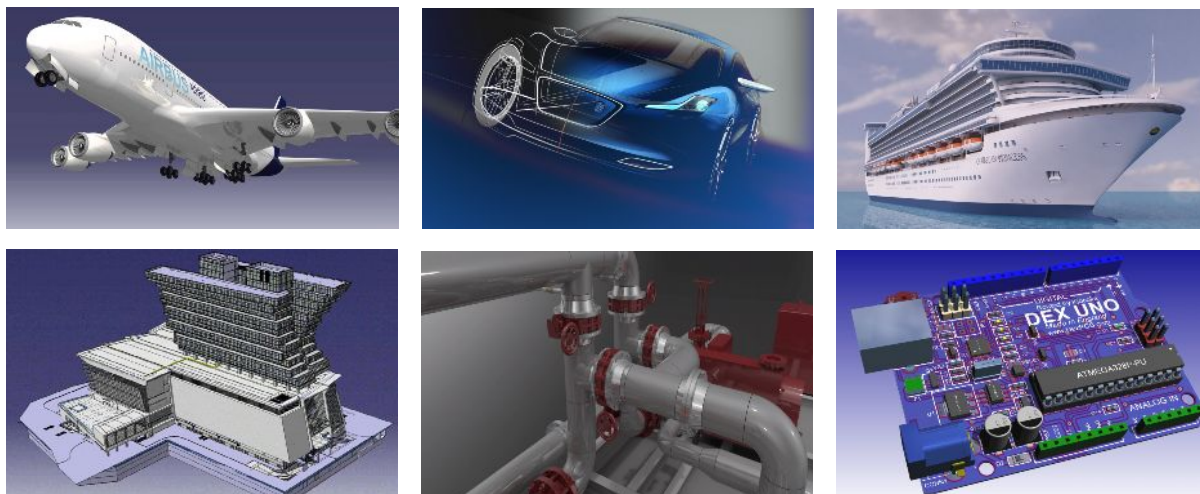
Првобитни и даншњи лого компаније „Dassault Systemes“

За свега неколико месеци од оснивања и потписивања стратешког уговора са „IBM“, први клијенти „Dassault Systemes“ постали су „Honda“ у Јапану, „Mercedes“ и „BMW“ у Немачкој, „SAFRAN“ у Француској и „Grumman Aerospace“ у САД.

Масовно коришћење 2д цртежа у индустрији, јака конкуренција која је пре свега нудила 2д решења и пре свега дугогодишње искуство стицано развојем софтвера у „Dassault Aviation“, наметнули су стратегијски приступ продаје *CATIA*, који се базирао на продаји концепта пословне трансформације, а не конкретног програма са свим својим карактеристикама. Такав приступ отварао је врата многих светских компанија, а разговори су, уместо са оперативом, вршени на нивоу топ менаџмента. „Dassault Systemes“ је, у тим околностима, сматран партнером, а не продавцем софтвера.

1986. године, захваљујући концепту пословне трансформације, али и стратешком партнерству са америчким „IBM“, клијент „Dassault Systems“ постаје и највећи светски произвођач авиона и аеронаутичке опреме, америчка компанија Боинг („The Boeing Company“). Продајом *CATIA* Боингу, „Dassault Systemes“ скреће пажњу читавог света на себе и позиционира се као апсолутни лидер у развоју софтвера за авионску индустрију. Нови задатак који након тога компанија поставља пред себе је постизање сличног успеха и у осталим гранама индустрије, а пре свега у производњи аутомобила. Подршку у том смислу, пружају јој развојни тимови „Honda“, „Mercedes“ и „BMW“. То партнерство, резултирало је, управо, великом пословном трансформацијом у аутомобилској индустрији, па је захваљујући коришћењу приступа који је нудила *CATIA*, време циклуса потребно за производњу новог аутомобила, у периоду од 1980. до 2000. године, скраћено чак 10 пута.

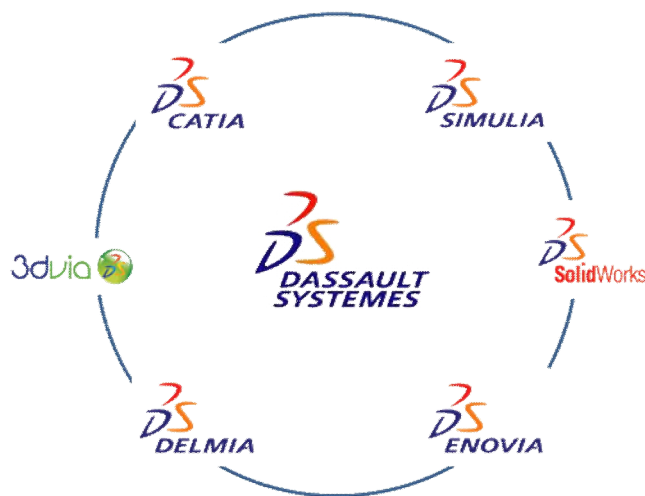
Постепено *CATIA* је своју примену налазила у готово свим гранама индустрије: производња авиона и аутомобила, бродоградња, индустријска опрема, „High Tech“, енергетика, архитектура и сл.



Слика 4.5

Област примене програмског пакета „CATIA“

Почетком 21. века, концепт *CAD / CAM*, под којим је развијан програмски пакет *CATIA*, замењен је концептом *PLM – Product Life Cycle Management* (Управљање животним циклусом производа). Како би се употпунио и заокружио нови концепт, „Dassault Systems“ је свом производном програму поред *CATIA*, додао и програмске пакете *DELMIA*, *ENOVIA*, *SIMULIA*, *SolidWorks* и *3DVIA*. [6]



Слика 4.6

Палета програмских пакета које је развио „Dassault Systemes“

Данас „Dassault Systemes“ у својим развојним лабораторијама и у продајним центрима широм света, запошљава преко 8000 људи, а његова софтверска решења користи преко 100.000 компанија у читавом свету.

Међу најпозатијим и највећим корисницима палете програмских пакета развијених у „Dassault Systemes“ истичу се:

- Авио индустрија: „The Boeing Company“, „Airbus“, „Safran“, „Embraer“, „Vought“
- Ауто индустрија: „BMW“, „Porsche“, „McLaren“, „FIAT“, „Ford“, „Tesla Motors“...
- Бродоградња: „GD Electric Boat“, „Newport News Shipbuilding“, „Beneteau Group“
- „High Tech“: „Nikon“, „Nokia“, „Pegatron“
- Индустријска опрема: „Schuler“, „Alstom Power“, „ABB Group“, „Michelin“
- Архитектура: Frank Gehry, „SHoP Architects“ [7]

4.2 Конфигурације програма

Програм може бити конфигурисан на различите начине, а у основи је подела на:

- Платформске конфигурације
- Наменске скупове модула (*Application portfolios*) и
- Скупове палета алата (*Workbenches*)

4.2.1 Платформске конфигурације

Програм је организован кроз три различите платформе. Платформе су означене са “P1“, „P2“ и „P3“, а конфигурисане су да нуде различите улазне тачке у процесу развоја производа. Подаци креирани унутар једне од платформи могу се, без прекида у раду, користити унутар друге платформе.

Платформа “P1“

Ова платформа пружа основне могућности за запреминско моделирање. Намене је почетницима који желе да изврше прелаз са традиционалних 2д система. Платформа “P1“ омогућава пораст функционалности, а сви производи који су у њој креирани, потпуно су употребљиви унутар платформе “P2“.

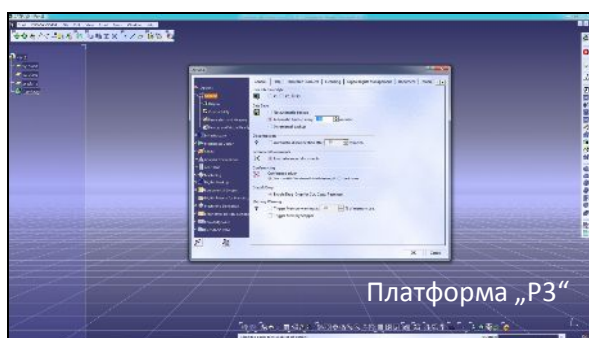
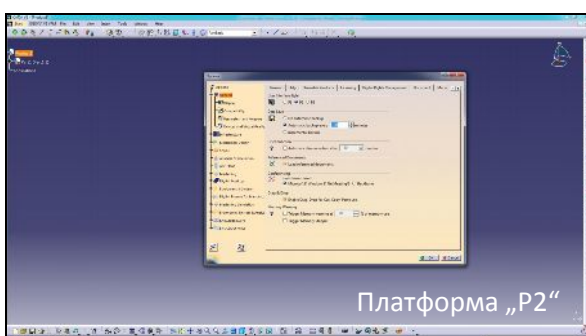
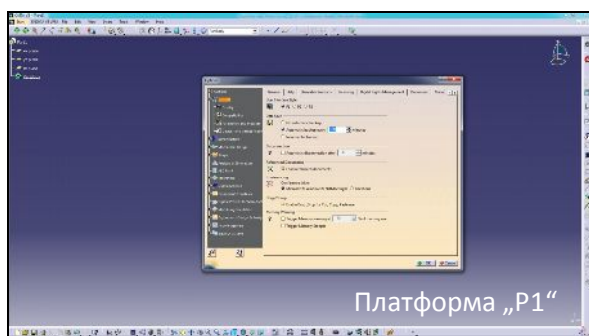
Платформа “P2“

Платформа “P2“ је процесно оријентисано решење које у већој мери подржава интегрисано окружење за развој производа током његовог „животног века“. Она нуди могућности за интегрисано пројектовање, анализу, производњу и развој инфраструктуре производа.

Платформа “P2“ се базира на принципима *Windows* оперативног система, са већим нивоом интеграције у *Windows* корисничко окружење. Углавном се издваја по изгледу корисничког окружења, у коме је конфигурационо стабло модела интегрисано у прозор за креирање геометрије.

Платформа “P3“

Платформа “P3“ нуди напредна решења базирана на знању, посебно прилагођена за одређене врсте индустрије, као што су аутомобилска и авио индустрија.



Слика 4.7
Платформске конфигурације CATIA V5

4.2.2 Наменски скупови модула

CATIA V5 нуди различите скупове програмских модула („Application portfolios“). Ови скупови имају за циљ груписање различитих палета са алатима („Workbenches“), да би се удовољило потребама корисника са различитим улогама у процесу развоја производа.

Catalog Editor	Организовање и управљање каталозима
Infrastructure	Програмски модули за интеграцију свих области
Mechanical Design	Пројектовање машинских елемената
Shape	Рад са површинама
Analysis & Simulation	Анализа и симулација применом МКЕ
AEC Plant	Креирање шематских приказа фабрика и постројења
Machining	Модули за програмирање нумерички управљаних машина
Digital Mockup	Напредни модули за симулацију понашања производа
Equipment & Systems	Модул за пројектовање и приказ процесне опреме и инсталација
Digital Process for Manufacturing	Просторни приказ димензија, толеранција и анотација
Machining Simulation	Симулација рада нумерички управљаних машина
Ergonomics Design & Analysis	Креирање и анализа ергономских модела
Knowledgeware	Креирање "паметних" модела производа
ENOVIA V5 VPM	"ENOVIA" - управљање подацима о производу

Слика 4.8

Наменски скупови модула за верзију програма CATIA V5 R20

CATIA V5 нуди широк спектар програмских модула. На слици 4.8 приказани су наменски скупови модула који се могу наћи у програмском пакету CATIA V5 R20.

Треба нагласити и да се за креирање одређених модела, често користи више наменских скупова модула истовремено. Тако на пример, да би се извршила одређена симулација у наменском скупу модула „Analysis & Simulation“, најпре се, коришћењем наменског скупа модула „Mechanical Design“, мора креирати модел, склоп или алат који се анализира применом методе коначних елемената.

4.2.3 Скупови палета алата (Workbench)

Термин „workbench“, који се односи на наменски скуп палета алата, означава, пре свега, радно окружење унутар наменског скупа модула, које нуди јединствену функционалност намењену креирању појединих специфичности, као што су, на пример, креирање и мењање геометрије, вршење одређених симулација и анализа или програмирање нумерички управљаних машина. Нека од основних радних окружења програмског пакета CATIA V5 су: „Part Design“ које се користи за пројектовање појединачних делова, „Wireframe and Surface Design“ за пројектовање жичаних модела и површина, „Assembly Design“ за пројектовање склопова, „Drafting“ за израду техничких цртежа, „Generative Sheetmetal Design“ за генеративно пројектовање лимених делова.

Већина скупова палета је специфична за поједини наменски скуп модула. Међутим неки од њих, попут скупа палета алата за скицирање, интегрисани су у вишеструке платформе, тј. налазе се и користе у више наменских скупова модула.

Наменски скупови модула и скупови палета алата којима се креирају производни модели и производне моделске форме биће наведени у наредном одељку овог поглавља, а детаљан опис и приказ коришћења неких од њих, кроз практичан пример креирања производног модела реконструкције производног погона „Нова пекара“ у индустријском комплексу „Житопродукт“ у Крагујевцу, биће дат у поглављу 5.

4.3 Наменски скупови модула и скупови палета алата којима се креирају производни модели и производне моделске форме

Као што је наведено, производни модел је рачунарска представа производних и управљачких карактеристика поступака производње. Они су намењени верном представљању производних система и ситуација, док су производне моделске форме основни структурни елементи, карактеристике или особине производног система и процеса који се моделира.

Производни модели и производне моделске форме, у програмском пакету *CATIA V5*, у основи се могу креирати применом следећих наменских скупова модула:

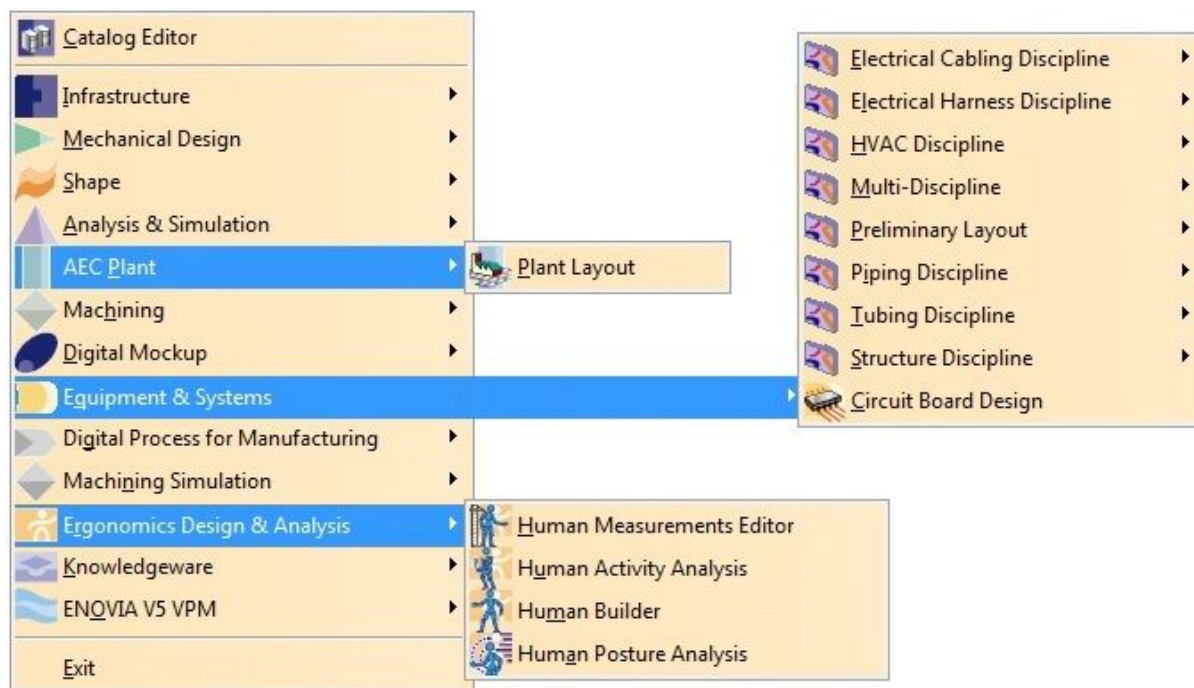
- *AEC Plant*
- *Equipment & Systems*
- *Ergonomics Design & Analysis*

Важно је нагласити, да производне моделске форме могу бити, како специфичног недељивог, тако и сложеног карактера. Сложене производне моделске форме у себи обухватају остале моделске форме (геометријске, инжењерске, технолошке и форме знања). Са тим у вези, треба нагласити, да се креирање производних модела у програмском пакету *CATIA V5* не остварује само применом наменских скупова модула којима се креира размештај простора, опреме и радних места (*AEC Plant*); врши моделирање и анализа инсталација (*Equipment & Systems*) или креирају ергономски модели (*Ergonomics Design & Analysis*), већ се потпуно дефинисање производних модела сачињених од сложених производних моделских форми, врши коришћењем готово свих наменских скупова модула (*Mechanical Design, Analysis & Simulation, Digital Mock Up, Infrastructure, Knowledgeware*).

Најчешће коришћена радна окружења у оквиру наменских скупова модула којима се креирају производни модели и производне моделске форме су:

- *Plant Layot* у оквиру модула *AEC Plant*, које се се користи за брзо креирање радних простора, размештаја производне опреме и трасирање енергетских инсталација
- *HVAC Design, Piping Design, Tubing Design, Electrical Wire Routing, Hanger Design, Structure Detail Object Design, Compartment and Access* и други који се налазе у наменском скупу модула „*Equipment & Systems*“, а користе се за моделирање детаља, генерисање карактеристичних дијаграма и анализу основних параметара система за грејање, вентилацију, климатизацију, електроенергетских инсталација, мреже цевовода или различитих структурних система.
- *Human Measurements Editor, Human Activity Analysis, Human Builder* и *Human Posture Analysis* у оквиру модула *Ergonomics Design & Analysis* за креирање ергономских модела

Због ограниченог простора у овом раду, наведени скупови модула и карактеристична радна окружења, неће бити детаљно објашњавани, већ ће, у наставку, бити описани основни приступи и могућности које програмски пакет *CATIA V5 R20* пружа приликом њиховог коришћења.



Слика 4.9

Наменски скупови модула и радна окружења у којима се врши креирање производних моделских форми у верзији програма CATIA V5 R20

4.3.1 Модул AEC Plant³

Модул *AEC Plant* омогућава моделирање размештаја простора и опреме производних погона или других система. Главни циљ модула је оптимизација кроз брзо креирање прелиминарних или идејних решења, на основу којих се усваја најефикаснији и најекономичнији концепт. Иницијално усвојен концепт, касније еволуира и модификује се све до усвајања коначног пројектног решења.

Читав процес моделирања остварује се кроз интуитиван интерфејс, комбинацијом традиционалног 2д приступа и савременог 3д дигиталног приказа.

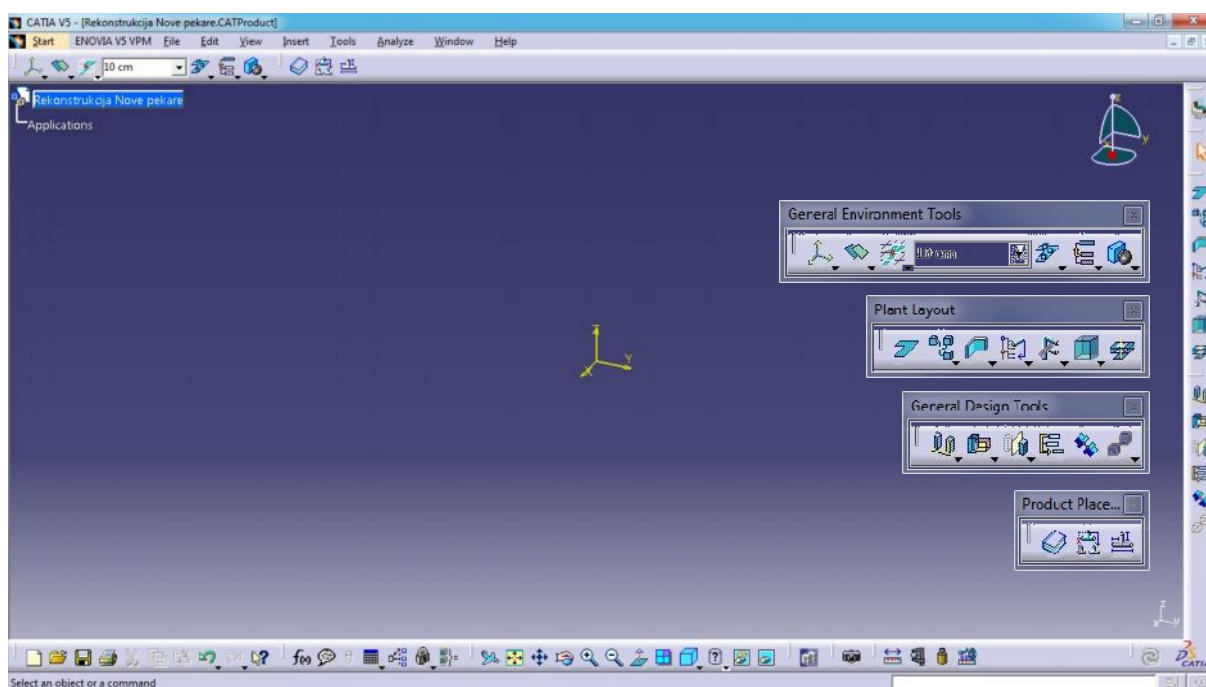
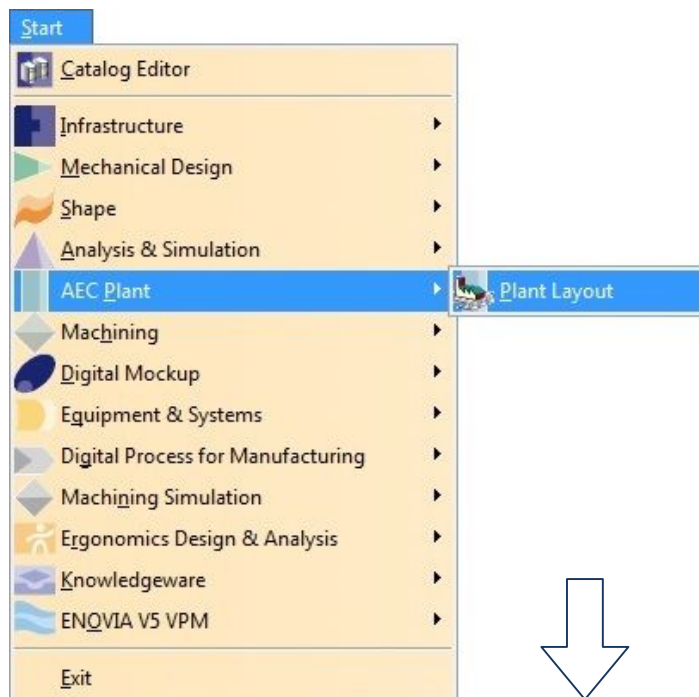
Могућности које пружа овај модул нарочито погодују координаторима пројекта, јер се његовом применом, на поједностављен начин врши планирање, контролисање и праћење реализације пројекта, при чему се знатно скраћује време потребно за вршење наведених активности. При свему томе, у знатној мери се олакшава комуникација, како са инвеститором, тако и са целим пројектантским тимом.

Рад у овом модулу врши се у радном окружењу *Plant Layout*, применом карактеристичних палета алата, помоћу којих се врши креирање радних простора, размешта технолошка опрема и дефинишу трасе енергетских инсталација.

Начин улаза и приказ радног окружења, са наглашеним карактеристичним палетама алата дат је на слици 4.10, док је детаљан опис највећег броја алата, као и приказ поступака и начина рада у овом модулу, дат у поглављу 5.

На крају треба нагласити да се модели креирани у овом модулу генеришу као документа са екстензијом „*.CATProduct“

³ „АЕС“ је заправо скраћеница од „Architecture, Engineering & Construction“, па би овај модул у слободном преводу могао да се назове Пројектовање архитектонских, инжењерских и конструкционих карактеристика индустријских објеката и постројења. У свету данас постоји велики број програмских пакета специјализованих за рад у овој области. Поред CATIA, истичу се још и „Autodesk REVIT“, „SIEMENS Technomatix“ и др.



Слика 4.10
Радно окружење „Plant layout“

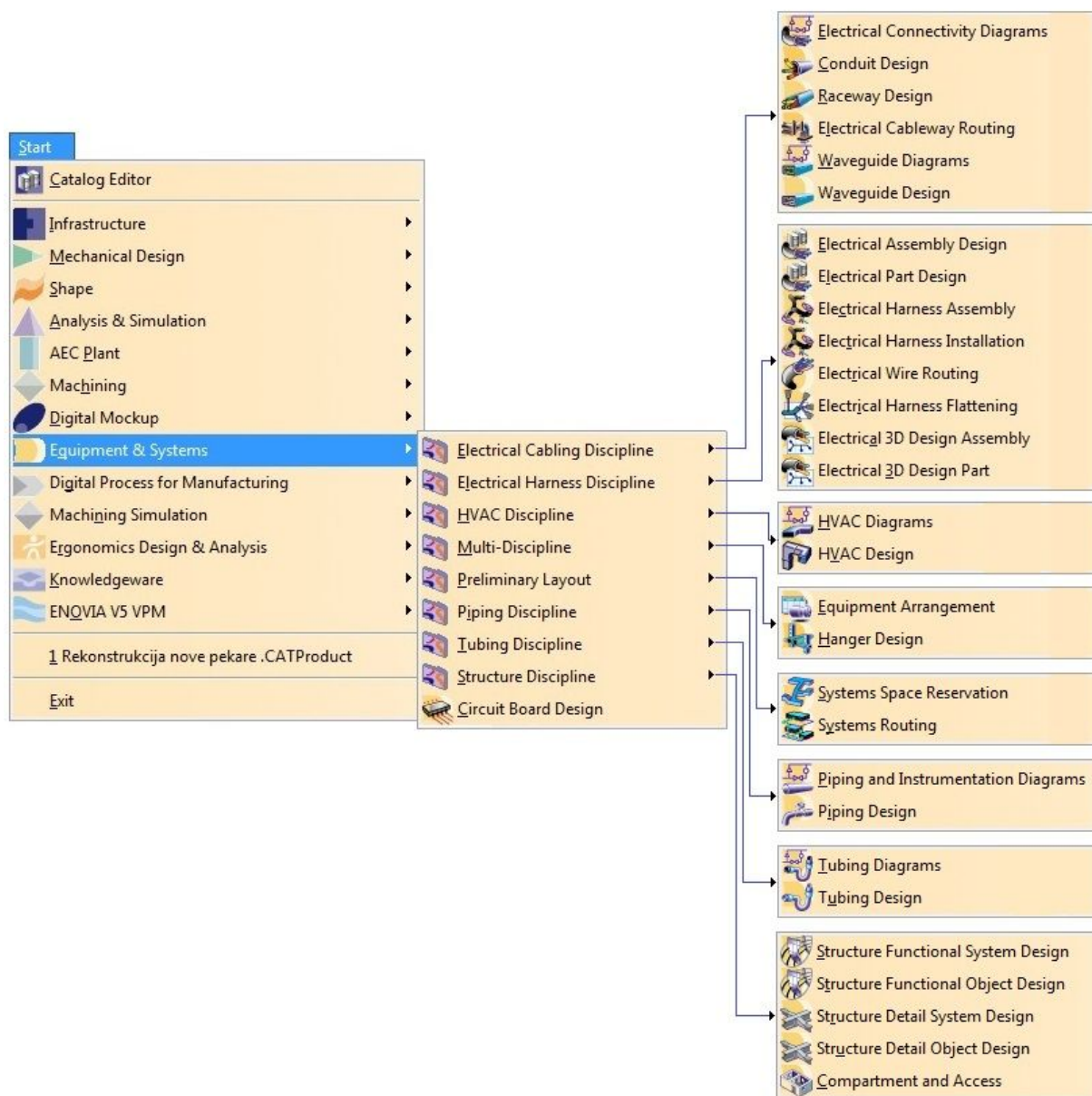
4.3.2 Наменски скуп модула *Equipment & Systems*

Скуп модула *Equipment & Systems* обухвата већи број модула који омогућавају моделирање електричних, механичких и флуидних система, при чему, поред 3д визуелног приказа, нуде читав низ погодности којима се врше инжењерске анализе и симулације, правилно димензионишу инсталације, аутоматски генеришу дијаграми и креирају детаљи неопходни за израду одређених система.

Са тим у вези, рад у овим модулима карактеристичан је за инжењере који раде у уско специјализованим областима: електроенергетика, телекомуникације, термотехника, термоенергетика, носеће конструкције и сл.

Моделу креирани у овим модулима, могу се интегрисати са моделима насталим у модулу *Plant Layout*, чинећи тако јединствен производни модел.

Сва радна окружења у оквиру наменског скупа модула *Equipment & Systems* који се могу наћи у програмском пакету *CATIA V5 R20*, приказани су на слици 4.11.



Слика 4.11

Скуп модула и радних окружења „*Equipment & Systems*“

Коришћењем алата, у радним окружењима модула ***Electrical Cabling Discipline***, у контексту креирања производних модела и производних моделских форм, врши се моделирање кабловских инсталација које се користе за напајање машина и остале производне опреме. Овим алатима се на релативно једноставан начин врши дефинисање траса, димензинисање одговарајућих промера напојних каблова, пројектовање напојних електроормана и генерисање једнополних шема.

У радним окружењима модула ***Electrical Harness Discipline*** креирају се електрични уређаји или електро компоненте машина и друге производне опреме.

Путем модула ***HVAC Discipline***⁴ креирају се модели система грејања, вентилације и климатизације. Радна окружења овог модула, омогућавају кориснику моделирање ***HVAC*** система у складу са усвојеним стандардима који се употребљавају у индустрији. Захваљујући пуној интеграцији између 2д радног окружења ***HVAC Diagrams***, којим се исцртавају шеме и дијаграми и 3д радног окружења ***HVAC Design*** у којем се врши моделирање компоненти система могуће је вршити интерактивно пројектовање, тако да се 3д модел генерише на основу претходно дефинисаних шема или обрнуто, генерисање шема и дијаграма може се вршити на основу креираног 3д модела. Овакав приступ представља посебну погодност за пројектанте, обзиром да у многоструку скраћује време израде и истовремено повећава тачност пројектованог решења. То је нарочито изражено код сложених индустријских система, који поред механичких, садрже велики број компоненти којима се врши аутоматизација читавог процеса.

Од великој значаја је примена овог модула приликом генерисања тзв. радионичке документације, на основу које се израђују компоненте ових система. Ту се пре свега мисли на цевоводе и вентилационе канале, чије димензије и трасе приликом извођења, морају одговарати пројектованом решењу.

Радна окружења модула ***Multi-Discipline*** корисницима нуде читав сет алата за креирање карактеристичних модела делова производне опреме, технолошких процеса, складишта и енергетских постројења. Овај модул, нарочито примену налази, приликом креирања модела код којих су посебно изражени захтеви везани за визуелизацијом радних простора.

Модул ***Preliminary Layout*** у основи користи исте алате и има исту намену као модул „AEC Plant“

Користећи радна окружења модула ***Piping Discipline*** и ***Tubing Discipline*** врши се креирање модела великих цевовода (*pipe*) и цеви, црева и канала који представљају саставне делове машина и друге производне опреме (*tube*). *Pipe* системи користе се за транспорт флуида и гасова као што су неафтови, пароводи, локални водоводи и сл. Примери *Tube* система су системи који повезују различите хидрауличке компоненте машина и механизације. Аналогно могућностима које пружа модул ***HVAC Discipline*** и у ова два модула постоји интеграција између 2д радних окружења којима се врши исцртавање шема и дијаграма и 3д радних окружења у којима се моделирају компоненте наведених система.

У модулу ***Structure Discipline*** врши се моделирање структурних конструкција у грађевинарству. Радна окружења у оквиру овог модула нуде могућност креирања различитих типова носећих конструкција, попут конструкција од лакких танкозидних челичних профила, те креирања преградних зидова и других грађевинских елемената. У контексту креирања производних модела и производних моделских форми, овај модул своју примену налази у креирању радних простора, нарочито код оних модела који имају изражене захтеве везане за визуелизацију истих.

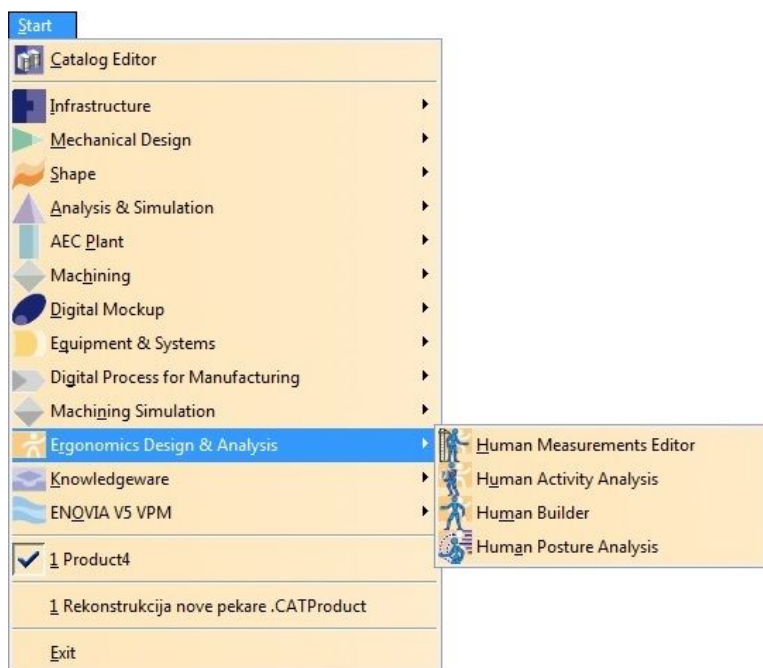
Попут модула ***AEC Plant*** и модели креирани у овом скупу модула генеришу се као документа са екстензијом „*.CATProduct“

⁴ „HVAC“ је скраћеница од „Heating, ventilation and air conditioning“, а представља јединствену међународно усвојену ознаку за системе грејања, вентилације и климатизације

4.3.3 Модул *Ergonomics Design & Analysis*

У радним окружењима модула *Ergonomics Design & Analysis* врши се креирање ергономских модела. Ергономски модел, као саставни елемент производног модела, детаљно је објашњен у одељку 3.3., па се у овом одељку неће детаљније анализирати примена овог типа модела, нити објашњавати начин његовог креирања, већ ће се дати елементарни приказ радног окружења, уз напомену да је детаљнији опис моделирања дат у поглављу 5.

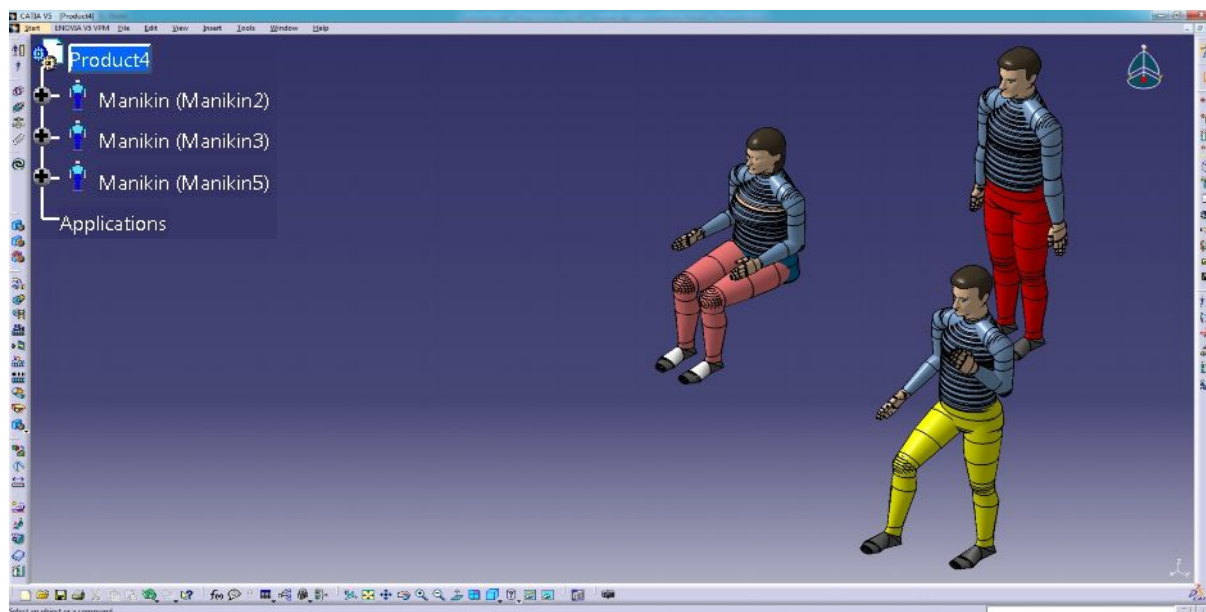
У програмском пакету *CATIA V5 R20* креирање, анализа и симулација ергономских модела врши се кроз 4 радна окружења (слика 4.12)



Слика 4.12

Скуп радних окружења модула „*Ergonomics Design & Analysis*“

Изглед радног окружења у којем се формира моделска форма типа „особа“, приказан је на слици 4.13.



Слика 4.13

Креирање моделских форми типа „особа“

5. 3Д МОДЕЛИРАЊЕ ПРОИЗВОДНОГ ПОГОНА „НОВА ПЕКАРА“ У ИНДУСТРИЈСКОМ КОМПЛЕКСУ „ЖИТОПРОДУКТ“ У КРАГУЈЕВЦУ

У циљу илустрације описаних принципа и концепата, у примеру који следи дате су смернице за креирање производног модела генералне реконструкције производног погона „Нова пекара“ у индустријском комплексу „Житопродукт“ у Крагујевцу. Моделирање наведеног производног модела вршиће се у програмском пакету *CATIA V5 R20*.

5.1 Пројектни задатак

Полазну основу за израду инвестиционих пројеката, представља дефинисање пројектног задатка. Пројектни задатак у општем случају садржи:

- циљеве и сврху израде пројекта
- податке о условима из одговарајуће просторно-планске и урбанистичке документације
- опште податке о објекту (локација, намена, архитектонско обликовање, димензије, спратност, капацитет, захтевани материјали и начин обраде и др.)
- податке о захтеваном нивоу инсталација и опреме
- податке о технолошким процесима, штетностима и опасностима који потичу од тих процеса
- специфичне захтеве (унутрашње и спољашње уређење, термичка заштита, заштита од буке)
- рок за израду пројекта

У конкретном случају пројектни задатак заједнички су дефинисали Инвеститор и произвођачи технолошке опреме.

Инвеститор, компанија „Житопродукт“ д.о.о. из Крагујевца, која послује у оквиру словеначке пекарске групације „Дон-Дон“ у свој производни програм уводи нову врсту дуготрајног хлеба, тзв. калупног хлеба - тоста, потпуно новог и јединственог производа на домаћем тржишту, чија се дуготрајност, за разлику од до сада употребљиваних емулгатора, обезбеђује применом алкохола.

Увођење новог производа, подразумева и инсталирање нове, потпуно аутоматизоване, производне линије. У том контексту потребно је извршити генералну реконструкцију једног од постојећег објекта у оквиру матичног комплекса. Тај објекат треба прилагодити захтевима нове технологије, при чему треба поштовати важећу законску регулативу Републике Србије. Генерална реконструкција, у овом смислу, између осталог подразумева и читав низ грађевинских радова, који се односе на уклањање постојећих и формирање нових зидова, пренамену одређених просторија, радове на санацији постојећих и изради нових подова, облагање просторија панелима, замену столарије, молерске радове и радове на ојачању постојећих подова и носећих плоча, како би објекат могао да поднесе статичка и динамичка оптерећења изазвана постављањем и експлоатацијом нових машина.

Због обима и карактера овог рада, део пројектног задатка, који се односи на пројектовање наведених грађевинских радова, неће бити третиран у овом поглављу. То значи да су полазне архитектонске основе за моделирање радних простора, новопроектване основе, усаглашене између инвеститора и пројектантског тима, тј. да овим неће бити разматрана оптимизација архитектонског решења, већ ће бити описан поступак размештаја опреме и инсталација у оквиру дефинисаних простора.

Другим делом пројектног задатка дефинишу се захтеви по којима треба извршити одговарајући размештај опреме, инсталација, радних места и готових производа, тако да се производни процес одвија несметано и у пуном капацитету.

5.1.1 Технолошка опрема

Технолошки процес одвија се кроз четири фазе:

1. Складиштење брашна и осталих сировина потребних за производњу
2. Технолошка припрема, мешање и дозирање теста
3. Производња хлеба у калупима (калупни хлеб-тост), која у основи подразумева третман теста кроз интермедиалну и ферментациону комору, тунелску пећ и комору за хлађење
4. Паковање готовог производа у одговарајућу амбалажу у адекватним условима чисте собе, складиштење на палетним регалима и дистрибуција до крајњег корисника

Вођен претходним искуствима, инвеститор је за испоручиоце опреме, којом ће се заокружити комплетан технолошки циклус, одабрао пет реномираних европских произвођача машина, процесне и пратеће опреме која се користи у пекарској индустрији:



„НВ Technik“ је реномирани аустријски произвођач система за складиштење зрнастог и прашкастог материјала. У поступку набавке технолошке опреме „НВ Technik“ се појављује као добављач унутрашњих силоса за брашно, силоса за со и шећер и резервоара за квасно млеко и палмино уље.



Једна од делатности немачке компаније „Diosna“ је производња универзалних миксера, мешаона и дозатора који се користе за припрему теста у пекарској индустрији.



Енглеска компанија „Logopak“ бави се производњом и уградњом транспортера и машина за аутоматско паковање производа - пакерица.



Словеначка фирма „Gostol“ је светски признати произвођач специјализоване опреме за пекарску индустрију. Ова опрема представља срж новопроектване технологије, јер се у „Gostol“ коморама и пећима, врши директна производња новог хлеба.



Италијански „Standard Tech“ је фирма која је одабрана за извођача „чисте собе“. Под појмом „чиста соба“ подразумева се простор у којем је присутност микрочестица сведена на минимум. У том простору вршиће се паковање готових производа и то је једини део технолошког процеса у којем је производ у директном контакту са спољним ваздухом и производним радницима, због чега морају бити обезбеђени контролисани услови присутности одређених честица.

Сваки од наведених добављача доставио је податке о опреми која ће бити инсталирана. Ти подаци достављени су у форми графичких прилога, у *dwg формату, којима су приказани дводимезионални изгледи и габарити, као и у „Excel“ табелама, којима су дати основни описи предвиђене опреме.

При томе је, свако од добављача, истакао посебне захтеве везане за припрему објекта у грађевинском смислу, као и захтеве везане за обезбеђивање и инсталирање одређених енергетских прикључака.

5.1.2 Енергетски прикључци

Како би се производни процес одвијао несметано и у адекватним радним условима, потребно је обезбедити енергетске прикључке одређених капацитета и извршити спровођење прикључених енергената до за то предвиђених места у објекту.

У том смислу пројектантима се намећу два задатка. Први задатак односи се на обезбеђивање прикључака који ће опслуживати технолошку опрему. Овај захтев дефинише произвођач технолошке опреме. У конкретном случају ти захтеви односе се на обезбеђивање и довођење прикључака електричне енергије, компримованог ваздуха, нископритисне водене паре и земног гаса.

Добављачи опреме доставили су податке о енергетским захтевима свих појединачних потрошача. Укупан потребан капацитет захтеваних енергената, представља алгебарски збир појединачних потрошњи свих елемената технолошке опреме. Сви достављени подаци представљени су табеларно у наставку овог одељка.

Табела 5.1
Потрошња енергената опреме произвођача „HB Technik“

			
Елемент опреме	Електрична енерг. kW	Компр. ваздух l/min - 6 bar	Компр. ваздух m3/h - 6 bar
Главни орман	135,0	600	36
Хлађење воде	10,0	0	0
Хлађење киселог теста ферментори	35,0	0	0
УКУПНО „HB Technik“	180,0	600	36

Табела 5.2
Потрошња енергената опреме произвођача „Diosna“

			
Елемент опреме	Електрична енерг. kW	Компр. ваздух l/min - 6 bar	Компр. ваздух m3/h - 6 bar
Тандем мешалица	117,0	320	15
УКУПНО „Diosna“	117,0	320	15

Табела 5.3
Потрошња енергената опреме произвођача „Logopak“

			
Елемент опреме	Електрична енерг. kW	Компр. ваздух l/min - 6 bar	Компр. ваздух m3/h - 6 bar
Разделник на две траке	5,0	50	3
Резачица „НОВА 1“	6,0	0	0
Резачица „НОВА 2“	6,0	0	0
Пакерица „PFM 1“	11,0	30	1,8
Пакерица „PFM 2“	11,0	30	1,8
Клипсарица „НОВА“	7,0	40	2,4
Клипсарица „НОВА“	7,0	40	2,4
Елемент преузимања на спиралу	3,0	30	1,8
Омотач палета	2,0	0	0
Еректор картона	8,0	500	30
Спирала са транспортерима	15,0	100	6
УКУПНО „Logopak“	81,0	820	49,2

Табела 5.4
Потрошња енергената опреме произвођача „Standard Tech“

		
Елемент опреме	Електрична енерг. kW	Нископрит. пара (0,3-0,5 bar) kg/h
Агрегат за хлађење - изван	45,0	
Јединица за припрему ваздуха - унутра	25,0	86,0
УКУПНО ЧИСТА СОБА „Standard Tech“	70,0	86,0

Треба нагласити да су у табели 5.4 наведени само потрошачи произвођача „Standard Tech“, али да то нису сви потрошачи у „чистој соби“. Део потрошача који се налазе у „чистој соби“ обрађен је кроз табеле у којима су наведени елементи опреме произвођача „Logopak“ и „Gostol“.

Табела 5.5

Потрошња енергената опреме произвођача „Gostol“



Елемент опреме	Електрична енерг. kW	Компр. ваздух l/min - 6 bar	Компр. ваздух m ³ /h - 6 bar
Интермедиална комора	34,0	133,3	8,0
Ферментациона комора	19,0	5,0	0,3
Тунелска пећ	21,0		
Складиште калупа	18,0		
Пражњење и складиштење калупа	17,0	333,3	20,0
Хлађење производа	30,0		
Хлађење воде за ферментациону комору	25,0		
Хлађење воде за комору за хлађење	48,3		
Спирала „Теспорол“ застој 15 мин	2,0		
Левак за пријем теста		16,7	1,0
Делилица за тесто		3,3	0,2
Пуњење калупа		66,7	4,0
Водни нарезивач		8,3	0,5
Покривање калупа поклопцима		66,7	4,0
Пуњење пећи		33,3	2,0
Пражњење пећи		30,0	1,8
Складиште поклопаца		13,3	0,8
Чишћење калупа		333,3	20,0
Транспортер калупа		33,3	2,0
Робот за манипулацију каплуца		33,3	2,0
Комора за хлађење производа		83,3	5,0
УКУПНО „Gostol“ I	214,3	1.193,3	71,6

Елемент опреме	Нископрит. пара (0,3-0,5 bar) kg/h	Земни гас kW
Ферментациона комора	150,0	
Тунелска пећ	240,0	2x345
УКУПНО „Gostol“ II	390,0	690,0

Табела 5.6

Укупна потрошња енергената технолошке опреме

Енергент	„HB Tehink“	„Diosna“	„Logopak“	„Standard Tech“	„Gostol“	УКУПНО
Електр. енергија [kW]	180	117	81	70	214	662
Компр. ваздух [Nm ³ /h]	36	15	49	0	72	172
Нископрит. пара [0,5 bar] - [kg/h]	0	0	0	86	390	476
Земни гас [kW]	0	0	0	0	690	690

Други задатак који се намеће пројектантима, а везан је за обезбеђивање енергетских прикључака, везан је за снабдевање општих потрошача. Општи потрошачи у овом случају су електроенергетске инсталације осветљења и прикључница, те инсталације грејања, вентилације и климатизације читавог објекта или појединих просторија у објекту. Овај захтев дефинише инвеститор, а капацитете одређују пројектанти у току израде пројектантских фаза. Користећи предности савремених „PLM“ система који садрже интегрисане базе знања, наведени капацитети се могу аутоматски генерисати на основу дефинисаних траса и промера или обрнуто: захтевани промери каблова и цеви се могу генерисати на основу дефинисаних траса капацитета потрошача.

Коначно објекат се мора снабдевати и одређеном количином воде, а из објекта се, путем канализационих инсталација, морају одвести отпадне воде.

Један део захтеване количине воде везан је за захтеве технолошке опреме и дефинишу га произвођачи опреме, други део везан је за захтеве инвеститора у погледу воде за пиће и воде за санитарне потребе у оквиру објекта, а трећи за законску регулативу којом се дефинише минимална количина воде која треба да напаја унутрашње хидранте, који се користе за гашење пожара.

Законском регулативом дефинисано је да одводи санитарних и технолошких отпадних вода морају бити независни, тј санитарне и технолошке отпадне воде се не смеју мешати. Са тим у вези пројектоваће се два система канализационих инсталација – технолошка канализација и санитарна канализација.

Табела 5.7

Захтеване количине воде за напајање опреме произвођача „Gostol“

			
Елемент опреме	Радни притисак bar	Димензија прукључка	Потрошња воде l/min
Интермедиална комора	3-5	1/2 "	9
Водни нарезивач	3-5	3/4 "	2

„Gostol“ је исказао још и захтев везан за одводе кондезата у технолошку канализацију. Предвиђено је укупно 5 одвода, једнаких димензија одводних цеви - Ø 100 мм, с тим што један од одвода мора да подноси температуру од 100° С.

Захтеви осталих добављача опреме у овом смислу, нису достављани у време дефинисања пројектног задатка, већ су саопштавани накнадно у складу са дефинисаним пројектним решењем.

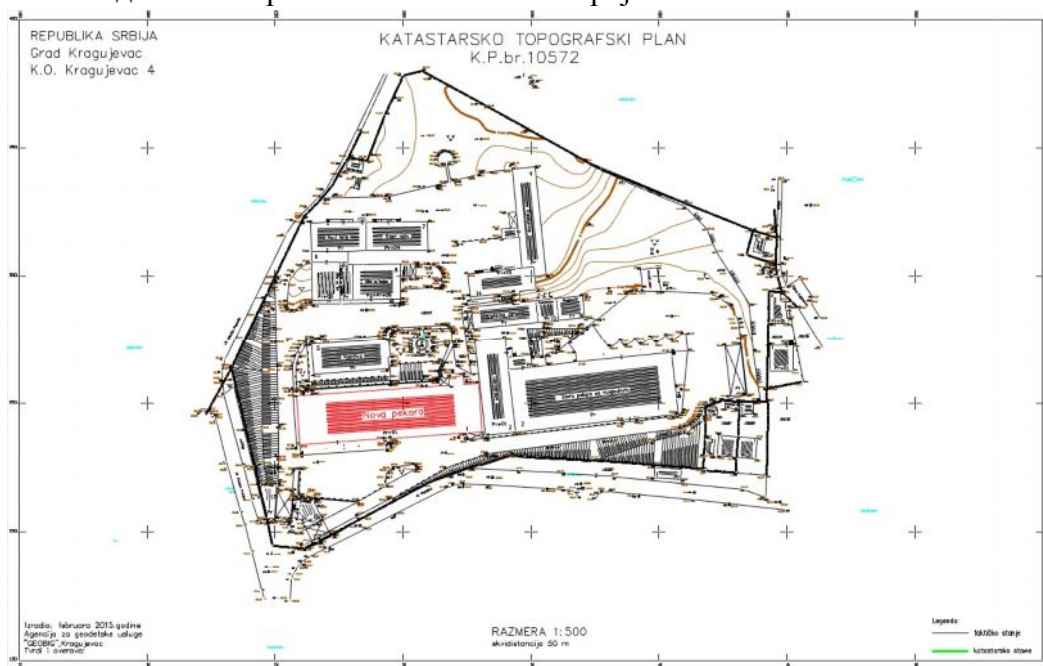
5.1.3 Катастарско-топографски план

Правилно дефинисана геометрија објекта представља један од најважнијих улазних параметара приликом пројектовања размештаја опреме и инсталација енергетских система. У пројектантској пракси, приликом реконструкције постојећих објеката, до основних габарита може се доћи на неколико начина. Први од тих начина подразумева коришћење постојеће пројектне документације. Обзиром да се, у конкретном случају ради о објекту који је изграђен пре периода дигитализације и израде електронских цртежа, пројектантима је на располагање стављена пројектна документација у аналогном, „папирном“ облику. Обзиром да, због неадекватног архивирања, достављена документација није комплетна, те да су у међевремену на самом објекту вршене одржане измене, оваква документација се не може сматрати релевантном.

Други начин дефинисања геометрије објекта, представља излазак неког од чланова пројектанског тима, најчешће архитекте, на локацију, премеравање дигиталним ручним мерним уређајима или механичким мерним тракама и каснија дигитализација „снимљених“ основа објекта. На овај начин, у зависности од знања и вештина оног који „снима“ објекат, добијају се приближно тачне вредности. Међутим ни ова метода није довољно поуздана, обзиром да се и најмања одступања, у условима згуснутог распореда опреме, могу одразити на тачност приликом пројектовања, а нарочито приликом инсталирања пројектоване опреме. Том приликом може се доћи до ситуација, којима се захтевају одређене импровизације или додатни, знатни и непредвиђени финансијски издаци за инвеститоре.

Најпоузданији начин решавања овог проблема представља израда катастарско-топографског плана. Израда овог документа поверава се акредитованој геоматарској организацији, која коришћењем савремене опреме долази до изузетно прецизних података, који касније представљају поуздану подлогу за израду свих фаза пројектне документације.

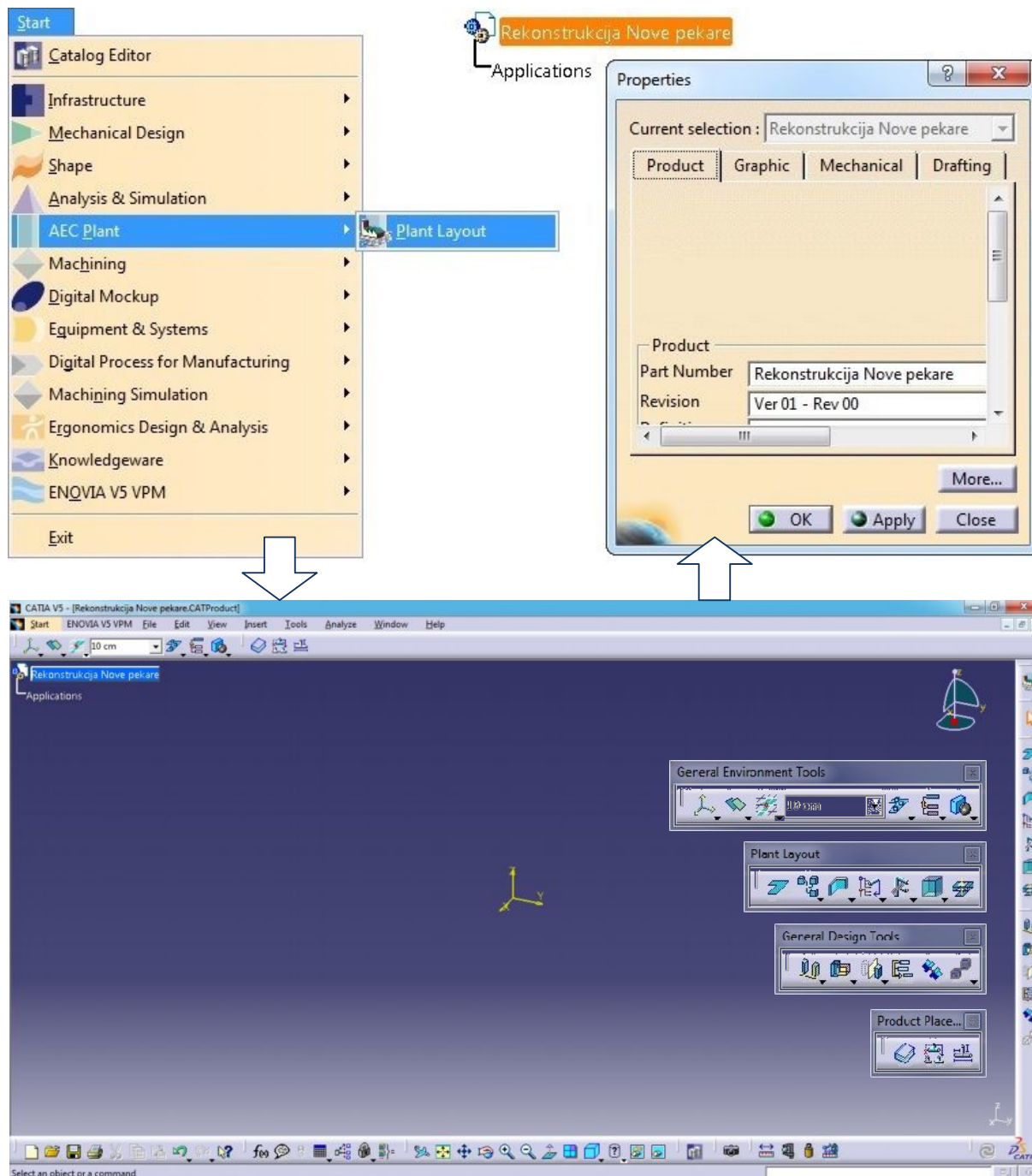
По дефиницији, катастарско-топографски план садржи положајни и висински приказ терена, положај свих објеката и пратеће инфраструктуре, као и званичне границе катастарских парцела. Овако израђен КТ план, у дигиталном и аналогном облику оверава надлежна Служба за катастар непокретности Републичког геодетског завода и он се тада може користити као основа за пројектовање.



Слика 5.1
Катастарско-топографски план комплекса „Житопродукт“

5.2 Креирање радних простора

Креирање производног модела „Реконструкција нове пекаре“ започиње у модулу *AEC Plant*, а први корак представља улазак у радно окружење *Plant layout* и дефинисање основних информација о моделу у стаблу модела.

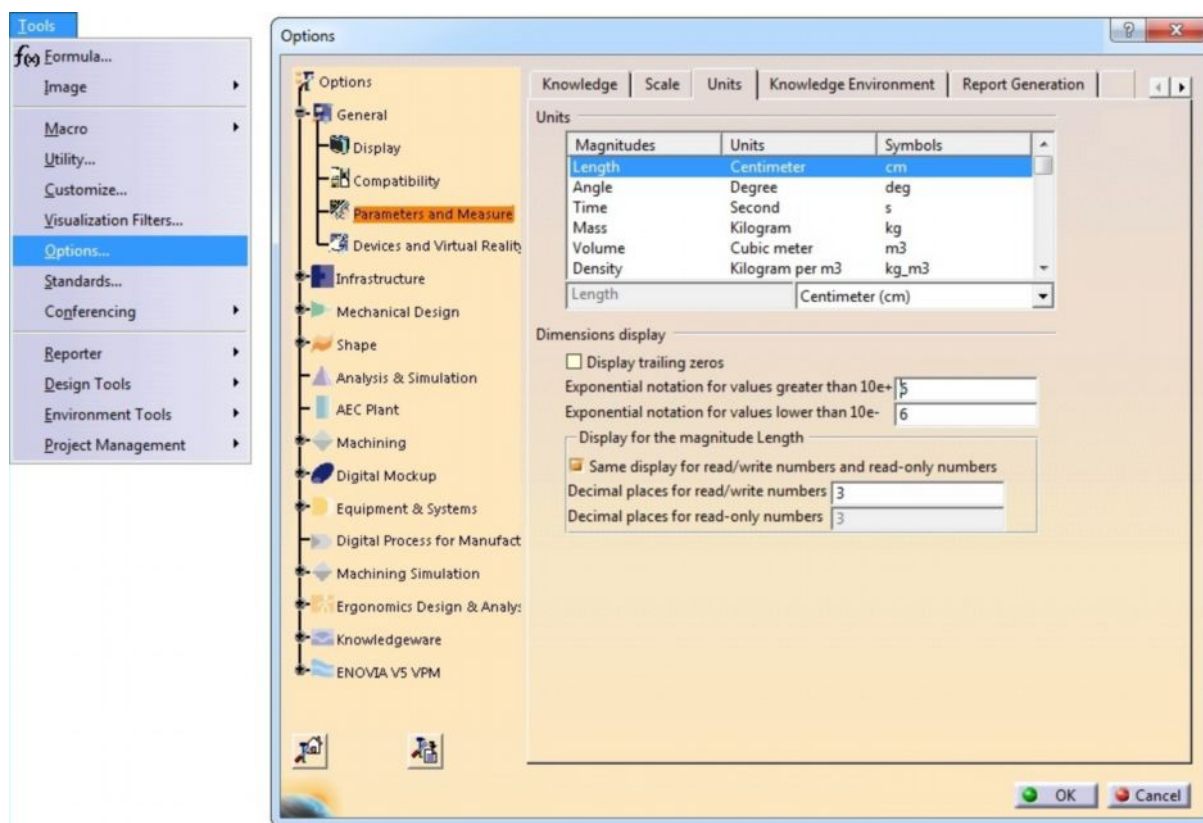


Слика 5.2

Улаз у радно окружење „Plant layout“ и унос основних информација о моделу

Само моделирање започиње креирањем тзв. радних простора. Радни простори представљају површине на којима је смештена производна и логистичка опрема, као и они простори у којима се обављају разни административни послови, те коридори (пролази), санитарни чворови, свлачионице и други простори битни за нормално и ефикасно одвијање производног процеса.

Пре почетка рада треба извршити тзв. „сетовање система“, тј. треба подесити оне параметре програма који су битни за само моделирање и који утичу на тачност креираног модела. У овом случају, то се односи на дефинисање мерних јединица. У складу са тим треба нагласити да се у области АЕС инжењеринга, као основне дужинске мере користе центиметри. Обзиром да су сви улазни параметри исказани у центиметрима, то ће се и у овом случају центиметри користити као основне јединице дужинских мера, а начин подешавања овог параметра у програмском пакету CATIA V5 R20 приказан је на слици 5.3.



Слика 5.3
Дефинисање јединица мера

5.2.1 Креирање моделске форме типа „ситуациони план“

Као што је наведено, полаз за креирање радних простора, представља геометрија простора дата катастарско-топографским планом.

Најпре се врши креирање тзв. „ситуационог плана“. На „ситуационом плану“ приказани су сви инфраструктурни елементи у окружењу, битни за потпуно дефинисање пројектног решења. У контексту креирања производних модела коришћењем модула *Plant Layout*, ситуациони план представља простор на којем се налази предметни објекат. Катастарско топографски план може се искористити за креирање тродимензионалног ситуационог плана читавог комплекса. На основу положајних и висинских кота може се измоделирати потпуно релевантан и димензионо тачан тродимензионални модел парцеле са свим припадајућим објектима, денивелацијама терена и свим постојећим инфраструктурним елементима. Тако креиран 3д модел парцеле, био би изузетно атрактиван у визуелном смислу, али са становишта израде овог рада и пројектовања уопште, такав приступ био би непрактичан из више разлога.

Најпре, креирање таквог модела, изискивало би дуго време израде. У савременим условима пословања, „сваки минут је драгоцен“, па са тим у вези, рационализација времена потребног за комплетирање пројектног циклуса, представља једну од главних основа увођења савремених *CAD-CAM* технологија.

С друге стране, креирање тако сложених модела, изискује рачунаре повишених хардверских капацитета. Овакав модел може заузети велики део меморије рачунара, па каснији рад, везан за креирање суштински битних моделских форми, из овог разлога може бити отежан или чак онемогућен.

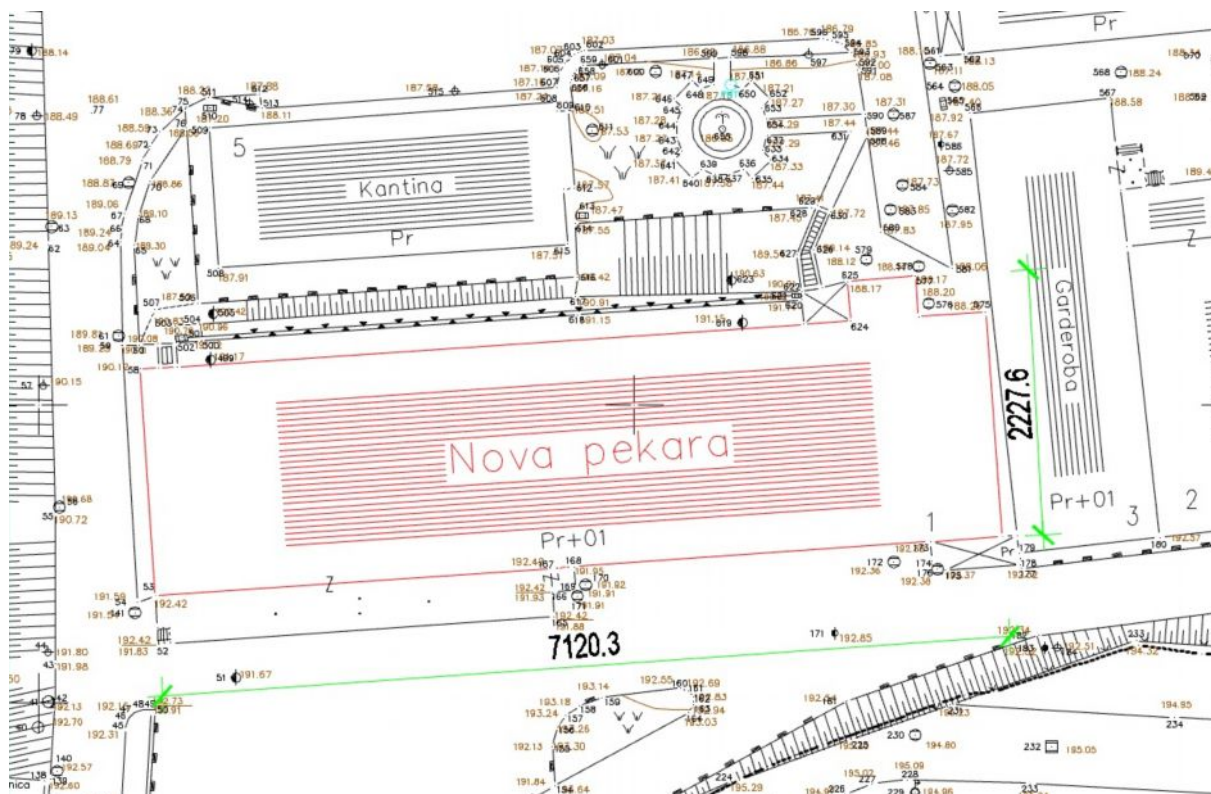
И на крају детаљан приказ „ситуационог плана“, нема битнијег утицаја на дефинисање размештаја опреме и траса енергетских инсталација у самом објекту, што јесте суштински задатак овог рада.

Због свега наведеног, приликом креирања, не само „ситуационог плана“, већ и свих осталих моделских форми од којих су сачињени производни модели, приступа се максималном поједностављењу и упрошћењу. Наравно, то поједностављење не сме прећи границу практичне употребљивости креираног модела.

Са тим у вези, „ситуациони план“, у конкретном случају, биће креиран као једноставна форма у габариту у којем се може сместити габарит предметног објекта.

Користећи катастарско топографски план, најпре одређујемо габарите објекта. Сва премеравања катастарско-топографског плана вршена су у окружењу програмског пакета „AutoCAD“. Прикази извршених радњи, у раду су представљени у виду слика на којима су приказани цртежи са одговарајућим и тачним котама. На тим сликама, пре свега због прегледности, цртежи нису дати у одговарајућим размерама.

Са слике 5.4, може се видети да су габаритне мере објекта приближно 7120 x 2230 см. У складу са тим усвајају се и габарити „ситуационог плана“, па они у овом случају износе 10000 x 5000 см.



Слика 5.4

Одређвање габарита објекта на основу катастарско-топографског плана

Креирање моделских форми које представљају радне просторе, врши се коришћењем палете алата *Plant Layout*. Избором алата (иконе) *Area Creation* отвара се дијалог прозор у којем се врши дефинисање карактеристичних параметара везаних за креирање одређених наменских радних простора.

Најпре се, палетом алата под називом *Create*, дефинише начин уноса одређене површине која представља основу неког наменског простора. Програмски пакет *CATIA V5 R20* нуди могућност уноса наведених површина на 4 начина:

1.  „Rectangular-location“ – На овај начин дефинишу се правоугаоне површине, а креирање се врши уносом димензија правоугаоника у дијалог прозору и позиционирањем средишта тог правоугаоника у радном простору програма.

2.  „Rectangular-corners“ – Овим се, такође, дефинишу правоугаоне површине, а креирање се врши „развлачењем“ правоугаоника у радном простору програма, што значи да је ова површина дефинисана паром дијагонално наспрамних темена, корнера, правоугаоника.

3.  „Bounded-inside“ – На овај начин дефинишу се површине сложеног облика, тако што се најпре исцртају границе површине. Затим се селекује простор унутар дефинисаних граница, чиме се врши креирање површине неправилног облика.

4.  „Bounded-select“ – Овим се, такође, дефинишу површине сложеног облика. За разлику од претходног случаја, креирање површине врши се селектовањем претходно исцртаних граница.

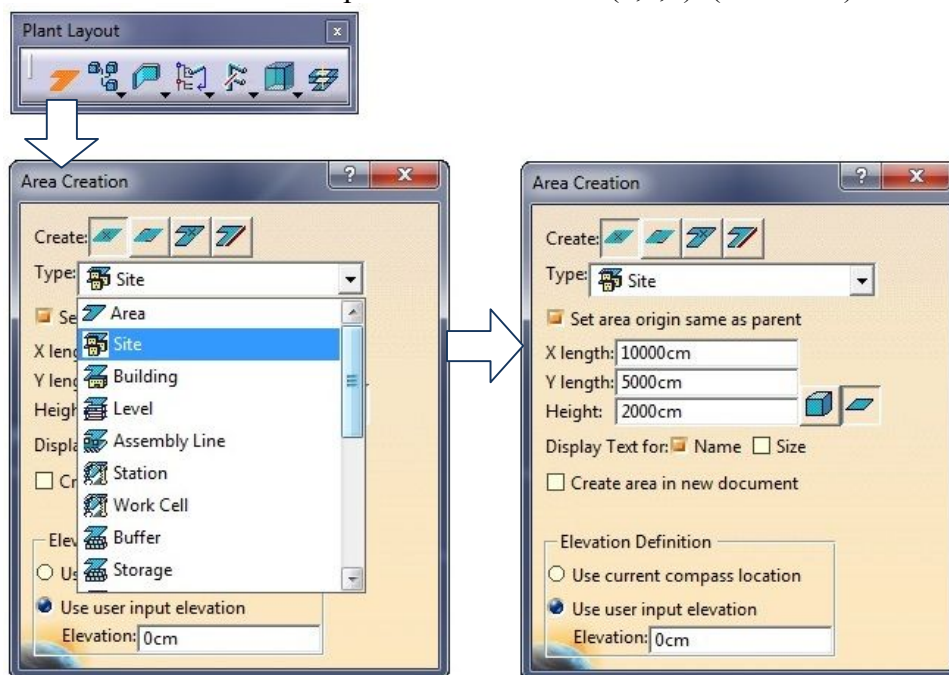
У свим случајевима, поред креирања основе, врши се и унос висине одређеног наменског простора, чиме се наменски простори димензионо у потпуности дефинишу.

Наредни корак подразумева избор одређеног типа наменског простора. Програмски пакет *CATIA V5 R20*, како је приказано сликом 5.5, нуди могућност креирања већег броја типова наменских простора:

	Area	Површина без одређене намене
	Site	Ситуациони план
	Building	Зграда
	Level	Ниво (Етажа)
	Assembly Line	Монтажна линија
	Station	Станица
	Work Cell	Радна ћелија
	Buffer	Тампон зона
	Storage	Складиште
	Shop	Радионица
	Facilities	Постројења
	Room	Канцеларија
	Hazard	Зона опасности
	Clean	Чиста соба
	Operation Zone	Оперативна зона
	Transportation Zone	Зона транспорта
	Storage Zone	Зона складишта
	Delay Zone	Зона за одлагање
	Inspection Zone	Зона контроле

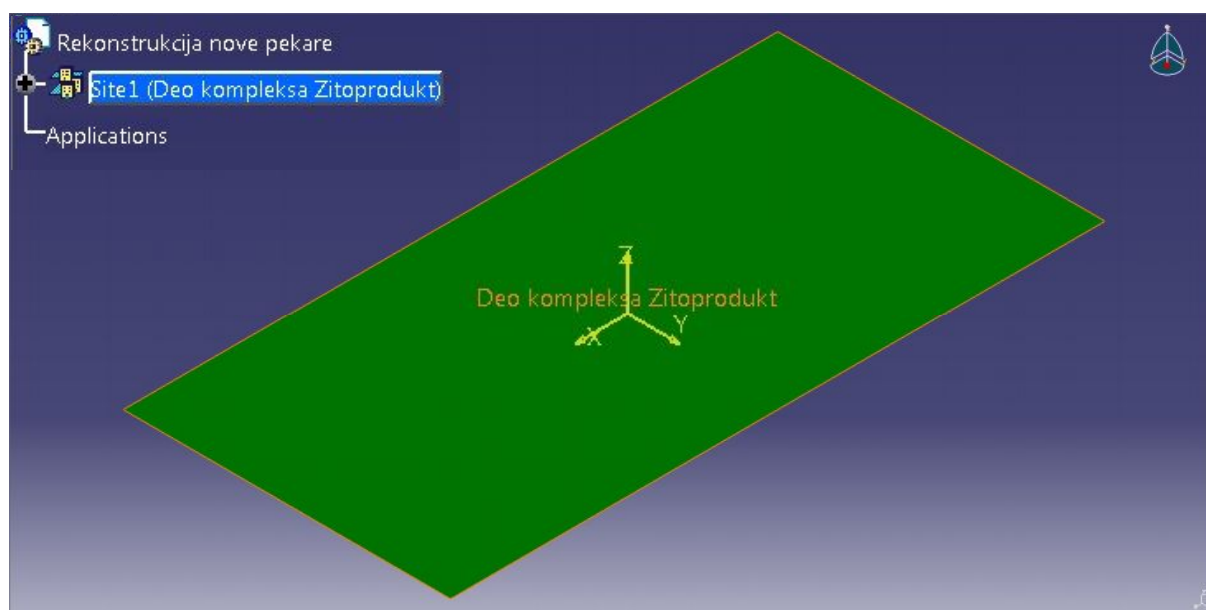
Слика 5.5
Типови наменских простора

На основу претходно наведеног, врши се одабир начина креирања површине „ситуационог плана“. Као најпрактичнија, у конкретном случају, одабрана је опција „Rectangular-location“, док је из падајућег менија „Type“ одабран тип простора „Site“. У новоотвореном дијалог прозору, приказаном на слици 5.6, унети су параметри дела парцеле на којој се налази предметни објекат: дужина (X length) – 10000 cm; ширина (Y length) – 5000 cm и висина (Height) – 0 cm. У радном простору програма, креирана моделска форма, која је названа „Deo kompleksa Zitoprodukt“, а која представља ситуациони план производног модела, позиционирана је тако да јој се средиште поклапа са почетком координатног система (0,0,0) (слика 5.7)



Слика 5.6

Дефинисање параметара моделске форме типа „ситуациони план“



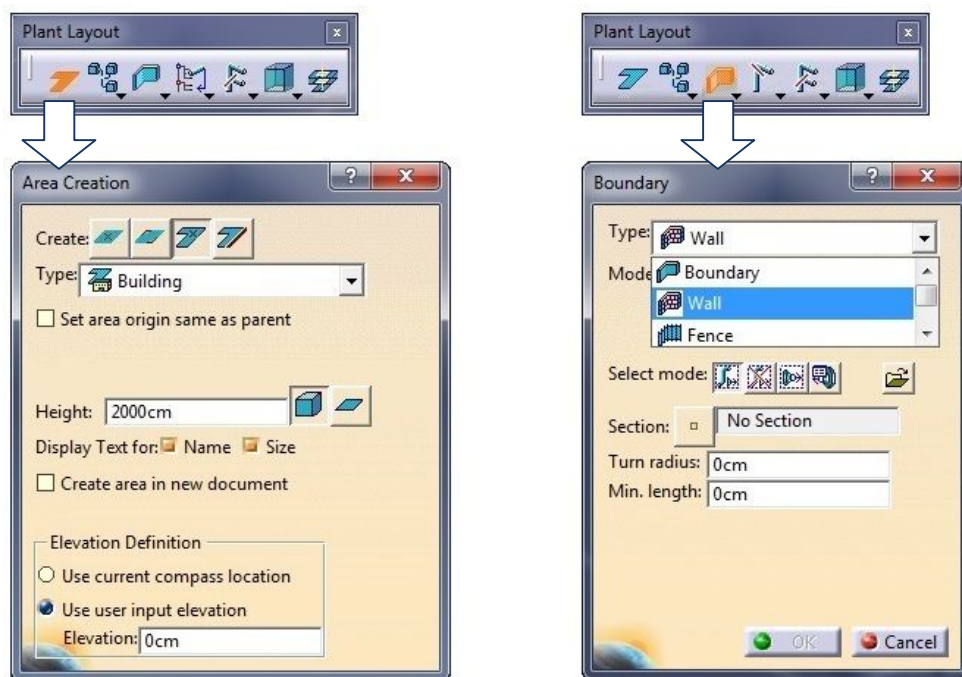
Слика 5.7

Приказ моделске форме „ситуациони план“ у радном простору „Plant Layout“ програмског пакета „CATIA V5 R20“

5.2.2 Креирање моделске форме типа „зграда“

Под креирањем „зграде“, у контексту креирања производних модела, подразумева се моделирање спољних мера (спољних зидова) објекта. Унутрашњост објекта креира се коришћењем других типова наменских простора који ће бити обрађени у наредним одељцима овог поглавља.

Поступак креирања површине основе објекта, сличан је поступку креирања „ситуационог плана“. Најпре се у падајућем менију *Type*, одабира тип простора *Building* (слика 5.8)



Слика 5.8

Дефинисање параметара моделске форме типа „зграда“

За разлику од усвојене, правоугаоне, геометрије „ситуационог плана“, основа „објекта“ није правоугаона, па се као опција уноса површина у овом случају одабира *Bounded-inside*. Са тим у вези, прво је потребно дефинисати границе „објекта“.

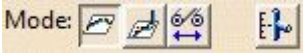
Границе различитих ентитета, у овом случају „објекта“, дефинишу се, у палети алата *Plant Layout*, избором алата (иконе) *Boundary*. Избором овог алата, отвара се дијалог прозор у који се уносе основни параметри граничних линија. Програм у овом контексту, нуди могућност дефинисања три типа граничних линија:

- граница ентитета без посебне намене
- граница ентитета у виду зида и
- граница ентитета у виду ограде

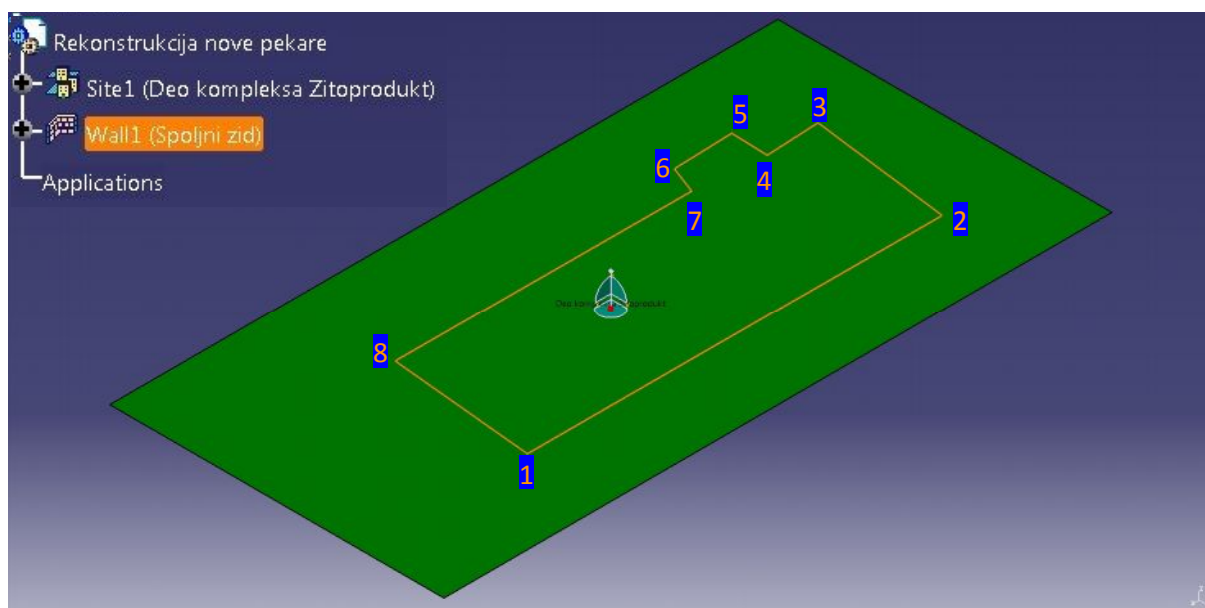
У конкретном случају, у којем је моделирани ентитет форма типа „објекат“, гранична линија дефинисана је као спољни зид.

Иако у модул *AEC Plant* није интегрисан скуп алата за скицирање, пројектант ни у овом случају, на почетку рада, не мора да буде оптерећен димензијама, већ најпре дефинише облик простора који се креира.

Унос граничне линије којом се дефинише облик неке површине, може се вршити на неколико начина (*mode*):

1.  „Point to point“ – На овај начин креира се граница објекта повлачећи линије од тачке до тачке. Овај приступ погодан је у случајевима када је основа објекта неправоугаона површина.
2.  „Orthogonal“ – На овај начин креира се граница објекта повлачећи линије од тачке до тачке, при чему су линије постављене под углом од 90°. Овај приступ погодан је у случајевима када је основа објекта правоугаона површина.
3.  „Edge Line“ – На овај начин креира се гранична линија која је постављена на одређеном растојању у односу на постојећу линију или ивицу неке површине.
4.  „Branch at center“ – Овом командом креира се грана (линија) чији је полаз на половини постојеће (раније креиране) гране.

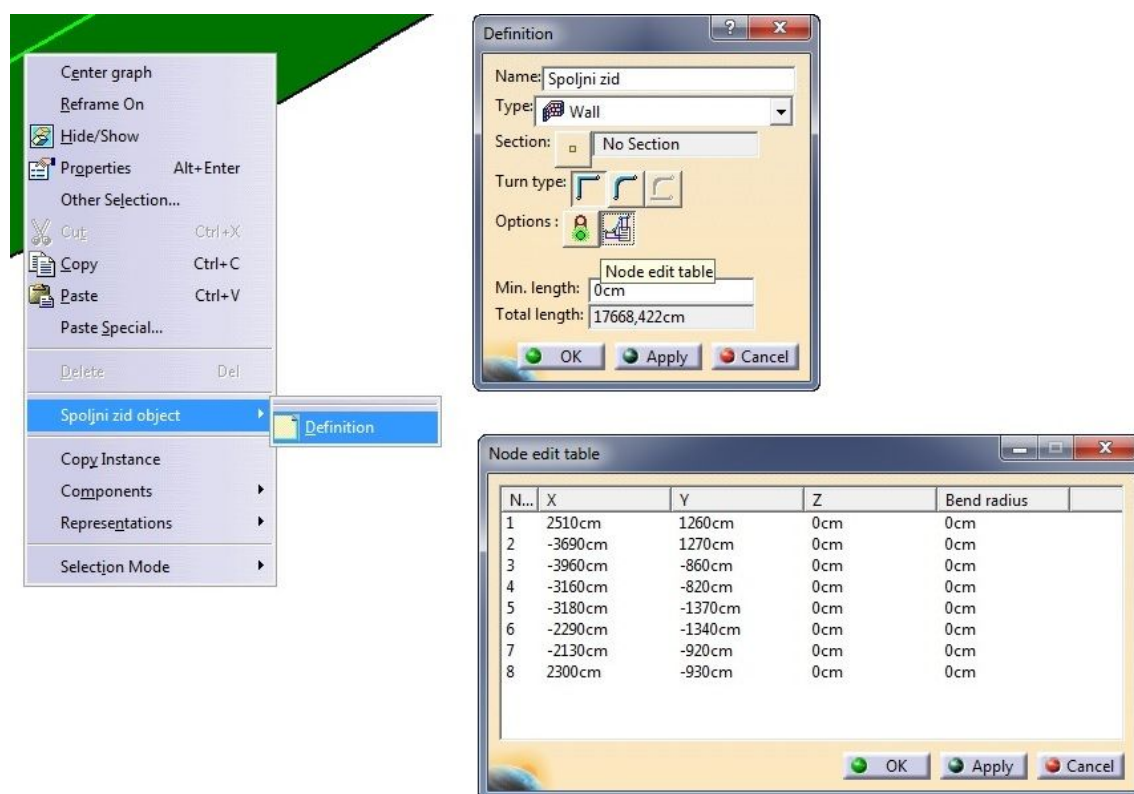
Обзиром да је предметни објекат у основи, неправоугаоног облика, то се дефинисање граница (зида) врши путем „moda“ *Point to point*, при чему се, као што је наведено, у почетку креира приближни облик објекта не водећи рачуна о димензионим и осталим функционалним ограничењима. Прелиминарни облик граничне линије објекта, приказан је на слици 5.9.



Слика 5.9

Прелиминарни облик граничне линије објекта

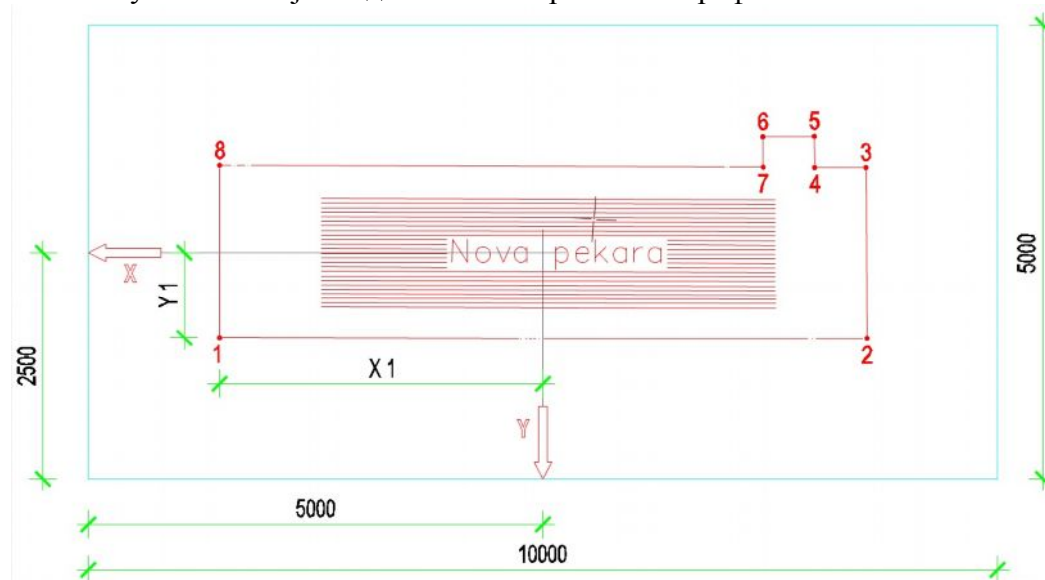
Тако дефинисане границе једнозначно су одређене координатама тачака (чворова). Те координате се могу мењати у одговарајућој табели до које се долази на следећи начин: Најпре се селекује креирана гранична линија. Десним кликом миша отвара се контекстуални мени у којем се селекује *Object*. Селектовањем *Definition*, једине опције у падајућем менију команде *Object*, отвара се дијалог прозор са основним информацијама о креираној граничној линији. Избором опције *Node edit table*, како је приказано сликом 5.10, долази се до табеле у којој су генерисане вредности координата прелиминарно дефинисаног облика граничне линије објекта.



Слика 5.10

Дефинисања димензионих ограничења приликом креирања граничних линија

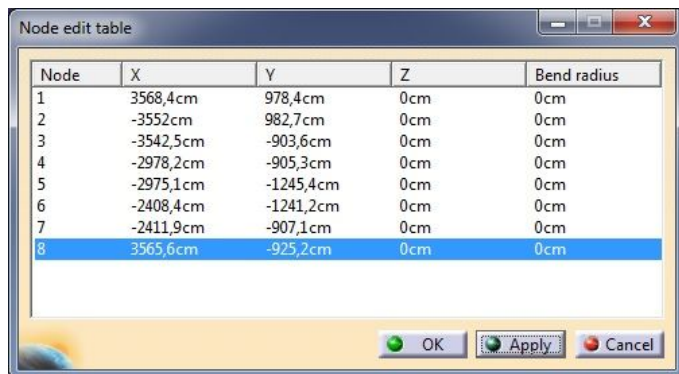
У следећем кораку у наведену табелу уносе се праве димензије граничне линије. На *слици 5.11*, приказан је начин дефинисања чворова и одређивање њихових координата на основу снимка објекта датог катастарско-топографским планом.



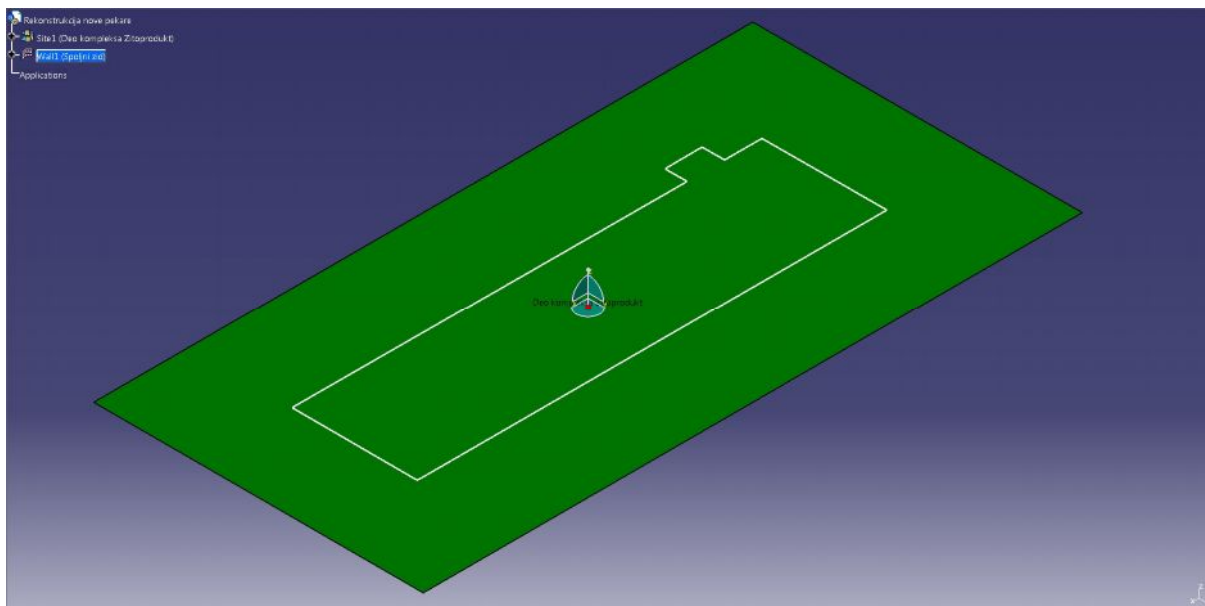
Слика 5.11

*Начин одређивања координата чворова граничне линије
на основу катастарско-топографског плана*

Границе предметног објекта дефинисане су са 8 чворова, тако да коначну геометрију основе објекта дефинише укупно 16 нумеричких вредности – 8 „x“ координата и 8 „y“ координата референтног координатног система. Заменом тих вредности у табели у којој су дефинисане координате прелиминарног облика граничне линије, генерише се коначни облик основе објекта (слика 5.12).



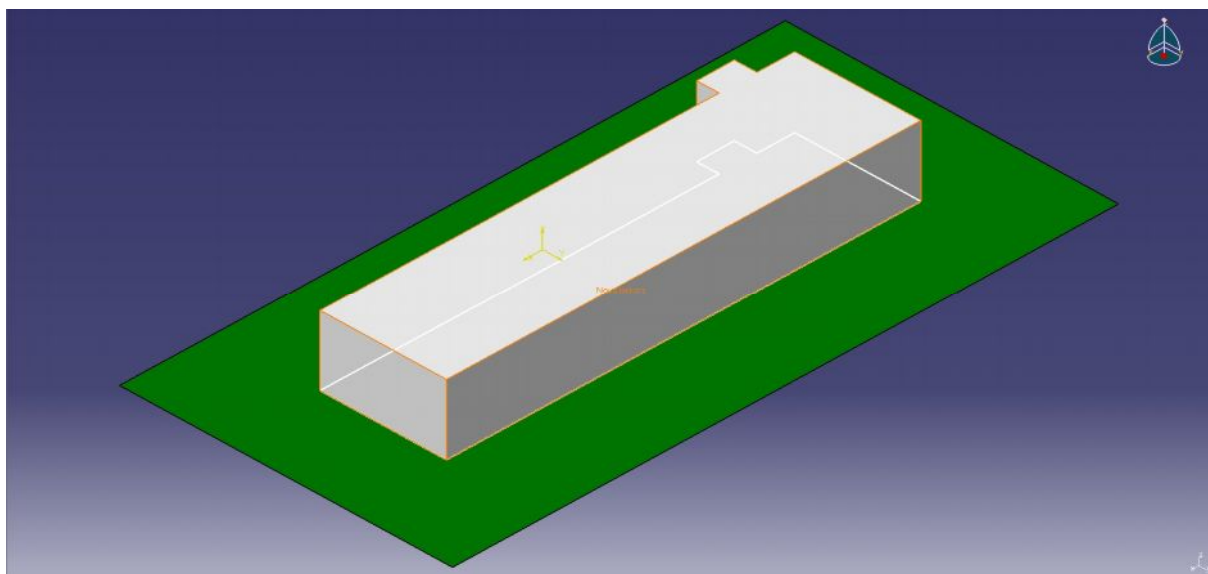
Node	X	Y	Z	Bend radius
1	3568,4cm	978,4cm	0cm	0cm
2	-3552cm	982,7cm	0cm	0cm
3	-3542,5cm	-903,6cm	0cm	0cm
4	-2978,2cm	-905,3cm	0cm	0cm
5	-2975,1cm	-1245,4cm	0cm	0cm
6	-2408,4cm	-1241,2cm	0cm	0cm
7	-2411,9cm	-907,1cm	0cm	0cm
8	3565,6cm	-925,2cm	0cm	0cm



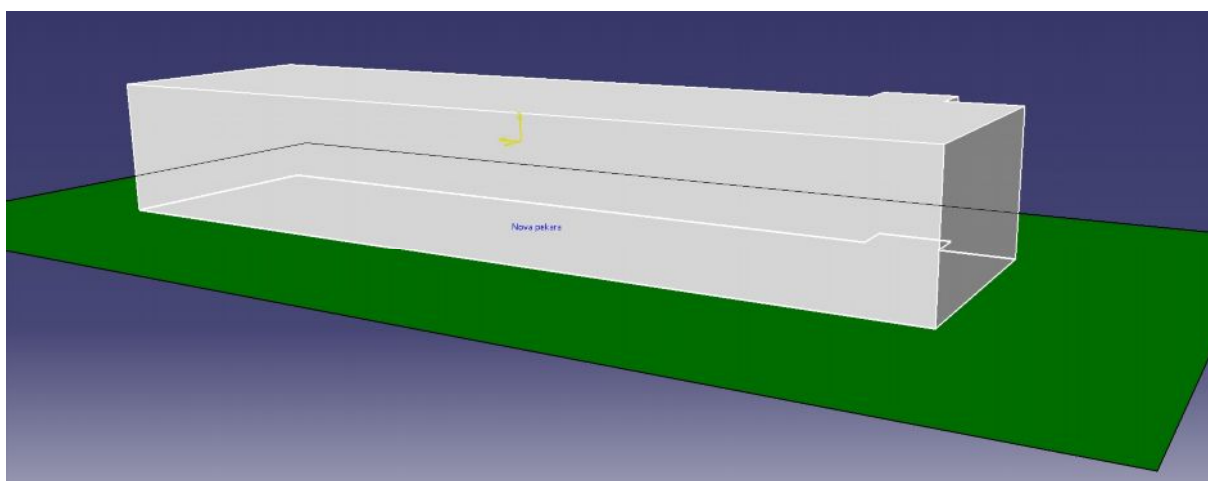
Слика 5.12
Дефинисања коначног облика граничне линије објекта

Након креирања граничне линије, врши се враћање у дијалог прозор *Area Creation* у којем је на почетку рада унета вредност *Height*, којом се дефинише висина објекта. Као што је на почетку овог одељка наведено, након тога, одабира се опција *Bounded-inside* из палете алата *Create*, а курсор позиционира у простор унутар граничне линије. Леви клик миша, при тако позиционираном курсору, представља последњи корак приликом дефинисања радне геометрије предметног објекта (слика 5.13).

На овај начин извршено је креирање моделске форме типа „зграда“, при чему се, као што је објашњено у случају креирања „ситуационог плана“, приступило максималном поједностављењу и упрошћењу моделске форме. Иако димензионо прецизно дефинисана, овако креирана моделска форма се, из раније наведених разлога, у визуелном смислу, у потпуности не поклапа са реалним изгледом објекта (слика 5.14).



Слика 5.13
Приказ моделске форме типа „зграда“
у радном простору „Plant Layout“ програмског пакета „CATIA V5 R20“



Слика 5.14
Упоредни приказ производне моделске форме и фото-реалистичног модела објекта

Кроз приказ креирања моделских форми типа „ситуациони план“ и „зграда“ детаљно су описани начини уноса геометрије. На тај начин, у зависности да ли су у основи правоугаоног или неправоугаоног облика, дефинисаће се и геометрије свих осталих производних моделских форми, па у вези са тим, ови сегменти моделирања у наставку рада, неће бити детаљно описивани за сваку моделску форму понаособ.

5.2.3 Креирање моделске форме типа „ниво“

Појам „ниво“, у овом контексту, подразумева етаж (спратове) унутар објекта на којима се врши распоред простора и опреме. У објекату „Нова пекара“ постоје укупно четири етаже:

- сутерен
- приземље
- међуспрат и
- спрат

Сутерен је тзв. подземна етажа, а на моделу је креирана испод нивоа ситуационог плана. Функционално, ово је простор који служи за смештај техничких просторија и опреме:

- трафостанице
- компресорске станице и
- разделника паре

Приземље се налази у „нивоу ситуационог плана“ и представља простор који је предвиђен за складиштење сировина за производњу и готових производа. У оквиру овог нивоа, треба предвидети и позиционирати следеће просторе:

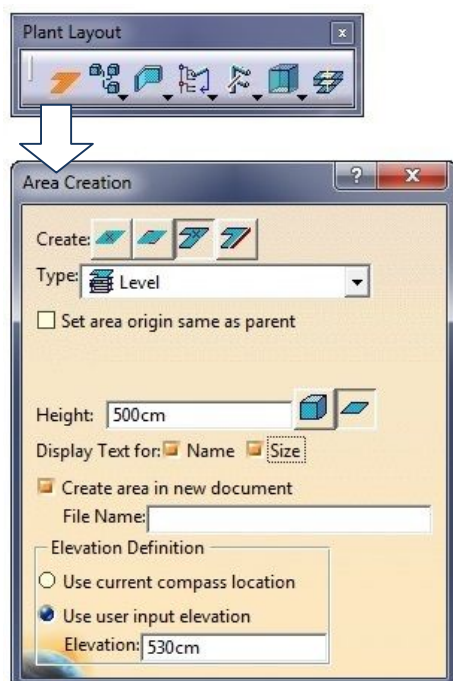
- 4 силоса за брашно капацитета 30 тона
- простор за припрему сировина у оквиру којег ће се налазити: станице за аутоматско пуњење силоса; резервоар за припрему квасног млека капацитета 500 литара; резервоар за складиштење и дозирање квасног млека капацитета 1000 литара; резервоар за припрему палминог уља капацитета 500 литара
- техничку просторију која ће представљати радионицу за одржавање опреме и у којој ће истовремено бити смештени ормани аутоматике којима се управља производном опремом.
- простор за припрему сировина за производњу хлеба која се обавља у суседном објекту „Стара пекара“
- простор за дневно складиштење сировина
- хладњачу за квасац
- простор за смештај палетних регала на којима се складиште готови производи
- простор за смештај опреме за целофанирање и паковање готових производа у картонске кутије и пластичне гајбице
- канцеларију за магационера

На међуспрату објекта треба предвидети и позиционирати административни део са канцеларијама, конференцијском салом, и пратећим просторијама, свлачионице за преобуку радника и санитарни чвор са туш кабинама.

На овој етажи врши се раздвајање „прљавог“ и „чистог“ пута. Такозвани „прљави пут“ представља пут којим радници долазе на посао. Он води све до свлачионица у којима се врши преобука и стерилизација, како би се у радни погон, до којег се долази „чистим путем“ унело што мање микрочестица и нечистоћа, а што је један од основних захтева у прехранбеној индустрији.

На спрату објекта треба извршити размештај технолошке опреме којом се врши директна производња калупног хлеба.

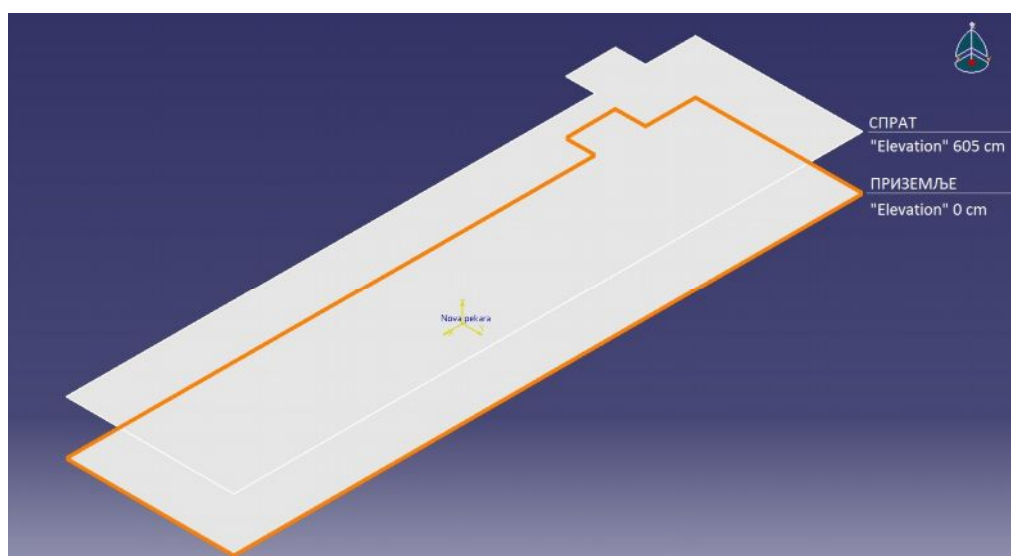
Креирање нивоа (етажа), као и у претходним случајевима, врши се дефинисањем параметара у дијалог прозору *Area Creation* избором површине типа *Level*.



Слика 5.15

Дефинисање параметара моделске форме типа „ниво“

Обзиром да нивои прате геометрију објекта, то се приликом њиховог креирања примењује поступак за унос геометрије објекта неправоугаоног облика, који је описан приликом креирања моделске форме типа „зграда“. Геометрије етажа „приземље“ и „спрат“ у потпуности су идентичне са геометријом основе „зграда“, па се за њихово креирање, не мора дефинисати нова гранична линија, већ се може користити она која је коришћена приликом креирања моделске форме „зграда“, при чему се у пољу *Elevation* дефинише „подизање“ креиране површине у односу на раван у којој се налази гранична линија, чиме се заправо дефинишу спратови, односно етаже, објекта.

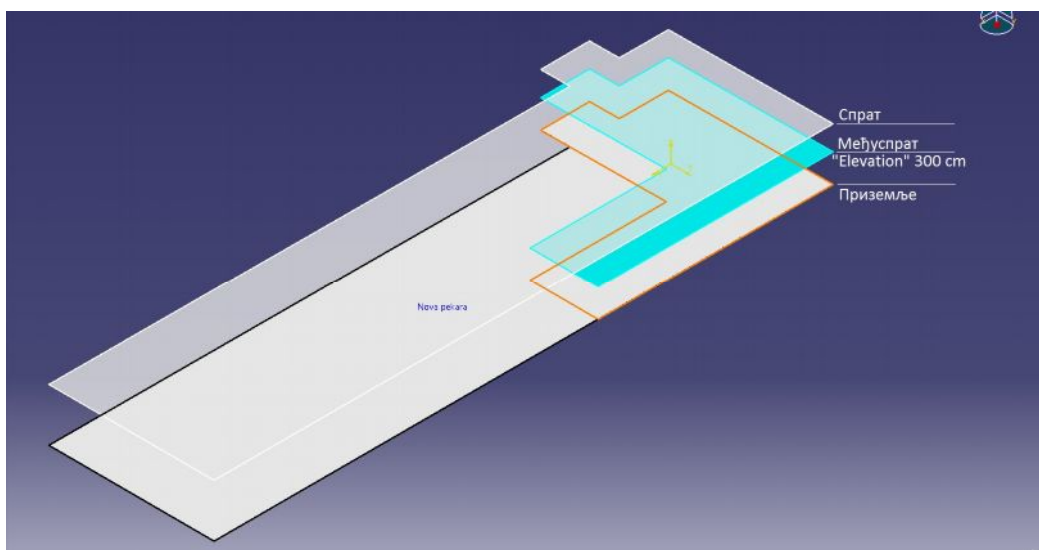


Слика 5.16

Дефинисање етажа „приземље“ и „спрат“

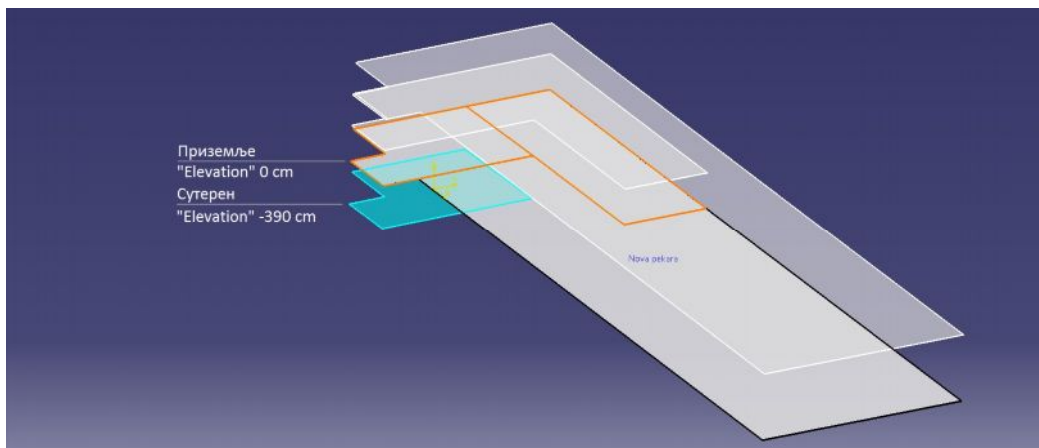
За разлику од етажа „приземље“ и „спрат“, геометрије етажа „сутерен“ и „међуспрат“ не одговарају геометрији основе објекта, односно за њихово креирање, не може се користити гранична линија којом је дефинисана моделска форма „зграда“. У овом случају врши се креирање нових граничних линија, на већ описан начин, при чему треба нагласити да се све граничне линије могу креирати на истом нивоу (у равни $z=0$), а да се касније позиционирање различитих ентитета по висини врши дефинисањем „подизања“ у пољу „Elevation“ или се свака од граничних линија може креирати на одређеној висини, дефинисањем „z“ координата чворова граничне линије у *Node edit table* (слика 5.10)

У конкретном случају граничне линије свих етажа, налазиће се на истом нивоу. При томе треба водити рачуна да се, уколико постоји преклапање граничних линија или се једна гранична линија налази унутар површине оивичене другом граничном линијом, најпре креира она гранична линија, која има већи габарит. У овом случају то је гранична линија међуспрата, а начин дефинисања ове етаже приказан је на слици 5.17.



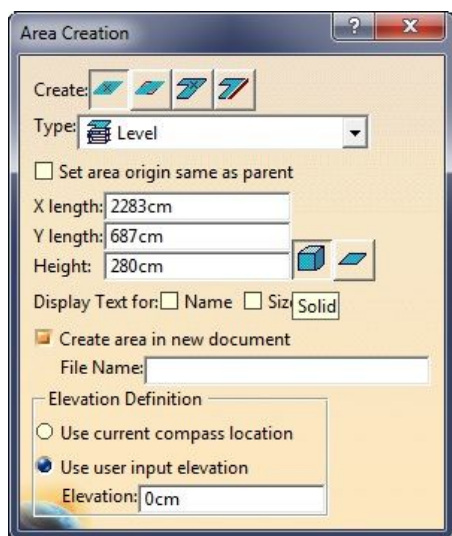
Слика 5.17
Дефинисање етаже „међуспрат“

Карактеристика етаже „сутерен“ је то што се она налази испод нивоа дефинисаног моделском формом „ситуациони план“. Начин креирања ове етаже је идентичан претходним примерима, с тим што ће вредност „подизања“ у овом случају бити негативна.



Слика 5.18
Дефинисање етаже „сутерен“

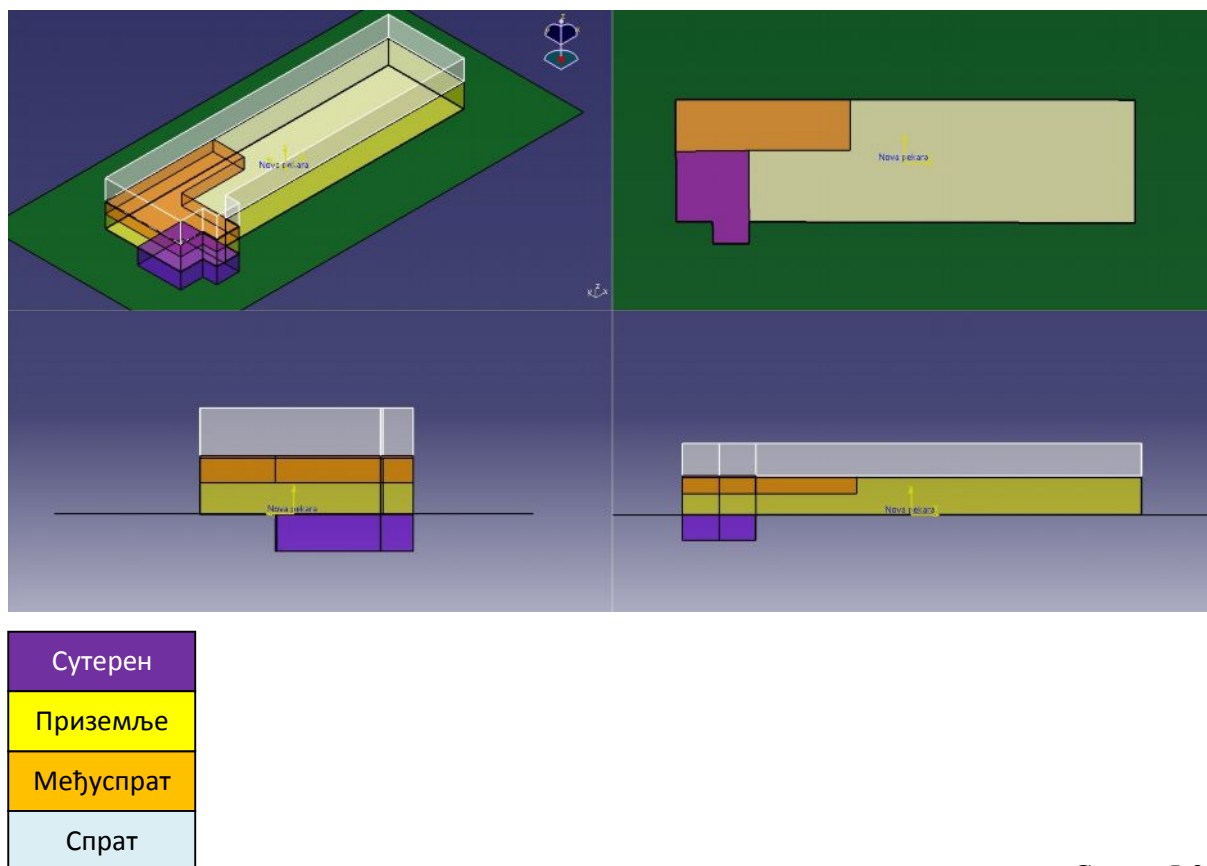
На крају треба нагласити да се све производне моделске форме којима се дефинишу одређени простори, избором опције *Solid* (слика 5.19), могу представити у тродимензионалном приказу.



Слика 5.19

Избор опције „solid“ којом се врши тродимензионални приказ простора

На слици 5.20 приказан је тродимензиони приказ објекта са дефинисаним моделским формама типа „ниво“, који представљају спратове (етаже) објекта „Нова пекара“



Слика 5.20

Тродимензиони приказ креираних моделских форми типа „ниво“

5.2.4 Креирање моделских форми које представљају функционалну везу између „нивоа“ објекта

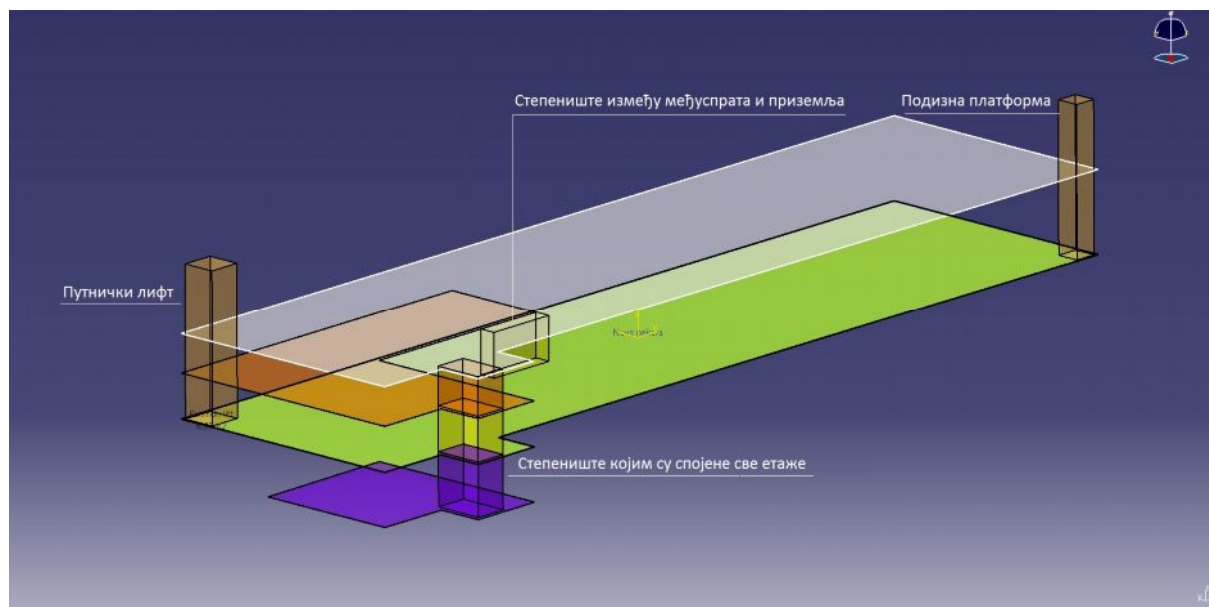
Етаже објекта међусобно су спојене функционалним елементима за кретање људи и транспорт материјала. Ови елементи, такође, представљају део производног модела, а креирају се, у зависности од типа и облика, на идентичан начин као претходно описане моделске форме.

У објекту „Нова пекара“ наведени функционални елементи су степеништа, путнички лифт и подизна платформа за транспорт материјала. Све наведене моделске форме заузимају просторе, који су у основи правоугаоног облика, па се у складу са тим врши и њихово креирање.

Као што је у одељку 5.2.1 наведено дефинисање параметара свих радних простора врши су у окружењу *Plant Layout* избором алата (иконе) *Area Creation*, при чему први корак представља дефинисање типа наменског простора у складу са *сликом 5.5*. Са тим у вези у наставку рада, неће се давати детаљан опис креирања одређених моделских форми којима се дефинишу радни простори, већ ће, уз пратеће цртеже на којима се види креиран елемент, бити наведено који тип наменског простора је изабран приликом креирања наведене моделске форме.

У овом случају функционални елементи којима су повезане етаже објекта су креирани коришћењем типа наменског простора „Transportation zone“

На *слици 5.21*, приказан је распоред простора којег заузимају ови елементи у поједностављеној, а истовремено довољно прегледној форми.



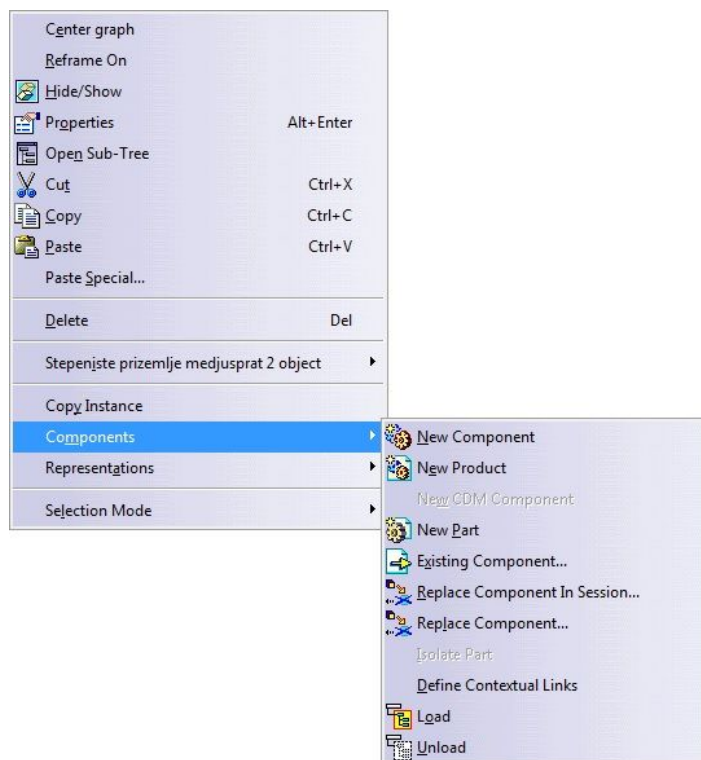
Слика 5.21

Дефинисање моделских форми којима су представљени елементи који функционално повезују етаже објекта

Како се производни модел састоји из великог броја производних моделских форми, због лакше прегледности и употребљивости самог модела, често се врши усложњавање моделске форме кроз њену визуелизацију. У досадашњем делу рада све креиране моделске форме приказане су у поједностављеном облику, којим је дефинисана само заузетост одређених простора. У наставку рада неке од производних моделских форми биће дефинисане и као геометријске форме са јасно одређеним обликом и задовољавајућом димензионом тачношћу.

У идеалном случају, свака од ових форми била би у потпуности геометријски и димензионо дефинисана, са детаљним приказом свих припадајућих елемената. У пракси, због низа ограничавајућих фактора, од којих су неки већ наведени у овом раду (капацитети рачунара, потребно време израде модела и сл.), не практикује се израда модела са тако дефинисаним моделским формама.

У контексту претходно наведеног, креирани су геометријски модели, који представљају производну моделску форму степениште. Један од начина уноса ових компоненти је путем контекстуалног менија, до којег се долази десним кликом миша на одабрану моделску форму у стаблу модела (слика 5.22).



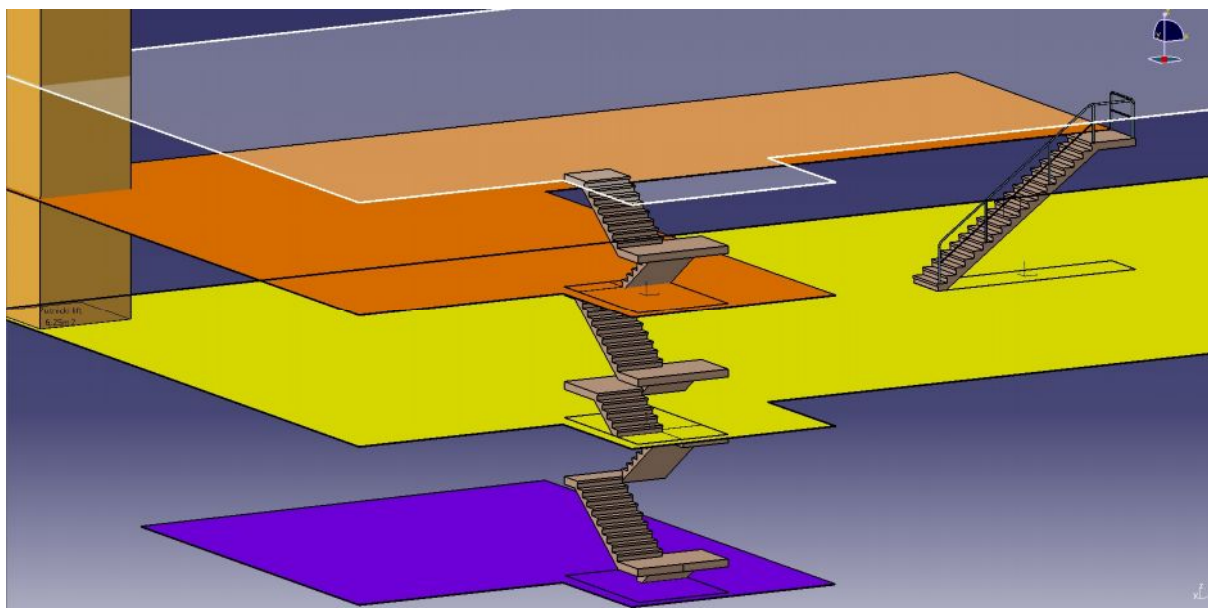
Слика 5.22

Избор контекстуалног менија којим се креирају компоненте производних моделских форми

У падајућем менију *Components* врши се одабир начина уноса наведених компоненти. Обзиром да је ово један од стандардних начина уноса елемената, он овде неће бити детаљно обрађен и анализиран, али ће се у контексту израде производног модела нагласити, да се геометријски модел, који се креира или импортује на овај начин, везује за претходно дефинисан простор производне моделске форме и да свака манипулација са тим простором истовремено представља и манипулацију изабраном компонентом.

На слици 5.23 приказан је приказ геометрије степеништа креиран избором опције *New Part*.

Као што се на слици 5.22 види, један од начина уноса компоненти је и унос избором опције *Existing Component*. Ово је посебно погодан приступ приликом креирања размештаја производне опреме, у случајевима да произвођач или дистрибутер опреме поседује 3Д моделе те опреме.



Слика 5.23

Визуелизација производних моделских форми „степениште“

5.2.5 Креирање радних простора у сутерену објекта

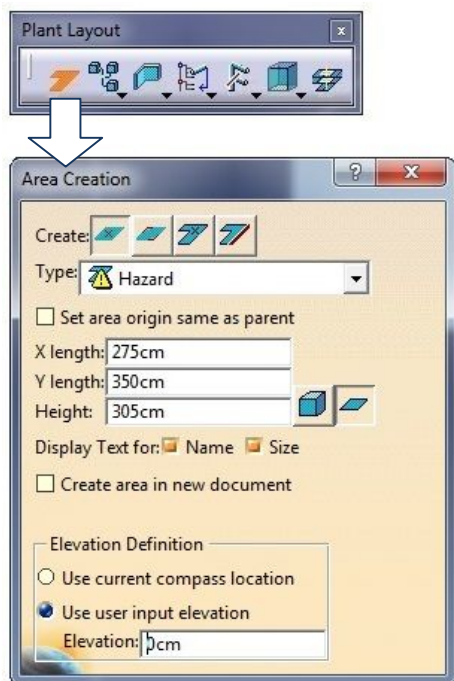
Сутерен објекта намењен је за смештај постројења, који технолошку опрему напајају енергентима. Као што је у пројектном задатку наведено, произвођачи технолошке опреме истакли су захтеве везане за обезбеђивање напајања електричном енергијом, компримованим ваздухом, нископритисном воденом паром и земним гасом.

Земни гас, као енергент, за чије коришћење је потребна посебна сагласност, у објект се уводи из мерно-регулационе станице, засебног објекта унутар комплекса, па у складу са тим не постоји потреба за инсталирањем посебног постројења у самом објекту.

За напајање електричном енергијом користиће се нова трафостаница, која се у складу са законском регулативом, може поставити у оквиру објекта, али у посебно издвојеном простору. Са тим у вези извршено је дефинисање потребног простора, у којем ће, наведена трафостаница бити смештена.

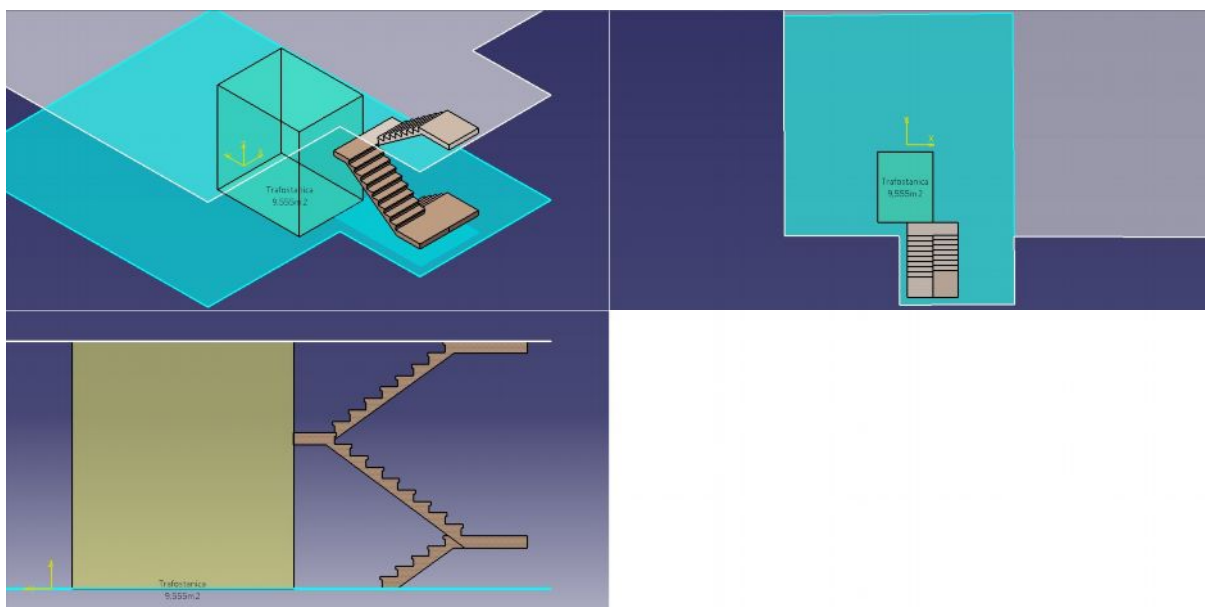
Креирање простора трафостаница, као и у претходним случајевима, врши се дефинисањем параметара у дијалог прозору „Area Creation“, овога пута избором површине типа *Hazard*, којом су обележени простори у којима постоје посебно изражене опасности по здравље и безбедност људи. Као што је раније наведено, поступак креирања радних простора, у наставку рада неће бити посебно описиван, већ ће бити илустрован сликама, на којима се виде основни параметри дефинисани у радним прозорима и позиције простора у радном окружењу *Plant Layout*. Начин уноса параметара и дефинисање позиције моделске форме „трафостаница“ дати су на сликама 5.24 и 5.25.

Компримовани ваздух и нископритисна водена пара до потрошача у приземљу и на спрату објекта, воде се од индустријског компресора, односно разделника водене паре. Ова постројења не изискују издвојене просторије, па за потребе њиховог смештаја не креирају се посебни радни простори, те стога начин њиховог креирања неће бити описан у овом одељку, већ ће то бити учињено у одељку у којем се описује размештај производне опреме.



Слика 5.24

Дефинисање параметара моделске форме типа „зона опасности“



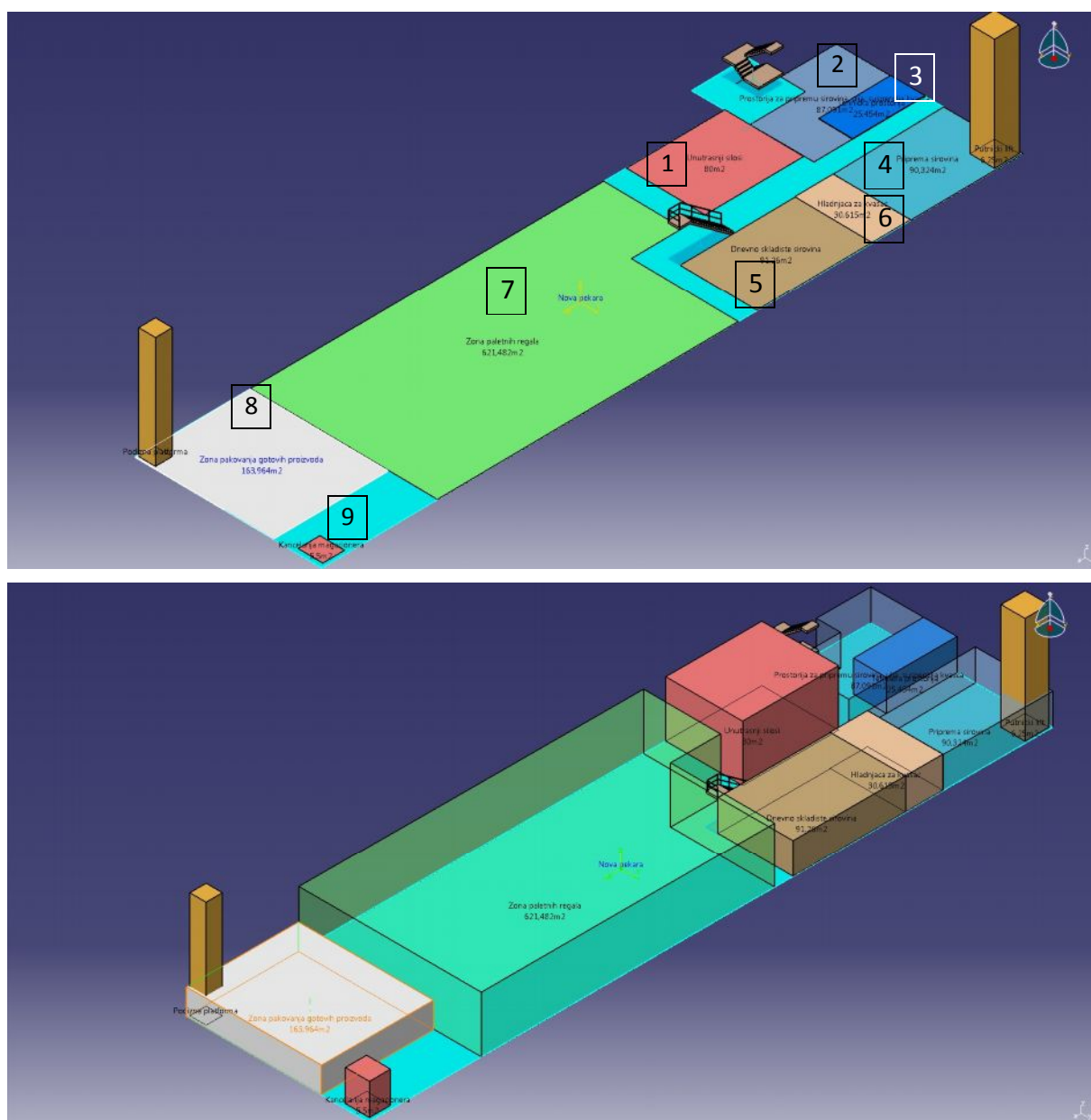
Слика 5.25

Дефинисање радног простора у којем ће бити смештена трафостаница

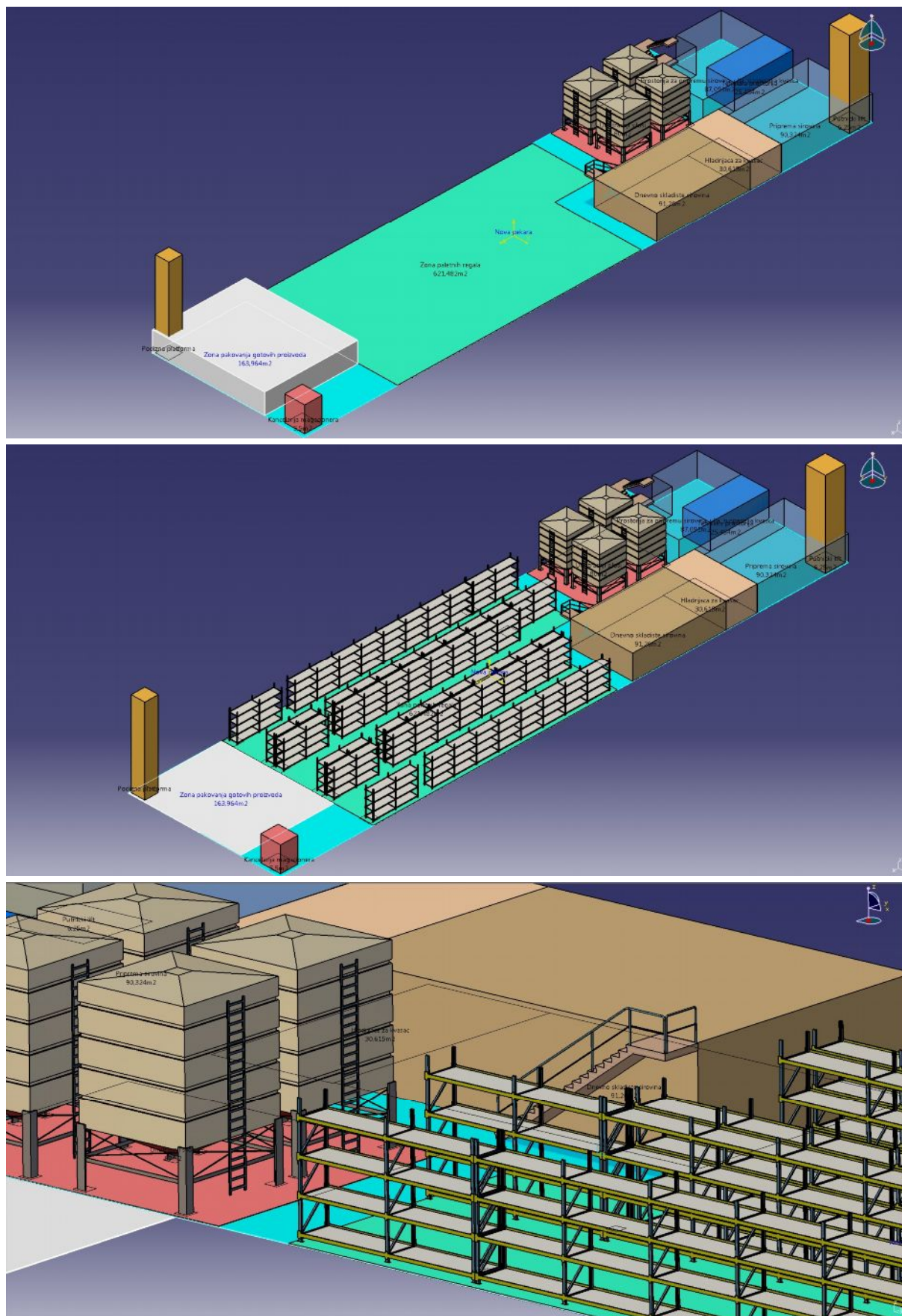
5.2.6 Креирање радних простора у приземљу објекта

У приземљу објекта врши се складиштење сировина за производњу, складиштење готових производа и обезбеђује потребна логистика за несметано одвијање производње. У ту сврху, раније описаним методама, у дијалог прозору „Area Creation“, избором површина типа *Area*, *Storage*, *Shoop* и *Room*, креирани су следећи радни простори:

1. простор у који се смештају 4 силоса за брашно капацитета по 30 тона
2. простор за припрему сировина, у оквиру којег се налази: станица за аутоматско пуњење силоса; резервоар за припрему квасног млека; резервоар за складиштење и дозирање квасног млека; резервоар за припрему палминог уља
3. техничка просторија у којој се одржава опрема и у којој су истовремено смештени ормани аутоматике којима се управља производном опремом.
4. простор за припрему сировина за производњу хлеба која се обавља у суседном објекту „Стара пекара“
5. простор за дневно складиштење сировина
6. хладњача за квасац
7. простор за смештај палетних регала на којима се складиште готови производи
8. простор за смештај опреме за целофанирање и паковање готових производа у картонске кутије и пластичне гајбике
9. канцеларија за магационера



Слика 5.26
Дефинисање радних простора у приземљу објекта (2д и 3д приказ)



Слика 5.27
Визуелизација радних простора у приземљу објекта

На *слици 5.26* дат је размештај радних простора у поједностављеном облику у 2д и 3д приказу, док је *сликом 5.27* приказана визуелизација радних простора у који се смештају силоси за брашно и палетни регали.

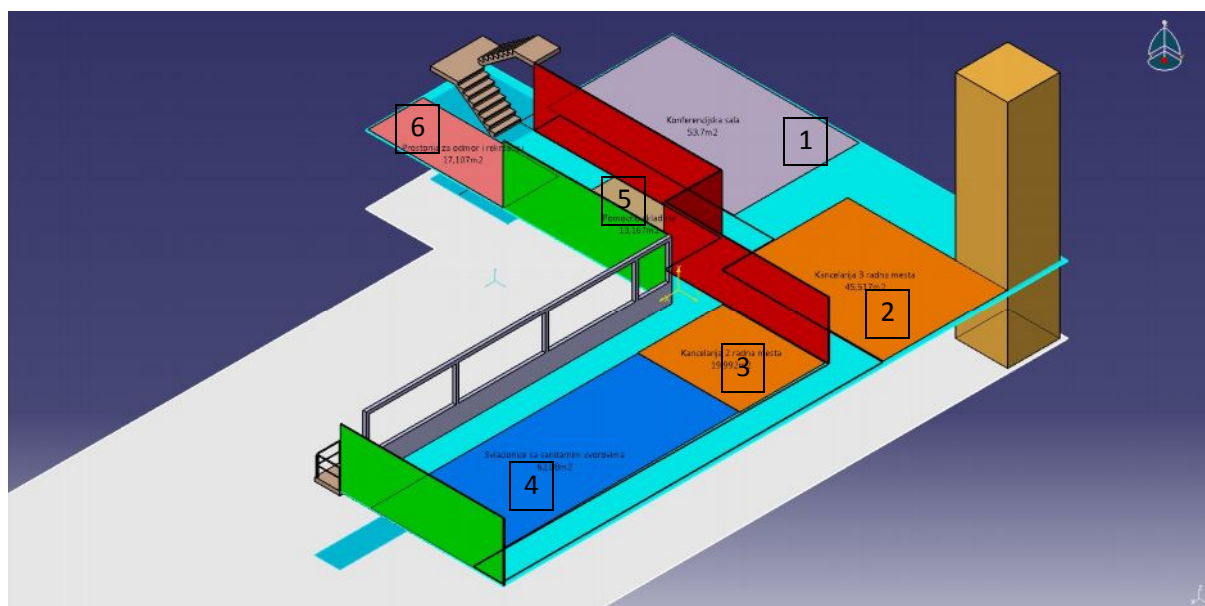
Детаљни геометријски модели наведених производних моделских форми, поред визуелног приказа радних простора, за сврху имају и касније вршење одређених анализа, попут испитивања могућности манипулације виљушкарком, дефинисања укупног капацитета палетних регала или провере приступа радника одржавања опреми на поклопцима великих силоса.

5.2.7 Креирање радних простора на међуспрату објекта

На међуспрату објекта налази се административни део са канцеларијама, конференцијском салом, и пратећим просторијама, свлачионице за преобуку радника и санитарни чвор са туш кабинама.

У ту сврху у дијалог прозору *Area Creation*, избором површина типа *Area*, *Storage* и *Room*, креирани су следећи радни простори:

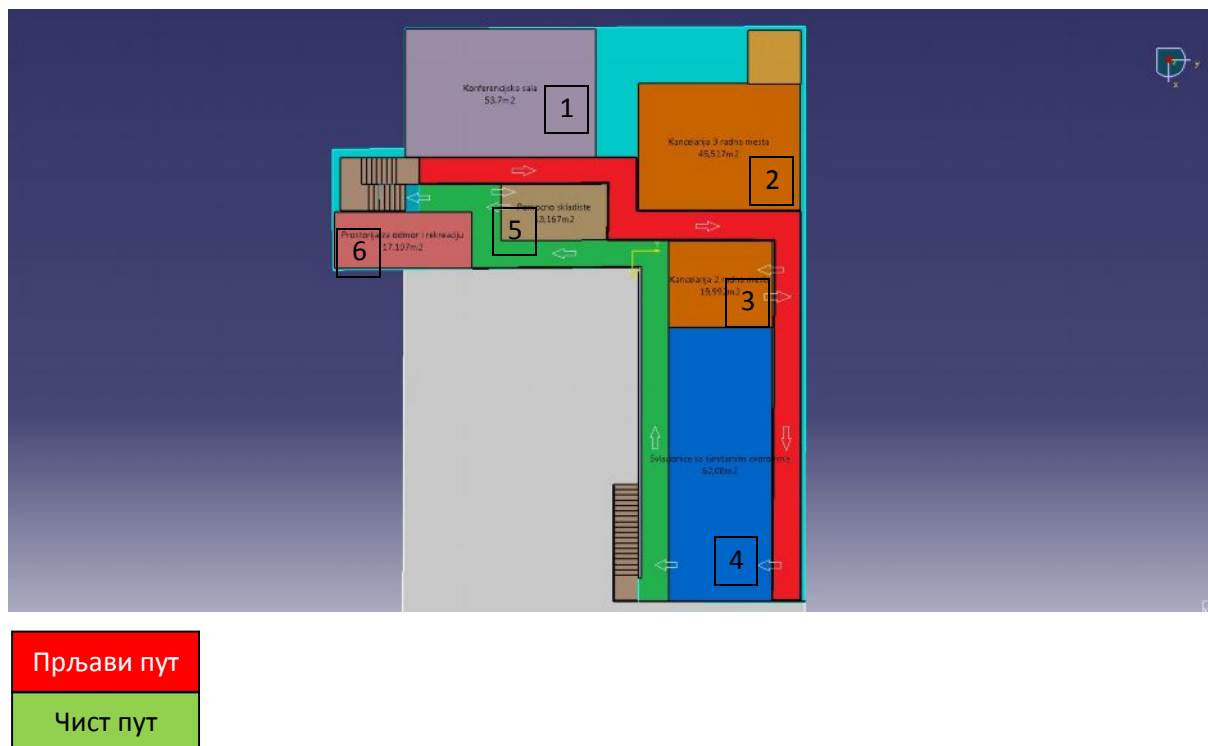
1. Конференцијска сала
2. Канцеларија са 3 радна места
3. Канцеларија са 2 радна места
4. Свлачионице са туш кабинама и санитарним чворовима
5. Помоћно складиште
6. Просторија за одмор и рекреацију



Слика 5.28

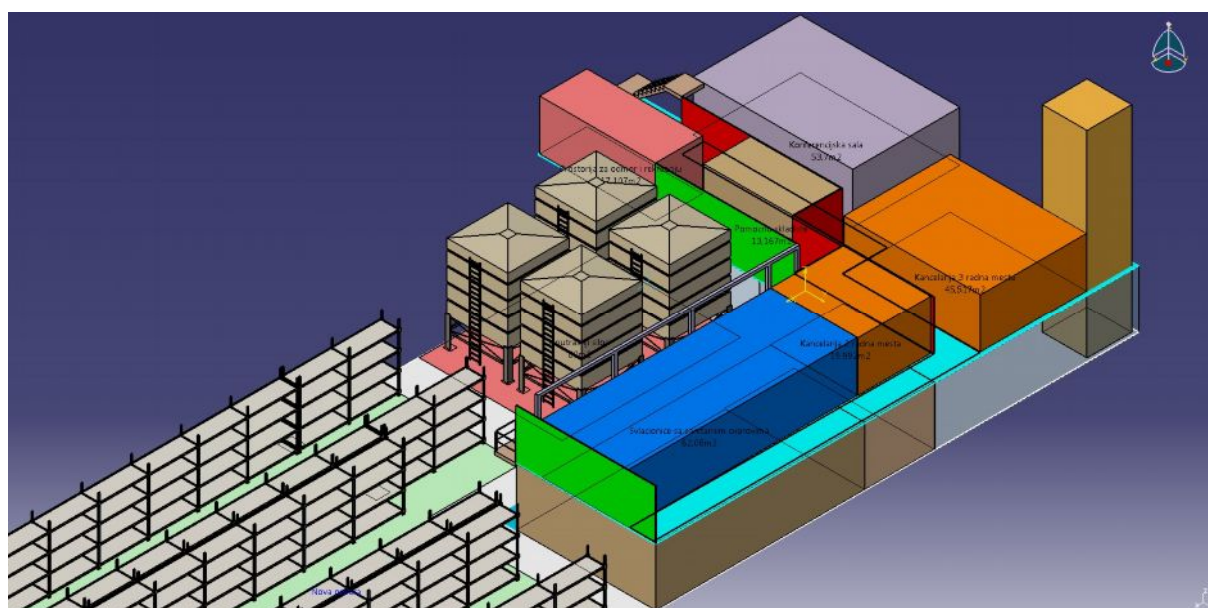
Дефинисање радних простора на међуспрату објекта

На међуспрату се врши раздвајање „прљавог“ и „чистог“ пута. Такозвани „прљави пут“ представља пут којим радници долазе на посао. На *слици 5.29* овај пут обележен је црвеном бојом. Он води све до свлачионица у којима се врши преобука и стерилизација, како би се у радни погон, до којег се долази „чистим путем“, који је на *слици 5.29* обележен зеленом бојом, унело што мање микрочестица и нечистоћа, а што је, као што је раније наведено, један од основних захтева у прехранбеној индустрији



Слика 5.29

Раздвајање чистог и прљавог пута на међуспрату објекта



Слика 5.30

3d приказ размештаја радних простора на међуспрату објекта

5.2.8 Креирање радних простора на спрату објекта

На спрату објекта размештена је готово сва технолошка опрема. Због великог броја технолошких јединица и карактеристика самог технолошког процеса, који за последицу има ослобађање велике количине топлоте, приликом пројектовања, тежи се да се простор раздваја на што је могуће мањи број мањих јединица. У основи је овај захтев задовољен, па је простор спрата представља јединствен радни простор, уз истицање три велике радне целине:

1. Простор за производњу калупног хлеба
2. Простор за складиште и припрему сировина
3. Чиста соба

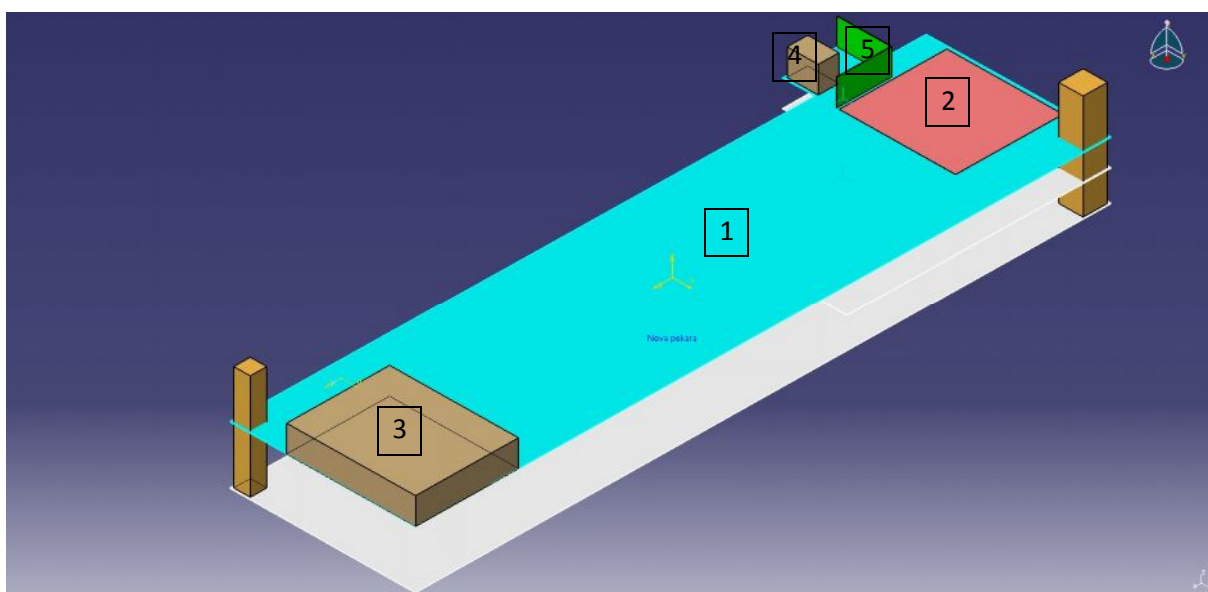
Простор за производњу калупног хлеба није креиран на посебан начин. У основи он представља простор читавог спрата, у којем су креирани посебни радни простори (чиста соба и простор за припрему сировина)

Простор за складиште и припрему сировина и чиста соба, креирани су на стандардан начин, применом површина типа *Storage* и *Clean*

Поред наведених, спрат објекта, у контексту поделе на радне просторе, карактеришу још два ентитета:

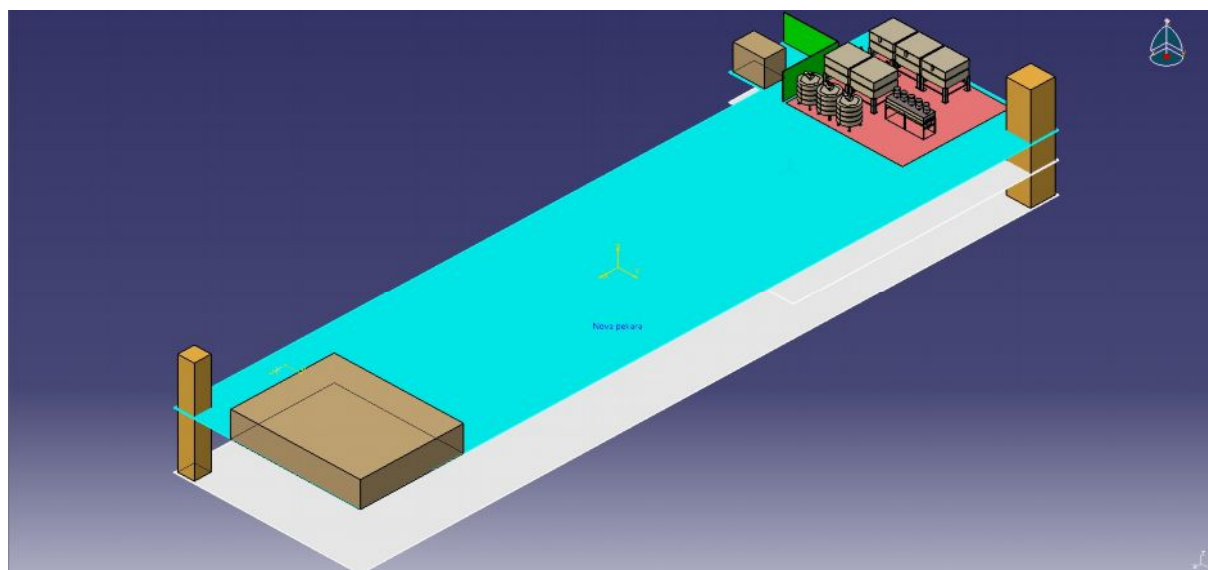
4. Просторија за одлагање опреме за чишћење производње
5. Преградни зид који раздваја улазни део у погон од степенишног простора

Радни простор „Остава“ креиран је применом површина типа *Room*, а преградни зид применом граничне линије типа *Wall*.



Слика 5.31

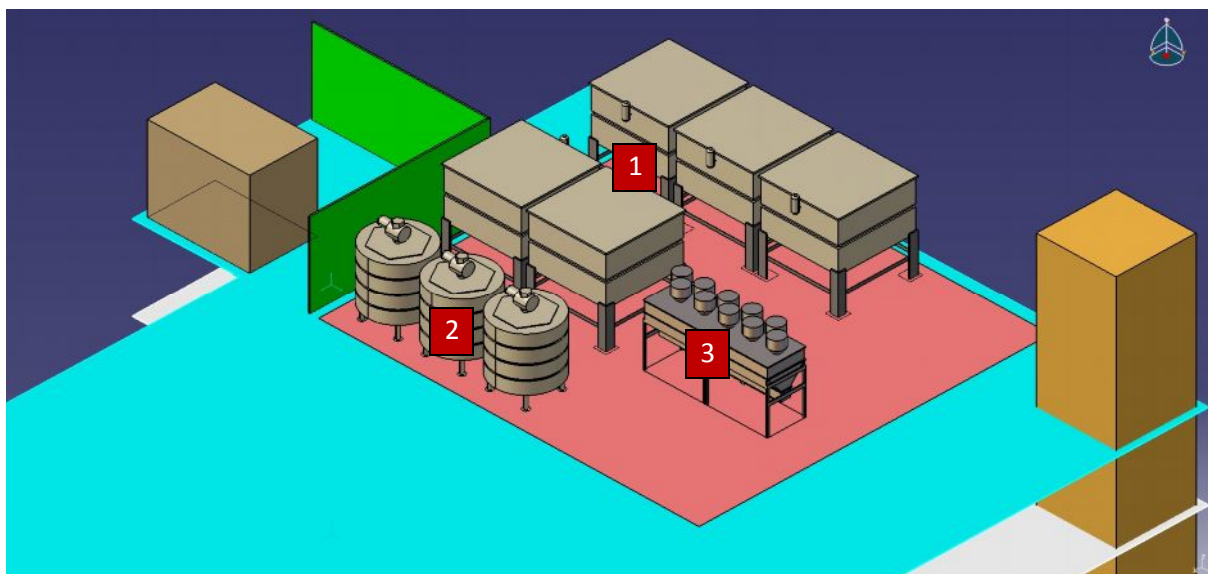
Дефинисање радних простора на спрату објекта



Слика 5.32

Визуелизација радних простора на спрату објекта

Попут визуелизације радног простора за смештај силоса у приземљу објекта, тако је у сврху даље употребе извршено креирање геометријских модела основне опреме у простору за складиште и припрему сировина. На *слици 5.33* приказан је распоред наведене опреме

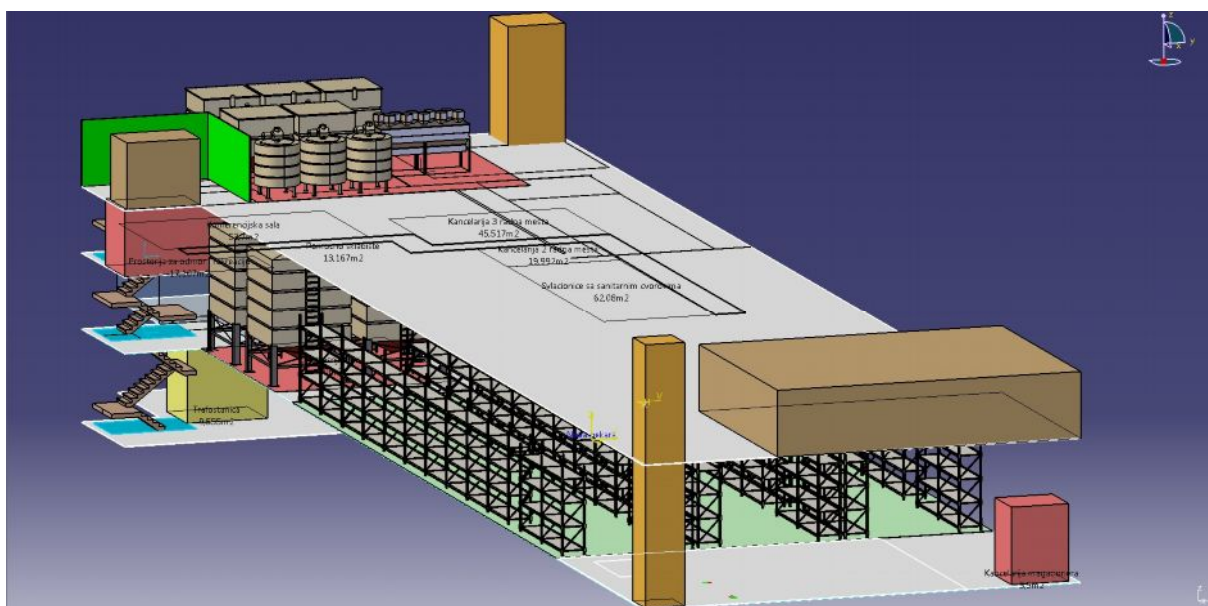


1. Силоси за брашно од 8 тона – укупно 5 ком.
2. Систем за дозирање микрокомпоненти
3. Ферментори за припрему киселог теста

Слика 5.33

Визуелизација радног простора складишта за припрему сировина

На крају овог одељка, на *слици 5.34* дат је приказ јединствен приказ свих креираних радних простора на све четири етаже објекта „Нова пекара“

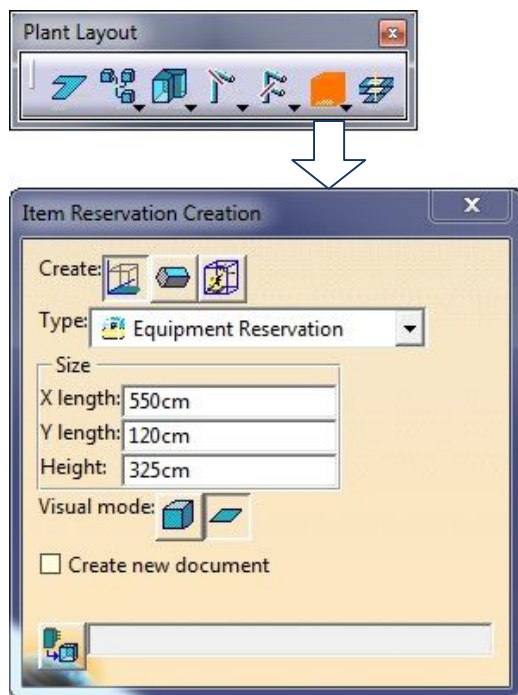


Слика 5.34

Креирани радни простори

5.3 Размештај технолошке опреме

Размештај технолошке опреме врши се у окружењу *Plant Layout* коришћењем дијалог прозора *Item Reservation Creation* и избором опције *Equipment Reservation* (слика 5.35)



Слика 5.35

Начин креирања простора који заузима производна опрема

Начин уноса геометријских величина је аналоган начину уноса геометрије радних простора. Програм путем палете алата *Create*, у овом случају нуди могућност уноса габарита опреме на три начина:

1.  „On Active Axis Plane“ – На овај начин дефинишу се габарити и позиција опреме у активном радном простору. Габарити опреме се задају у радном прозору према слици 5.33, а позиционирање се врши позиционирањем кончанице којом је дефинисано средиште основе модела опреме, у активном радном простору.
2.  „On Surface“ – На овај начин опрема се позиционира на неку од одабраних површина, без обзира да ли се та површина налази у оквиру активних радних простора или не
3.  „Surround Resource“ – Ово је начин дефинисања уколико постоји 3д модел опреме. Једноставним избором ове опције и кликом на 3д модел опреме, програм тај модел препознаје као ентитет „Equipment“. На овај начин може се лако манипулисати претходно креираним 3д моделом без изласка из окружења *Plant Layout*.

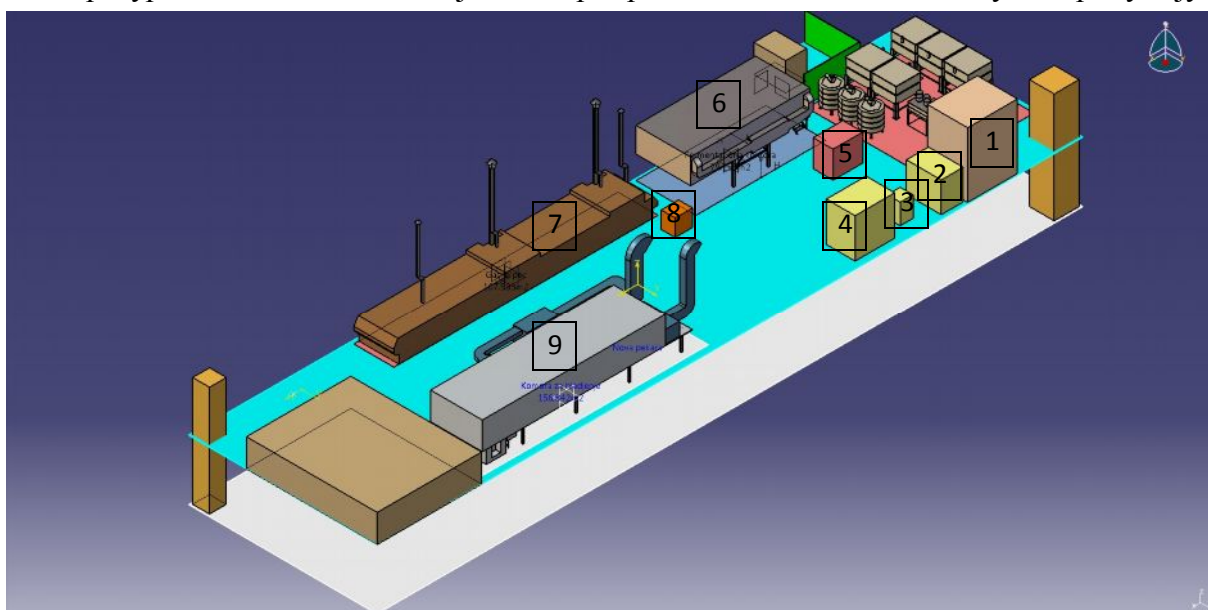
И у овом случају, у сврху јаснијег визуелног приказа и коришћења за даље анализе и симулације, једноставно креиране моделске форме могу се усложњавати све до нивоа задовољавајуће употребљивости. Начин креирања геометријских модела којим се дефинише одређена производна моделска форма, описан је у одељку 5.2.4.

У складу са претходно наведеним, користећи описане начине и методе, извршен је размештај технолошке опреме у објекту. Обзиром да су, као што је више пута наведено, многи кораци аналогни описаним начинима уноса одређених параметара, то се ни у овом случају начини дефинисања моделских форми типа „опрема“ неће посебно и детаљно објашњавати.

Технолошка опрема којом се врши производња калупног хлеба, распоређена је на спрату објекта. Производни процес започиње у зони за складиштење и припрему сировина где се врши аутоматски одабир сировина које се прослеђују у систем за припрему, мешање и дозирање теста. Овај систем, произвођача „Diosna“, обухвата вагу за брашно и адитиве, капацитета 100 кг, затим вагу за брашно капацитета 200 кг, мешалицу капацитета 2х240 кг и подизач теста. У производном моделу представљен је својим габаритима, а на слици 5.36 означен је бројем 1.

Припремљено тесто из мешалице, шаље се у левак са подестом (позиција 2), у којем се врши сечење теста на комаде у количини потребној за производњу једног хлеба. Тако разрезано тесто пребацује се у округлитељ, машину у којој се тесто сабија и у облику лопти шаље у даљу производњу (позиција 3). Из округлитеља, тесто се пребацује у интермедијалну комору (позиција 4), одакле се системом транспортера шаље до машине у којој се врши паковање теста у калупе у којима се хлеб касније пече. Ова машина на слици 5.36 означена је бројем 5. Тесто у калупима се даље прослеђује у ферментациону комору (позиција 6). Након третмана у ферментационој комори, тесто је спремно за печење, па се системом траспортера прослеђује до гасне пећи за печење (позиција 7). Калупи, у којима се тесто налазило у ферментационој комори су, због технологије сазревања теста, били отворени. Како би процес печења био равномеран, пре уласка у гасну пећ, калупи се затварају поклопцима. Ово је део процеса који се одвија у машини означеној бројем 8.

Након третмана у гасној пећи, печени хлеб се шаље у комору за хлађење (позиција 9), где се у тачно дефинисаном аутоматизованом режиму врши његово потхлађивање до температуре околине након чега је хлеб припремљен за паковање и даљу дистрибуцију.



Слика 5.36

Размештај машина и опреме којима се врши припрема теста и печење хлеба

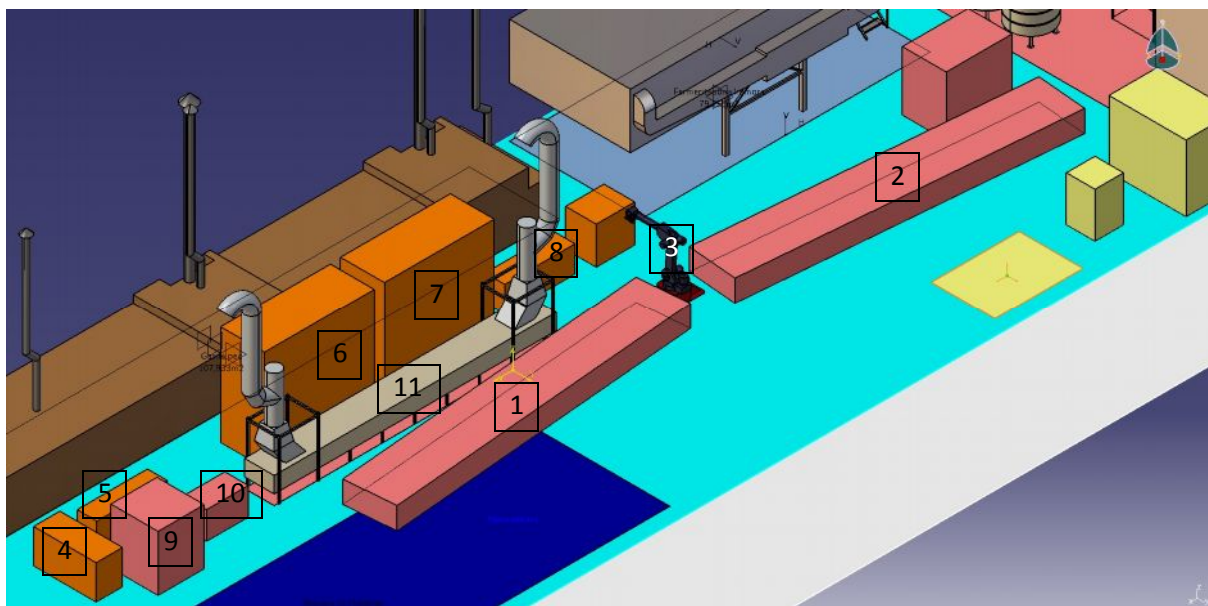
Третманом у комори за хлађење завршава се технолошки процес производње калупног хлеба. Специфичност ове врсте хлеба је, као што је наведено, то што се он производи у калупима, па поред стандарне опреме која прати технолошки процес производње, у овом случају производњу опслужује и читав низ машина и уређаја помоћу којих се врши манипулација калупима.

Ове машине и уређаји означени су на *слици 5.37*. Овом приликом треба нагласити да ће се у новопроектованој производној линији производити калупни хлеб у две величине. Са тим у вези читав процес одвија се са два типа калупа. Простори за њихово складиштење на *слици 5.37*, означени су позицијама 1 и 2. Ови простори су заправо аутоматизоване транспортне траке на којима су сложени калупи. Тракама управља системом аутоматике. Њихов рад синхронизован је са радом остале производне опреме. Преузимање калупа из простора за складиштење калупа и њихово постављање на линију којом се калупи транспортују у даљу производњу, врши робот (позиција 3). Робот такође преузима калупе у којима је произведен хлеб и враћа их назад у складиште.

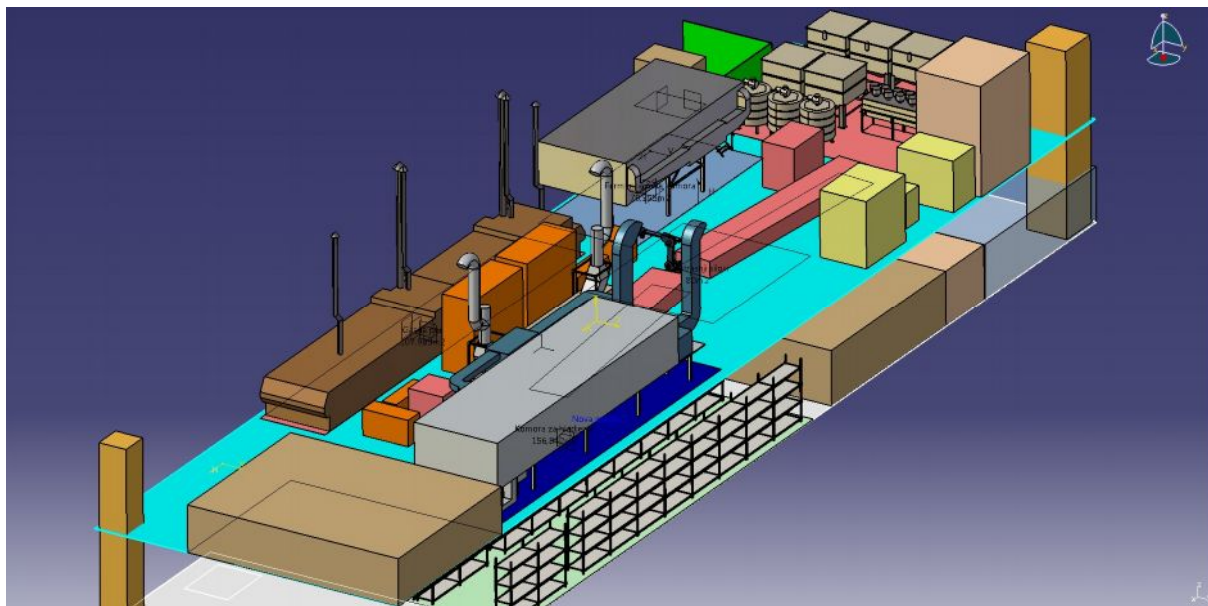
Након употребе, као што је наведено, калупи се враћају у складиште, из којег се касније, а по унапред дефинисаном аутоматизованом току, поново користе за производњу.

Након изласка хлеба из пећи, најпре се у машини за откривање касета (позиција 4), врши скидање поклопаца. Поклопци се даље прослеђују у уређај у којем се врши њихово хлађење (позиција 5), а одатле у, зависности који тип калупа покривају, у складишта поклопаца, на *слици 5.37* означеним позицијама 6 и 7. Обзиром да се поклопци складиште у непосредној близини пећи, пре поновног враћања у производњу поклопци пролазе кроз уређај означен позицијом 8, у којем се врши њихово потхлађивање.

С друге стране, након скидања поклопаца, врши се и пражњење касета у игличастом уређају за пражњење касета (позиција 9). Печени хлеб се тада затвореним транспортером прослеђује у комору за хлађење, а калупи шаљу у уређај за чишћење (позиција 10), након чега пролазе кроз велики тунел за хлађење (позиција 11). По изласку из тунела за хлађење, калупе преузима робот и на раније описан начин, врши њихово враћање у складиште калупа.

**Слика 5.37**

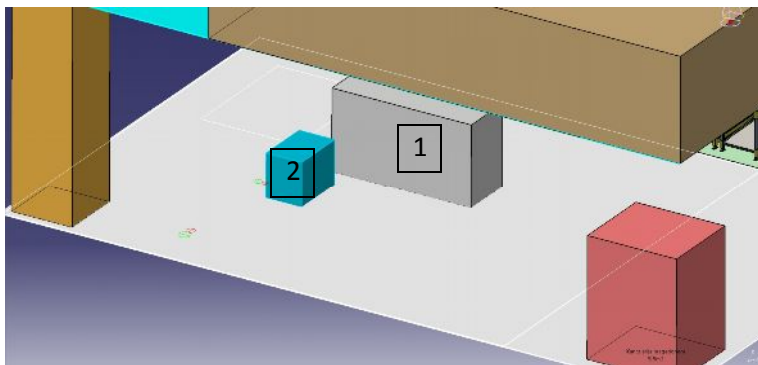
Размештај машина и опреме којима се управља калупима

**Слика 5.38**

Размештај производне опреме на спрату објекта

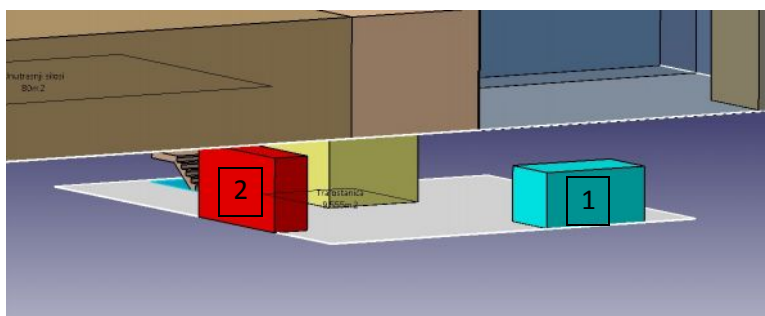
Поред опреме на спрату објекта, у приземљу се налазе машине помоћу којих се врши паковање готових производа, док се у сутерену налазе постројења којима се обезбеђују енергенти којима се напаја производна опрема.

На слици 5.39, приказан је распоред опреме у приземљу где је позицијом 1 обележен формирач картонских кутија, а позицијом 2 денстер пластичних гајбица.

**Слика 5.39**

Размештај производне опреме у приземљу објекта

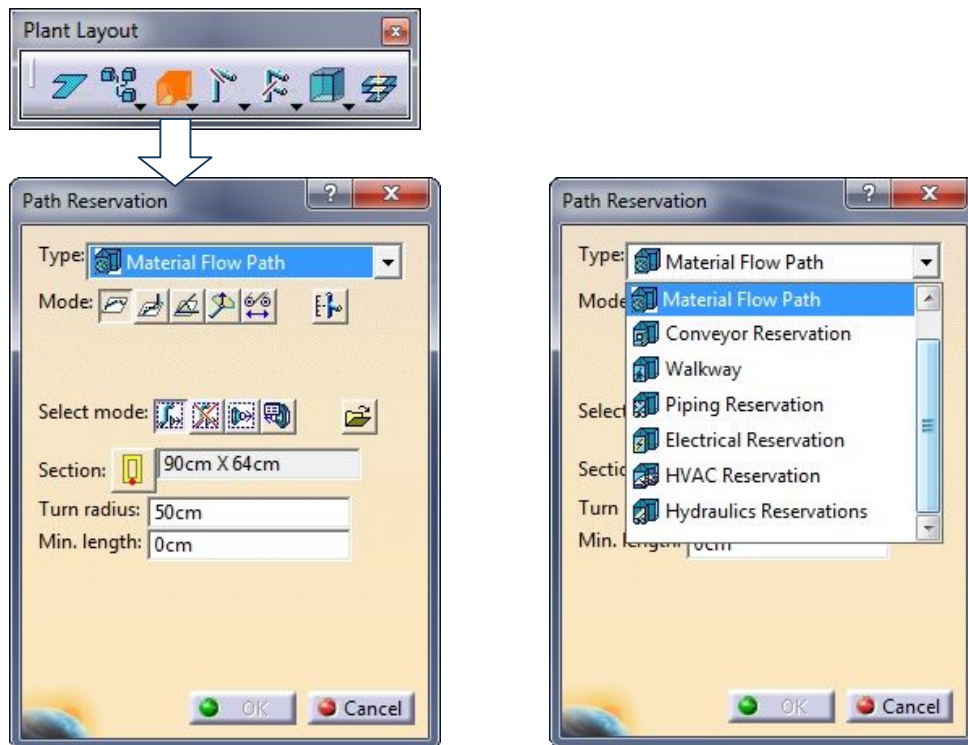
На слици 5.40 приказани је положај компресорске станице (позиција 1) и разделника водене паре (позиција 2) смештених у сутерену објекта.

**Слика 5.40**

Размештај производне опреме у сутерену објекта

5.4 Размештај и трасирање токова материјала, енергетских инсталација и коридора за пролазак запослених

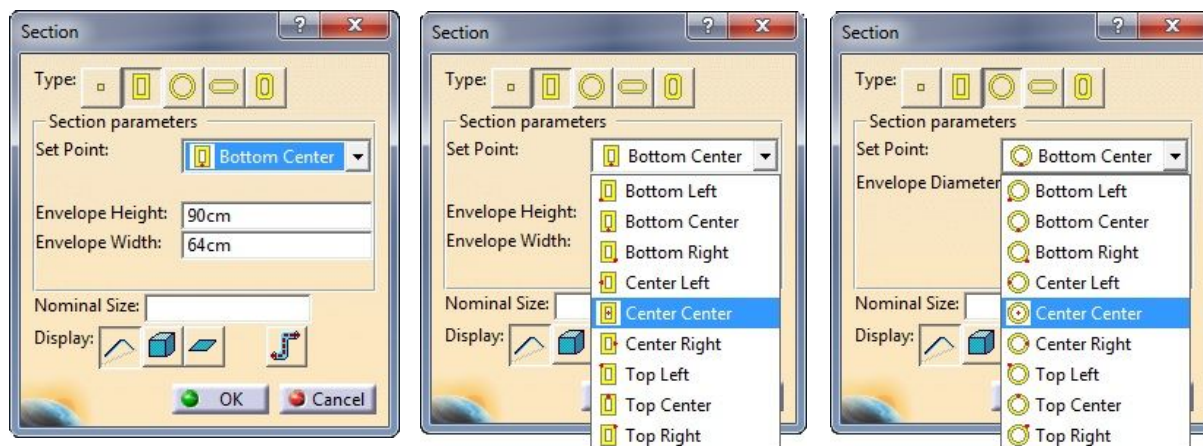
Размештај и трасирање токова материјала, енергетских инсталација и коридора за пролазак људи врши се у окружењу *Plant Layout* коришћењем дијалог прозора *Path Reservation* и избором типова путања које се желе креирати (слика 5.41)



Слика 5.41

Начин креирања путања и избор типа путање

Начин дефинисања путања идентичан је начину дефинисања граничних линија, описаном у одељку 5.2.2. Поред могућности избора типа путање, програм нуди и више опција уноса попречних пресека путања, кроз избор палете алата *Section*. На овај начин, поред облика, дефинишу се и димензије инсталација, али и тачка којом профил попречног пресека прати линију путање (слика 5.42).

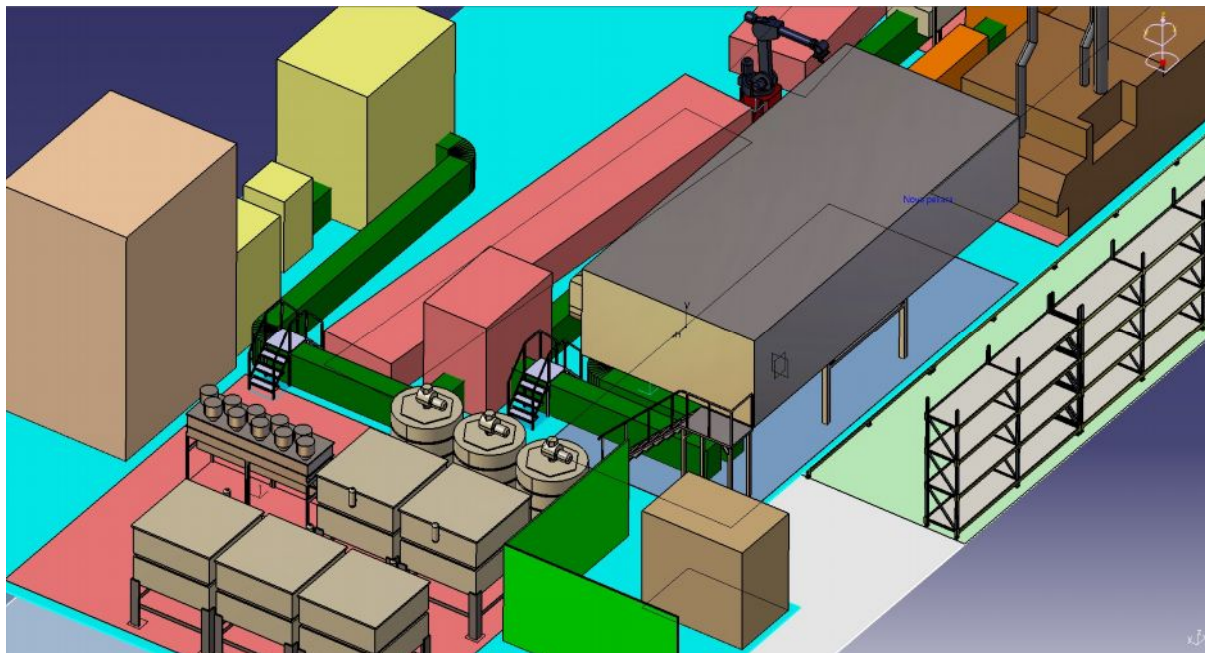


Слика 5.42

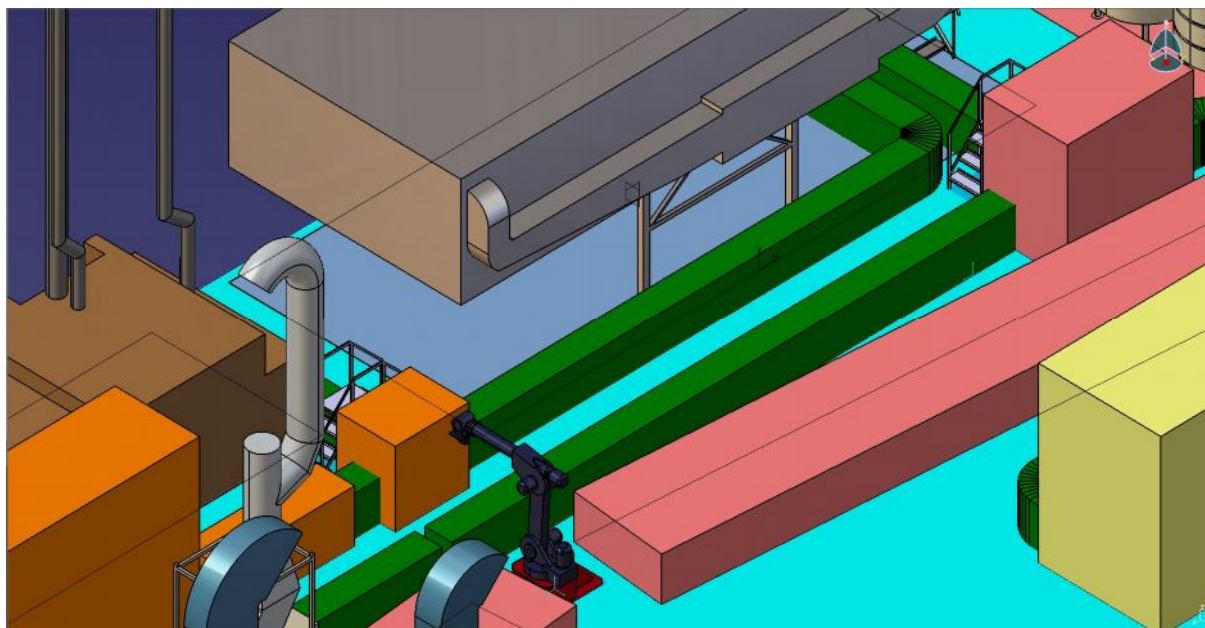
Избор и дефинисање попречног пресека путање

Коришћењем претходно описаних команди извршено је креирање и размештај токова материјала, енергетских инсталација и коридора за пролазак запослених на спрату објекта.

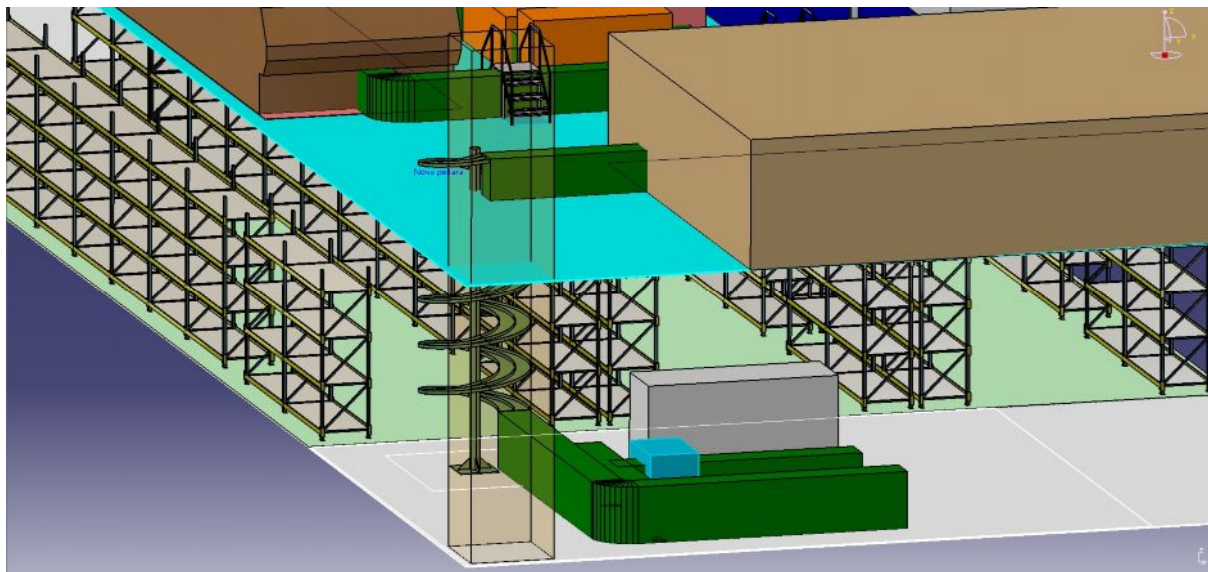
На сликама 5.43, 5.44 и 5.45 приказани су токови материјала између машина и опреме у току производног циклуса. Ове трасе обележене су путањама зелене боје.

**Слика 5.43**

Креирање тока материјала од зоне припреме теста до ферментационе коморе

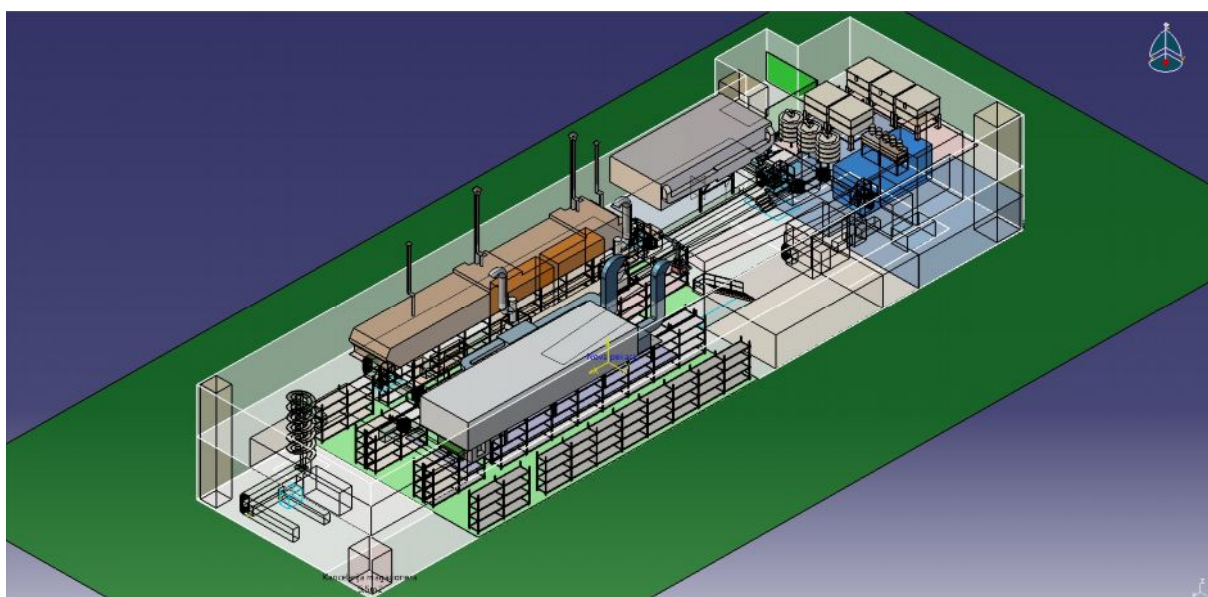
**Слика 5.44**

Креирање тока кретања касета и поклопаца касета

**Слика 5.45**

Креирање тока материјала из чисте собе до простора за паковање у приземљу

На овај начин, претходно описаним поступцима у радним окружењима модула *AEC Plant* извршено је 3Д моделирање производног погона „Нова пекара“ у индустријском комплексу „Житопродукт“ у Крагујевцу. На *слици 5.46*, дат је синхрон приказ свих моделских форми креираних у овом модулу.

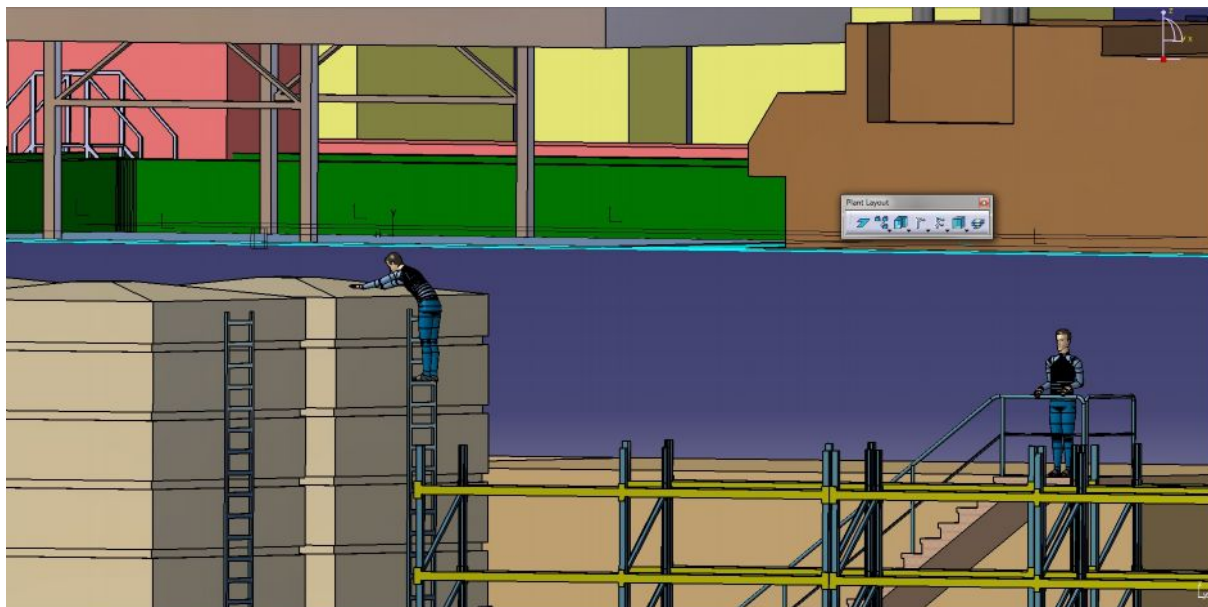
**Слика 5.46**

Синхрон приказ опреме и радних простора

5.5 Употреба ергономских модела

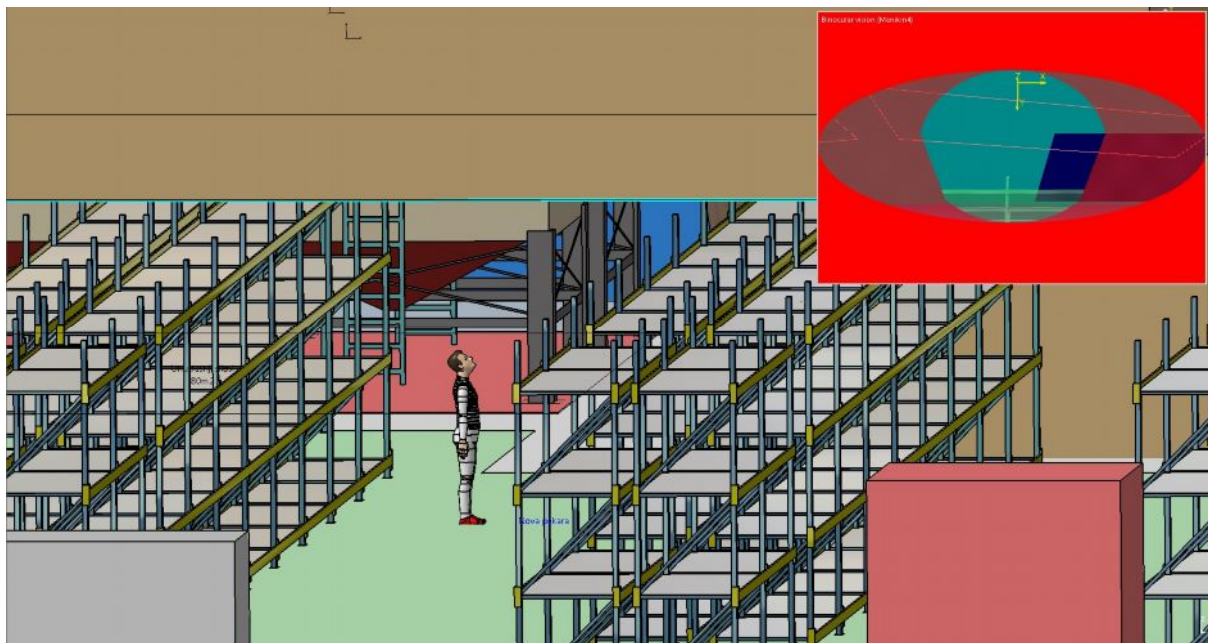
Употребом ергономских модела који су описани у одељку 3.3, а чији је начин креирања у програмском пакету *CATIA V5 R20* укратко описан у одељку 4.3.3, врши се провера ергономских карактеристика појединих простора и инсталиране опреме.

У контексту овог рада извршена је провера могућности приступа опреми на поклопцима силоса у приземљу објекта (слика 5.47), као и провера видног опсега магационера приликом прегледа робе на палетним регалима (слика 5.48).



Слика 5.47

Провера могућности приступа опреми на поклопцима силоса у приземљу објекта



Слика 5.48

Провера прегледности највише полице палетних регала из перспективе магационера

ЗАКЉУЧАК

Основни циљ овог рада био је решавање реалних пројектантских задатака, применом савремених метода пројектовања, које пре свега подразумевају примену програмских пакета за 3д моделирање.

Спектар пројектантских активности приликом пројектовања нових производних погона је изузетно широк. Пројектантски тим сачињава већи број стручњака различитих профила, па са тим у вези тема обрађена у овом раду обухвата само ужи део комплетно посматраног проблема.

Правлан размештај радних простора и производне опреме представља основу исправног и ефикасног функционисања пројектованог производног система. Могућности које, у том смислу, пружа програмски пакет CATIA V5, приказане су у посебном поглављу у којем је детаљно приказан поступак креирања радних простора и размештаја производне опреме приликом пројектовања генералне реконструкције производног погона „Нова пекара“ у комплексу „Житопродукт“ у Крагујевцу.

Брзо креирање прелиминарних решења, на основу којих је усвојен најефикаснији и најекономичнији концепт, остварено је кроз интуитиван интерфејс модула „AEC Plant“ комбинацијом традиционалног 2д приступа и савременог 3д дигиталног приказа. Једноставним приступом при изради 3д модела производног погона доказано је да могућности које пружа овај модул нарочито погодују координаторима пројекта, јер се његовом применом, на поједностављен начин врши планирање, контролисање и праћење реализације пројекта, при чему се знатно скраћује време потребно за вршење наведених активности. При свему томе, у знатној мери се олакшава комуникација, како са инвеститором, тако и са целим пројектантским тимом.

Иницијално усвојен концепт, касније је еволуирао и модификовао се све до усвајања коначног пројектног решења, а читав процес је уместо пар месеци, колико је трајао у реалном пословном окружењу, завршен за свега неколико дана.

Производни модел креиран на овај начин, представља основу за даљи рад уско специјализованим тимовима пројектаната, а може се користити за правилно трасирање и димензионисање енергетских инсталација, анализу и симулацију токова материјала или проверу ергономских карактеристика радних простора и производне опреме.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Милан Пајевић, „Наш машинац градио за светске инвеститоре“, интервју дат интернет издању Вечерњих новости, 05.03.2017. год.
<http://www.novosti.rs/vesti/naslovna/reportaze/aktuelno.293.html:653197-Nas-masinac-gradio-za-svetske-investitore> Приступљено 07.03.2017. год.
- [2] Saaksvuori A., Immonen A., "Product Lifecycle Management", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [3] Stark J., "Product Lifecycle Management" – 21st Century Paradigm for Product Realisation", Springer-Verlag London Limited, 2011
- [4] Горан Девеџић, „CAD/CAM“ технологије, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2006. год.
- [5] Fred Karam, Charles Kleismit, „CATIA V5“ – Ауторизовани превод са енглеског језика едиције у издању „Thompson Learning“, Компјутер Библиотека, Чачак 2004. год.
- [6] Francis Bernard, „The DASSAULT SYSTEMS Success Story“, интервју дат интернет порталу www.isicad.net, 26.11.2010. год.
http://isicad.net/articles.php?article_num=14120 Приступљено 19.02.2017. год.
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/CATIA> Приступљено 02.03.2017. год.
- [8] Sham Tickoo, Vivek Singh „CATIA V5R18“ за машинске инжењере – Ауторизовани превод са енглеског језика књиге „CATIA V5R18 For Designers“, Микро књига, Београд, 2009. год.
- [9] Richard Cozzens „CATIA V5 verzija 17“ – Ауторизовани превод са енглеског језика едиције у издању „Richard Cozzens“, Компјутер Библиотека, Чачак 2008. год.
- [10] Kuehn, W., Digital factory – integration of simulation enhancing the product and production process towards operative control and optimisation, *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, Vol. 7, No. 7, 27-39, 2006.
- [11] Правилник о садржини, начину и поступку израде и начин вршења контроле техничке документације према класи и намени објекта, Службени гласник Републике Србије број 23/2015, 77/2015, 58/2016 и 96/2016.
- [12] <http://www.hb-technik.at/> Приступљено 27.03.2017. год.
- [13] <http://www.diosna.com/> Приступљено 27.03.2017. год.
- [14] <http://www.logopak.co.uk/> Приступљено 27.03.2017. год.
- [15] <http://gostolgroup.eu/> Приступљено 27.03.2017. год.
- [16] <http://standard-tech.it> Приступљено 27.03.2017. год.

ПРИЛОЗИ

У прилогу рада, дато је неколико фотографија сачињених у самом објекту, пре и током извођења радова, како би се стекла релативна представа, како о радном окружењу, тако и о инсталираној производној опреми.



Прилог 1 - Спрат објекта



Прилог 2 - Инсталирање гасне пећи



Прилог 3 - Коридор за пролаз запослених



Прилог 4 - Складиште сировина на спрату објекта



Прилог 5 - Пећ, складиште поклопаца, тунел за хлађење калупа и комора за хлађење



Прилог 6 - Ферментациона комора