



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

UŽITÍ MODERNÍ SOFTWAREVÉ PODPORY V
PROJEKČNÍ PRAXI PROCESNÍHO INŽENÝRA

USING OF MODERN SOFTWARE SUPPORT IN THE PROJECTION PRACTICE
OF PROCESS ENGINEER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jonáš Zajíc

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Jegla, Ph.D.

BRNO 2019

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na představení a aplikační využití softwaru PDMS v oblasti projektování procesních potrubí. V práci je praktickým způsobem zpracován úvod do obsluhy a užití tohoto softwaru a následně na dílčích řešených případech z projekční praxe jsou názorně ukázány výhody tohoto softwaru jako uznávaného podpůrného projekčního programového systému. Konkrétní přínos nasazení softwaru PDMS v projekční praxi je potom v práci demonstrován ekonomickým vyhodnocením dvou vybraných průmyslových případů projekční optimalizace procesního potrubí řešených s podporou tohoto softwarového systému. Součástí diplomové práce je rovněž, na konkrétním příkladu rekonstrukce kotelny, představení nových rozšiřujících možností a aktuálních trendů u těchto podpůrných projekčních softwarových systémů, konkrétně užití skeneru a podpory softwaru Everything3D.

Abstract:

The presented MSc. thesis is focused on the introduction and application of PDMS software in the process piping designing area. The introduction to the employing of the PDMS software is elaborated in the first part of the thesis as practical user manual of this software followed by the benefits of this software as a recognized supportive design program are consequently illustrated on partial solved cases from common design practice. The particular benefit of deploying PDMS in design practice is demonstrated in the thesis by economic evaluation of two selected solved industrial projection cases where design optimization of process piping system is solved with the support of this software system. Introduction of new ones broadening possibilities and current trends in the supportive design software systems, specifically using the scanner and supporting Everything3D are also presented as part of the thesis on a concrete example of the reconstruction of the boiler room.

Klíčová slova:

projektování procesních potrubí, software PDMS, rekonstrukce kolektoru, podpora E3D, skenování

Keywords:

process pipeline design, PDMS software, retrofit of collector, E3D support, scanning.

Bibliografická citace

ZAJÍC, J. Užití moderní softwarové podpory v projekční praxi procesního inženýra. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 66 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Zdeněk Jegla, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval panu doc. Ing. Zdeňku Jeglovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování mé diplomové práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, které jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Brně dne 24. 5. 2019

.....

Zajíc Jonáš

OBSAH

Úvod	8
1. Úvod do systému PDMS	9
2. Organizace projektu v PDMS	10
2.1. 3D modelování (Design)	10
2.2. Kreslení a produkování 2D výkresů (Draft).....	10
2.3. Izometrie potrubí (Isodraft).....	10
2.4. Sestava (Spooler).....	11
2.5. Hierarchie v databázi.....	11
2.5.1. Nejvyšší úroveň (WORLD)	12
2.5.2. Úroveň (SITE).....	12
2.5.3. Podúroveň (ZONE)	12
2.5.4. Elementy (STRUCTURE).....	12
2.5.5. Rámcový prvek (FRAMEWORK).....	12
2.5.6. Prvek (SUB-FRAME)	12
2.5.7. Strukturální komponenty (SCTN).....	12
2.5.8. Položka pro zařízení (EQUIPMENT)	12
2.5.9. Dílčí položka zařízení (SUBE-EQUIP).....	12
2.5.10. Primitivní tvary	12
2.5.11. Potrubí (PIPE)	13
2.5.12. Větvení (BRANCH).....	13
2.5.13. Součásti potrubí.....	13
2.6. Názvy prvků v PDMS	13
3. Projektování potrubí.....	14
3.1. Počáteční a koncový bod potrubní větve.....	15
3.2. Vstupní a výstupní body.....	15
3.3. Systém os v PDMS.....	17
3.4. Tvorba databáze pro PDMS	17
3.5. Makra v PDMS.....	19
3.6. Zobrazení okolí objektu	22
3.7. Projektování potrubí.....	23
4. Práce se softwarem PDMS	27
4.1. Otočení sady pro otáčení.....	27
4.2. Posunutí potrubí z důvodu kolize.....	29

4.3.	Druhá kolize	32
4.4.	Posouvání	33
5.	Praktická projekční optimalizace potrubních tras	37
5.1.	Změna dimenze potrubí.....	37
5.2.	Přesunutí potrubních tras.....	43
6.	Laserové skenování kotelny	49
6.1.	Laser IMAGER 5016	50
6.2.	AVEVA Everything 3D	50
6.3.	Skenování v praxi.....	51
6.4.	Rekonstrukce kolektoru v kotelně.....	53
6.5.	Odstraňování staré technologie	59
7.	Závěr.....	60
8.	Seznam použitých zdrojů	61
9.	Seznam obrázků a tabulek.....	62
	Obrázky	62
	Tabulky	65
10.	Seznam příloh.....	66

Úvod

Software od britské technologické společnosti Aveva – *Plant Design Management System* – zkráceně označovaný jako program PDMS, je určen především pro využití v projektování potrubních systémů a technologických celků. Tato špičková technologie umožňuje maximálně zefektivnit inženýrské projekty. PDMS je produkt se spojenými databázemi a postupnou strukturou. Systém má vyvinuté aplikace, které obsahují všechny prvky důležité pro tvorbu prostorového modelu složitých celků. V jediném modulu PDMS probíhá modelování všech částí projektu, zobrazení částí modelu je zajištěno jak logickou strukturou projektu, tak prostorově. Cílem diplomové práce je představit konkrétní aplikační možnosti moderního softwarového programu, který podporuje činnosti procesního inženýra.

Diplomová práce je rozdělena do tří hlavních částí. V první části je stručně popsána funkce programu a seznámíme se i se základním manuálem pro jeho obsluhu. Tento program je velkým pomocníkem pro začínajícího projektanta. V této části nalezneme cenné údaje o rozdělení dat v databázi PDMS. Jsou zde prezentovány jednotlivé prvky a způsoby větvení potrubních tras. Můžeme vidět základní pravidla projektování a vytváření samotné databáze pro PDMS, makra pro projektování potrubí a jednoduchý příklad na projektování potrubní trasy.

Program PDMS je následně použit i na ukázkách z běžné projekční praxe, kde je představeno několik výhod tohoto programu. Především se jedná o detekování kolize s objekty a následné opravy takovéto kolize. Jde o celkový přínos pro procesního inženýra, zabývajícího se projektováním potrubních systémů. V diplomové práci jsou řešeny dva příklady optimalizace potrubní trasy. Nejdříve je zde z procesního důvodu měněna dimenze potrubí a v druhém případě jsou přesunuty potrubní větve. Oba příklady mají bohatý obrazový návod a součástí jsou i dva ekonomické modely, které ukazují finanční přínos samotného programu. Pro projektanta je přínos především v podobě jednoduché změny průměru potrubí z důvodu technologické změny v projektu, tak i rychlosti přemístění podpěrné konstrukce a s ním i přeložení potrubních tras.

V posledním bodu jsou představeny další speciální možnosti tohoto softwaru, jedná se především o kombinaci s laserovým skenerem. Skener, v původním významu snímač, je hardwarové vstupní zařízení umožňující převedení fyzické 2D nebo 3D předlohy do digitální podoby a následně tyto informace použít v praxi, většinou pomocí počítače. Skener využívá pro snímání prostoru buď neviditelné záření nebo LED osvětlení. Spojení PDMS a skeneru nabídlo nové možnosti zkvalitnění, přesnosti a neomezených možností využití této technologie. V diplomové práci je tímto způsobem zpracována rekonstrukce kotelny, výměna starého kolektoru a s ním spojenou nutnou výměnu dvou potrubních tras.

Motivací pro napsání této diplomové práce, je využití této technologie pro co nejvíce procesních inženýrů a tím zkvalitnit jejich práci a následně i práci celé firmy. Je to metoda, která se stále zdokonaluje a vyvíjí, máme se jistě na co těšit.

1. Úvod do systému PDMS

Plant Design Management System, neboli PDMS, je software, který umožňuje projektovat realistické modely díky barevné reprezentaci všech prvků v 3D modelu. Jedná se o 3D model, obsahující velké množství datových knihoven, které definují geometrické tvary, velikosti, polohy v souřadném systému a jedinečné identifikační číslo pro každý komponent v modelu.

Všechny tyto datové knihovny jsou následným zdrojem informací pro každého člena projekčního týmu, který se podílí na daném projektu. PDMS z databáze dokáže tyto informace předat několika způsoby. Může se jednat o standardní textové výpisy, jako je například seznam armatur či podpěr k potrubní větvi, dále pak vykreslení izometrií či výkresů jednotlivých částí modelu nebo lze vygenerovat jednotlivé barevné modely.

Výkresová dokumentace je nejdůležitější forma komunikace mezi projektovým týmem a výrobou, případně montáží procesního celku. Slouží i k prezentování jednotlivých fází projektu samotnému dodavateli. PDMS je v tomto ohledu plně přizpůsoben a díky němu může projekční tým dodat potřebné materiály v nejvyšší možné kvalitě.

Při projektování složitých procesních celků je důležité, aby v projektu nebyly chyby, například v podobě kolizí. Software umí kolizi detekovat a kontroluje správnou návaznost na dílčí části projektu. Zjištění těchto chyb je při klasickém projektování časově náročné a co je hlavní, chyby se objevují během celého procesu projektování. Samotné kolize mezi individuálními objekty v projektu dokáže software nalézt a díky tomu umožňuje projektantovi okamžitou možnost opravy. Návaznosti jednotlivých komponentů jsou zajištěny předdefinovanými komponentami v katalogu PDMS. Software sám nabízí komponenty, které zde mohou být. Hlídá dimenzi, potrubní třídu či druh materiálu, aby vše bylo podle zadání dodavatele. Dříve byly nedostatky objeveny až během realizace samotného projektu a znamenaly vznik vícenákladů [1].

2. Organizace projektu v PDMS

Program AVEVA Plant 12.1 se skládá z několika modulů, které slouží k vytvoření samotného 3D modelu. Tyto moduly tvoří [2]:

- Desing (3D modelování)
- Draft (2D výkresová produkce)
- Isodraft (izometrie potrubí)
- Monitor (změna uživatele, makra)
- Spooler (sestava)

2.1. 3D modelování (Design)

3D modelování je graficky řízený modul, který slouží pro vstup dat v 3D modelu. V tomto modulu je vytvořen model zařízení a jeho data jsou uložena v databázi. Databáze obsahuje popis všech položek v zařízení a výběr komponent je poskytován prostřednictvím specifikací, které určují, které komponenty katalogu lze použít [2].

Mezi hlavní funkce modulu 3D modelování patří:

- Vytvoření nových modelových prvků
- Modifikace stávajících modelových prvků
- Grafická manipulace s prvky modelu
- Rozpoznání nárazu mezi prvky modelu

2.2. Kreslení a produkování 2D výkresů (Draft)

Tento modul je využíván k vytváření anotovaných a dimenzovaných uspořádání, dále pak k detailním výkresům z 3D modelu. Anotace může být ve formě štítků připevněných k elementům modelu, dále jako poznámky na výkrese, tabulky apod. Velmi důležitá je provázanost s modelem. Jestliže je anotace připojená k prvku modelu pak se přesune, pokud se změní pozice prvky v 3D modelu. Rozměry připojené k prvkům modelu se vypočítají automaticky a při aktualizaci výkresu se přepočítávají, podle aktuálních dat modelu. Pomocí modulu Draft se tak lze dotazovat na 3D model, nelze jej ale z tohoto modulu měnit [2].

2.3. Izometrie potrubí (Isodraft)

Modul Isodraft slouží především k vytvoření izometrických znázornění potrubí, které jsou dále použity pro vlastní výpočty potrubí, případně pro konstrukční a montážní účely. Funkce Isodraft konkrétně zahrnuje:

- Úplný seznam materiálu
- Automatické identifikace potrubních částí (Spooler)
- Automatické dělení složitých výkresů (Monitor)

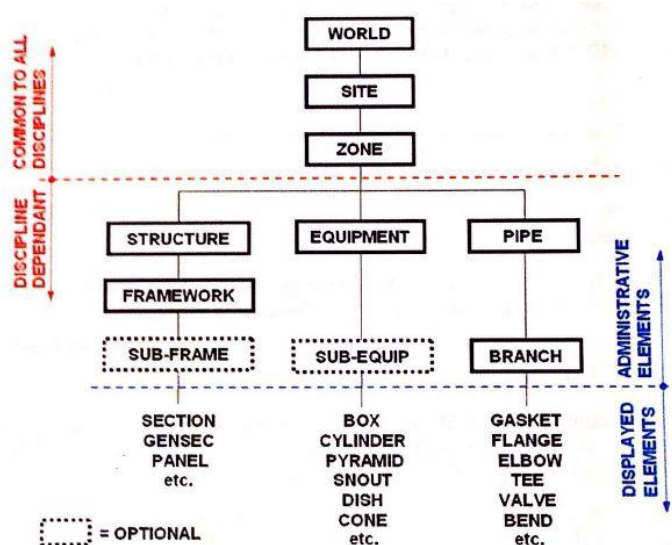
Funkce Monitor umožňuje základní dotazování databázových informací a jde použít k rychlé změně hesla aktuálně přihlášeného uživatele nebo k úplnému přepnutí na jiného uživatele. V závislosti na typu uživatele (jeho oprávnění), lze funkci Monitor použít ke změně přístupových práv. Pokud je problém s projektem, který zabraňuje načítání jiného modulu, software automaticky načte monitor, což umožňuje jednoduchou diagnostiku prostřednictvím rozhraní příkazového řádku.

2.4. Sestava (Spooler)

Modul Spooler (sestava) je několik navazujících potrubních komponent, propojených potrubím, které se navzájem propojí na dílně. Ty se následně odvezou na místo stavby, kde se spojí dohromady buď prostřednictvím těsnění a šroubů, pokud začíná či končí přírubou, případně se svařují montážním svarem na stavbě. Umožňuje tedy projektantovi rozdělit návrh potrubí na logické části, připravené k výrobě. Potřebná data mohou být vyvedena v izometrických výkresech pomocí funkce Isodraftu [2].

2.5. Hierarchie v databázi

Každá hierarchická databáze použitá v modelech softwaru PDMS je struktura podobná stromu (viz Obr. 2-1), jedná se o hierarchii adresářů a podadresářů, které používají k uložení souborů v počítači. Nejvyšší úroveň dat ve všech databázích se nazývá WORLD [2].



Obr. 2-1 Obecná databázová struktura modelů v softwaru PDMS [2]

Každá identifikovatelná položka dat je známa jako jedinečný prvek. Každý prvek má řadu souvisejících informací, které dohromady zcela definují jeho vlastnosti. Informace jsou označovány jako atributy. V hierarchické struktuře jsou všechny prvky vlastněny jinými prvky, s výjimkou WORLD (např. ZONE je vlastněna SITE).

Vertikální vazba mezi dvěma prvky na sousedních úrovních hierarchie databáze je definována jako vztah majitel-člen. Prvek na horní úrovni je vlastníkem prvků přímo pod ním, např. SITE je vlastníkem ZONE a ZONE je členem SITE.

Každý prvek může mít mnoho členů, ale smí mít pouze jednoho vlastníka. Všechny prvky jsou vlastněny jiným prvkem, s výjimkou WORLD. Prvek může existovat pouze v jeho správné a jedinečné pozici. Samotný prvek je v databázové struktuře identifikován automaticky přiděleným referenčním číslem, nebo přiděleným jménem, který v specifikuje uživatel.

Následující text uvádí popis hlavních typů prvků v databázi softwaru. Většina typů prvků je zkrácena, obvykle na první čtyři písmena plného jména, když jsou zobrazeny v uživatelském rozhraní. Zkratky jsou uvedeny v závorkách.

2.5.1. Nejvyšší úroveň (WORLD)

Nově vytvořená databáze je obvykle prázdná, s výjimkou jediného prvku s názvem WORLD. Každá databáze má svůj vlastní prvek WORLD, jako první prvek v hierarchii. WORLD nelze vymazat nebo změnit [2].

2.5.2. Úroveň (SITE)

Pod WORLD je druhou úrovní hierarchie SITE. Její velikost není nutně určována fyzickou plochou, ale praktickými hledisky. Může to být například celý projekt nebo jedna část velkého projektu. V rámci projektu může být požadavek na velký počet podúrovní SITE, právě kvůli požadavku na dobrou organizovanost dat v projektu.

2.5.3. Podúroveň (ZONE)

Další úroveň pod SITE je ZONE. Stejně jako u předešlé úrovně, zde není požadavek k definování fyzické oblasti. Tato úroveň se využívá ke snadnější orientaci v modelu a lze ji použít např. pro potrubní systém v jedné ZONE. Počet těchto úrovní záleží výhradně na uživateli, případně na požadavku na organizaci dat [2].

2.5.4. Elementy (STRUCTURE)

Elementy STRU jsou administrativní prvky, tj. existují pro vlastní prvky FRAMEWORK. Ukazují struktury, které mají být rozděleny pro snadné modelování a reportování [2].

2.5.5. Rámcový prvek (FRAMEWORK)

Rámcové prvky FRMW se používají k ukládání konstrukčních prvků do modelu. Složitá struktura může být rozdělena do několika logických rámců. Dělení struktury tímto způsobem umožňuje strukturální modelování. Umožňuje efektivnější práci v modelu např. kopírováním úplného dokumentu FRMW [2].

2.5.6. Prvek (SUB-FRAME)

SBFR je volitelný prvek, který může vlastnit konstrukční součásti. Používá se k dalšímu komplexnímu projektování nebo k modelování dílčích sestav v modelu.

2.5.7. Strukturální komponenty (SCTN)

Lineární konstrukční profily jsou reprezentovány podle sekcí SCTN pro rovné profily a prvky GENSEC pro zakřivené profily. Velikost průřezů se vybírá pomocí specifikace oddílu, která odkazuje na standardní katalogové údaje. Ploché rovinné předměty, jako desky a rošty, jsou reprezentovány prvky PANE [2].

2.5.8. Položka pro zařízení (EQUIPMENT)

Položky zařízení jsou sestaveny pomocí prvků známých jako primitiv. Každá část zařízení může obsahovat libovolný počet primitivních tvarů umístěných v prostoru, které představují položku zařízení.

2.5.9. Dílčí položka zařízení (SUBE-EQUIP)

SUBE je volitelný prvek pro rozdělování EQUI. Slouží pro snadnější orientaci.

2.5.10. Primitivní tvary

Primitivní tvary jsou základními stavebními kameny. Existuje mnoho typů primitiv; každý s vlastními vlastnostmi, které při kombinaci s jinými primitivy mohou představovat složité tvary. Příklady primitiv jsou tryska (NOZZ), box (BOX), válec (CYLI), pyramida (PYRA), kužel (CONE) a miska (DISH).

2.5.11. Potrubí (PIPE)

Potrubí zde může být považováno za linky. Jsou nataženy mezi několika koncovými body a jsou obvykle seskupeny společnou specifikací a procesní oblastí [2].

2.5.12. Větvení (BRANCH)

Pobočky jsou části potrubí, mající známé počáteční a konečné body, tj. startovní a finální body. Body se nazývají „Head“ a „Tail“, viz budoucí kapitola 3.1. Počáteční a koncový bod potrubní větve. Jednotlivé větve potrubí mohou být propojeny např. hrdly, T-kusem nebo počátečním či koncovým bodem druhého potrubí [2].

2.5.13. Součásti potrubí

Potrubí má velké množství komponent, mezi něž patří: těsnění (GASK), příruby (FLAN), koleno (ELBO), T-kus (TEE), ventily (VALV) atd. Ty tvoří tvar a geometrii potrubí. Součásti potrubí jsou vybrány pomocí specifikací potrubí, která odkazují na standardní katalogové údaje [2].

2.6. Názvy prvků v PDMS

Každý prvek v databázi softwaru může mít výslovný název. Názvy umožňují uživateli identifikovat prvky a vytvářet smysluplné zprávy z databáze. Které prvky jsou pojmenovány, volí uživatel, avšak jde obecně o "významné prvky", např. SITE, ZONE, EQUI, SUBE, PIPE, BRAN, STRU, FRMW, SBFR. Není také obvyklé, aby byly pojmenované primitivy. WORLD nemůže být přejmenován [2].

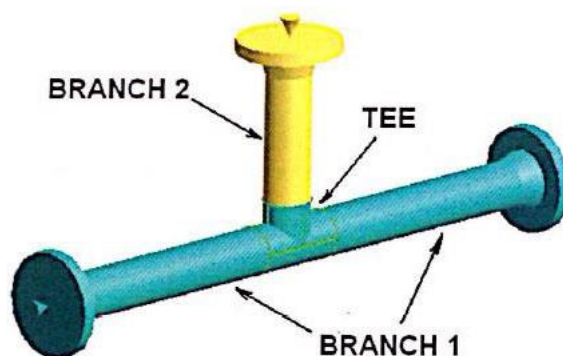
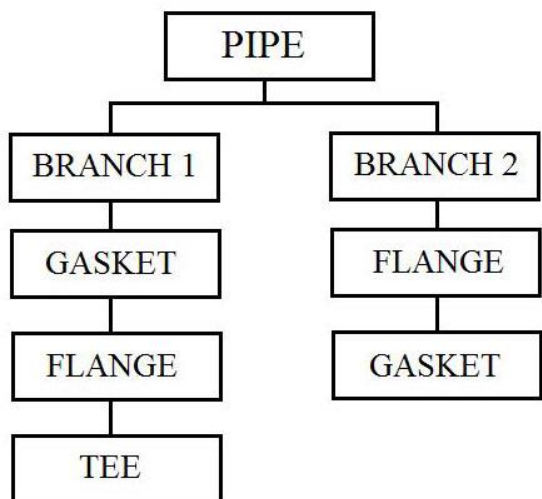
Názvy prvků v softwaru musí splňovat následující pravidla:

Názvy prvků začínají lomítkem vepředu. např. /MY_MODEL. Obecně většina návrhových položek dává uživateli příležitost je pojmenovat z formuláře pro tvorbu prvků. Uživatel nemusí zadávat přední lomítko na formulářích, které se automaticky přidávají po stisknutí klávesy „Enter“.

Názvy prvků musí být jedinečné ve všech databázích a rozlišují velká a malá písmena, např. / P1001A, IP1001a, / p1001A a / p1001a. Názvy prvků nesmí obsahovat mezery, mohou obsahovat jakýkoli znak, jako například přední lomítko (/), podtržítka (_), pomlčka (-), hvězdička (*) atd. Znaky mohou být použity jako oddělovače. Názvy prvků nesmějí být delší než 50 znaků. Pokud není prvek výslovně pojmenován, obdrží název systému, např. CYLI 2EQUI 1 ze ZONY 2 SITE / MY-MODEL. Vnitřně PDMS nepoužívá jména k identifikaci prvků, ale jedinečné referenční číslo databáze, takže prvek může být kdykoliv přeznačen. Tato referenční čísla se nikdy znovu nepoužijí, a proto zůstávají jedinečná po celou dobu projektu [2]. Referenční číslo může mít tvar např. 23584/2152.

3. Projektování potrubí

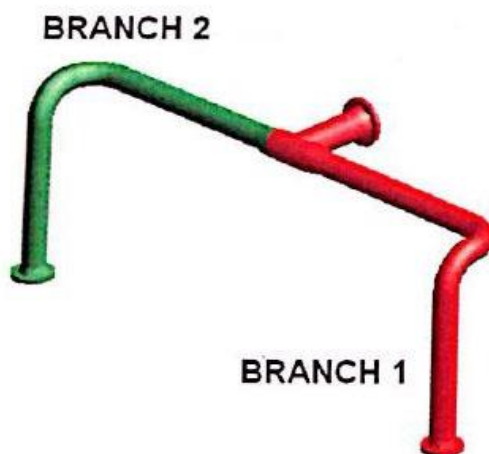
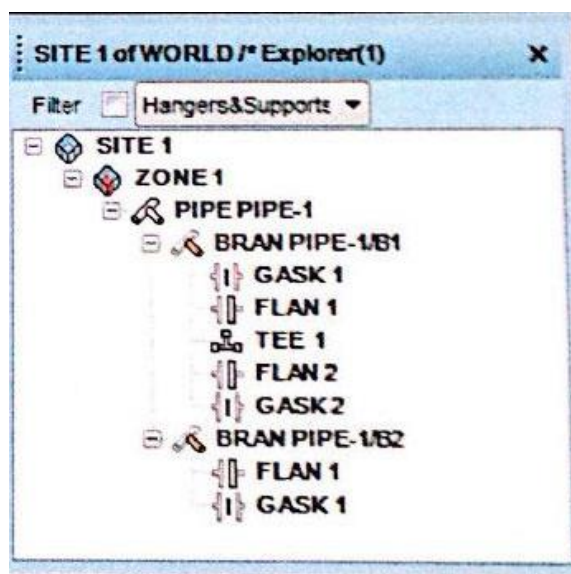
V této kapitole je popsáno, jak se PDMS používá pro modelování potrubí. Existuje samostatná konstrukční hierarchie pro směrování potrubí, která je znázorněná na Obr. 3-1. V zásadě může každý prvek potrubí (PIPE) vlastnit několik větví (BRANCH). Větve pak obsahují armatury samotného potrubí např. ventily, redukce, kolena atd [3].



Obr. 3-1 Hierarchie potrubí v PDMS [3]

Obr. 3-2 Potrubí s třemi konci [3]

Rozdíl mezi potrubím a větvemi spočívá v tom, že větev má pouze dva konce, zatímco potrubí může mít libovolný počet konců, v závislosti na počtu odboček, které vlastní. Trubka se třemi konci a dvěma větvemi je znázorněna výše – viz Obr. 3-2. Druhá větev je připojena k prvnímu T-kusu. Samotná hierarchie potrubí je vidět na Obr. 3-3.



Obr. 3-3 Hierarchie potrubí na Obr. 3-3[3]

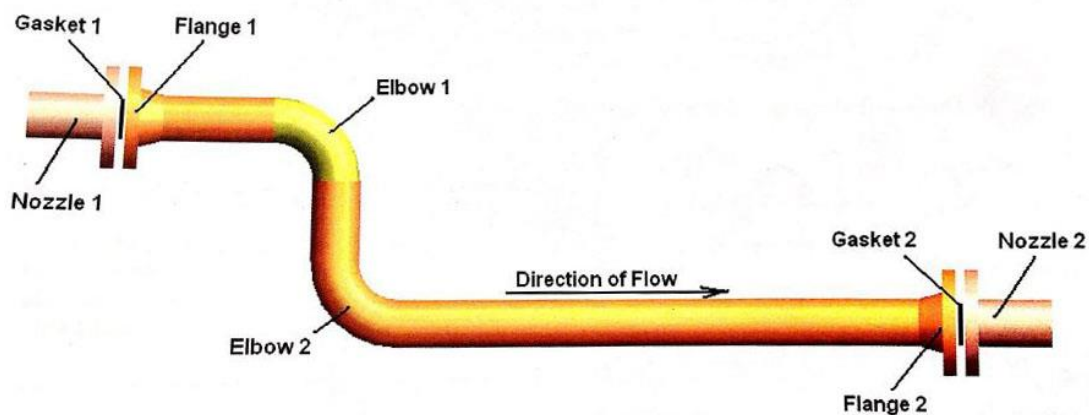
Obr. 3-4 Alternativní zapojení pro potrubí s T-kusem [3]

Přestože větev má pouze dva konce, může vlastnit komponenty (v tomto případě T-kus), které se připojují k jiným větvím. Tyto jednoduché koncepty umožňují rozvíjet libovolný počet konfigurací potrubí a tvoří základ všech existujících navržených potrubí PDMS. Na Obr. 3-4 je uvedena alternativní konfigurace potrubí, kdy je odbočka vedena přes T-kus doprava [3].

3.1. Počáteční a koncový bod potrubní větve

Všechny potrubní větve musí mít počáteční (Head) a koncový (Tail) bod. Poloha a pořadí potrubí pod úrovní větví (Branch) určuje skutečnou trasu potrubí. V PDMS se projektují pouze jednotlivé armatury. Potrubí mezi nimi se zobrazí implicitně, podle potrubí specifikace [3].

Jako počáteční a koncový bod, může být zvolena jakákoli armatura. Jako ukázka je zde na Obr. 3-5 uveden počáteční bod u hrdla 1 a koncový bod u hrdla 2.



Obr. 3-5 Potrubní trasa s počátečním a konečným bodem [3]

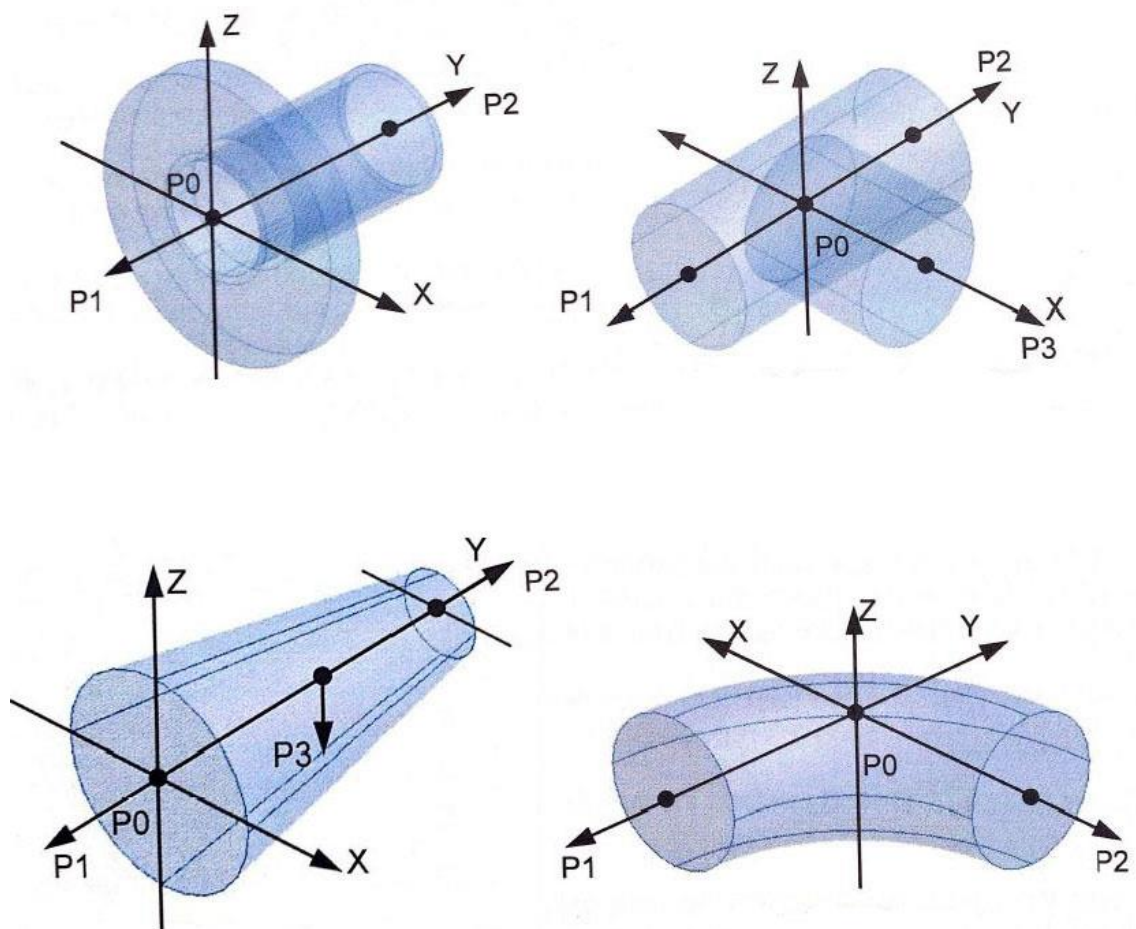
Velmi důležité je uvědomit si směr při projektování potrubí. Při opravě potrubí se může stát, že se zamění směr řazení nových armatur. Tento směr se mění pomocí tlačítka zobrazeného v Tab. 1. Zde dochází ke změně směru projektování od počátku ke koncovému bodu, případně od koncového k počátečnímu bodu. Další praktický příklad bude zmíněn v kapitole

Posunutí potrubí z důvodu kolize. Dodržuje se i směr průtoku média potrubím od počátečního do koncového bodu [3].

3.2. Vstupní a výstupní body

Součástí potrubí jsou tzv. P body. V první řadě tyto body definují připojení a v druhé určují tok větví skrz komponentu pomocí příkazů „Arrive“ a „Leave“. U redukce uvedené na Obr. 3-6 je širší konec v poloze P1 a užší konec je P2. Pokud se tento prvek použije ke zvětšení dimenze potrubí, průtok bude ve směru od P2 do P1. Tento směr je dán zvolením počátečního a koncového bodu viz. předchozí kapitola. Zajímavější je T-kus, kde je počátečně nastaven tok z P1 do P2. Občas je ale potřeba, aby větev potrubí pokračovala ve směru P3. To lze definovat příkazem v příkazovém okně „Leave“ případně změnou vstupu „Arrive“. Software PDMS zvládne všechna spojení, nicméně je důležité, aby projektant pochopil koncepci spojení. Ukázky armatur a jejich P bodů jsou na Obr. 3-6 [3].

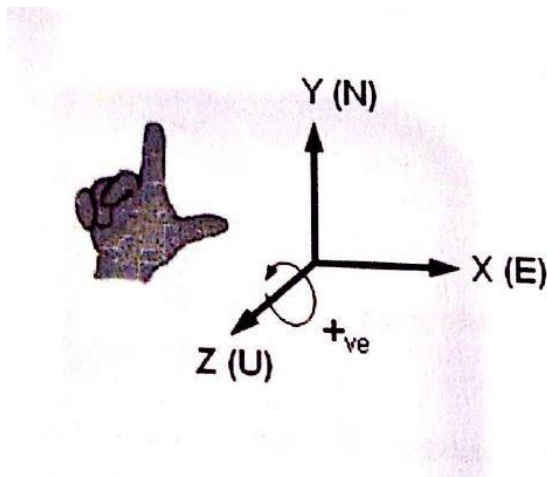
P body mají i samotné konstrukce nebo zdi v projektu. Při uložení potrubí na zeď, se tyto body využijí ke správnému uložení konzole na stěnu.



Obr. 3-6 Armatury a jejich P body (hrdlo, T-kus, redukce a koleno) [3]

3.3. Systém os v PDMS

Software PDMS používá pravidlo pravé ruky pro vyjádření souřadnicového systému a rotace – viz Obr. 3-7. V modelu má WORLD souřadný systém, jehož původ je u X, Y, Z (0,0,0). K těmto osám software přiřazuje i základní směry. PDMS přiřazuje k osám X, Y a Z tyto základní směry [2].

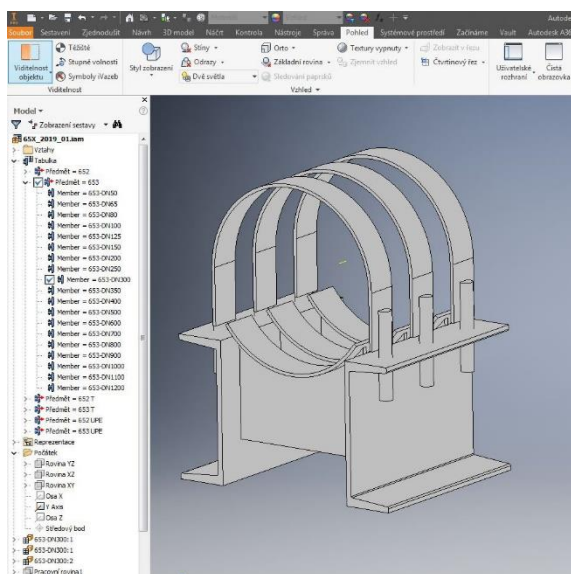


Obr. 3-7 Souřadný systém [2]

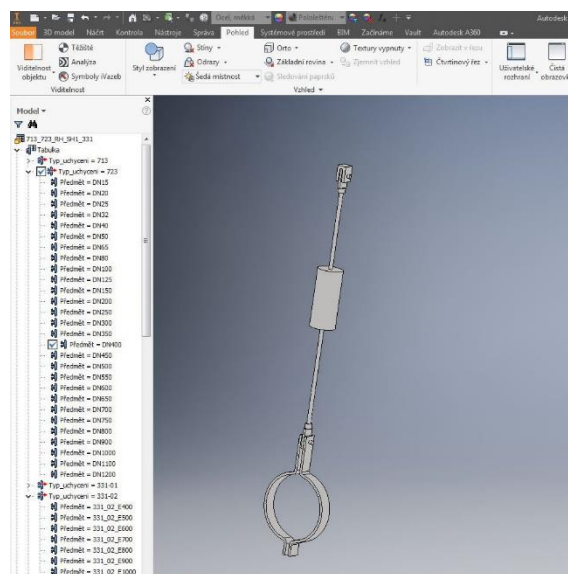
X je zvolen jako východ, Y je sever a Z je definovaný jako směr vzhůru. Mnoho prvků v softwaru má atributy polohy a rotace. Tyto prvky mají svůj vlastní osový systém, který opět odpovídá pravidlu pravé ruky.

3.4. Tvorba databáze pro PDMS

V této kapitole je stručně prezentován způsob, jakým se samotná databáze tvoří. Jak bylo řečeno software PDMS funguje jako jedna velká knihovna databází a jeho limity jsou právě těmito databázemi definované.



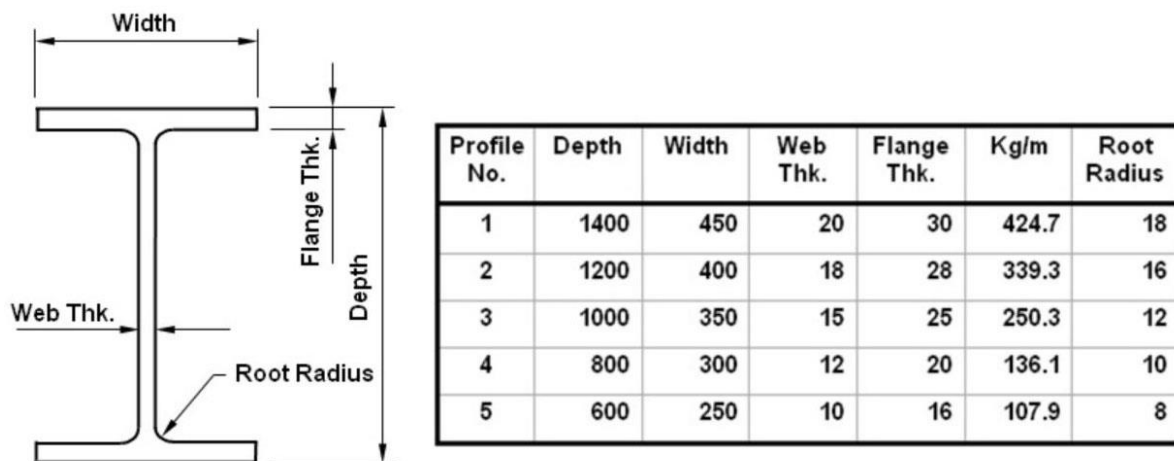
Obr. 3-8 Kotvení stojan



Obr. 3-9 Pružinový závěs

Možností je několik a první představená je pomocí programu Inventor od společnosti Autodesk. Tato vytvořená databáze, lze ji definovat, jako katalog obsahuje několik druhů závěsů a podpěr potrubí. Prvotní fází je nutné jednotlivé druhy podpěr vymodelovat v programu Inventor. Takový model je vidět na Obr. 3-8 a Obr. 3-9. V prvním případě se jedná o pevný bod, který slouží k omezení pohybu potrubí ve všech směrech. Druhý typ je pružinový závěs, který dokáže reagovat na případné tepelné dilatace či otřesy při náběhu procesního zařízení. Zmíněné uložení vyrábí téměř každý výrobce potrubního uložení ve svém specifickém designu. V dnešní době již nestačí katalogové rozmezí do DN 800. Celý katalog se rozšiřoval až do velikosti potrubí DN 1200. Každý typ podpěry má svoji specifikaci. U pevného bodu jsou při teplotě do 350 °C použity U-profil. Pokud zákazník vyžaduje pevné body nad 350 °C je potřeba tyto pevné body vyrobit z kvalitnějšího materiálu a musí se změnit jejich konstrukce. Díky tomu je celkový počet modelů více než 400 kusů. Tyto soubory se posléze exportují ve formátu *.stl a dále jsou použity k samotné výrobě katalogu.

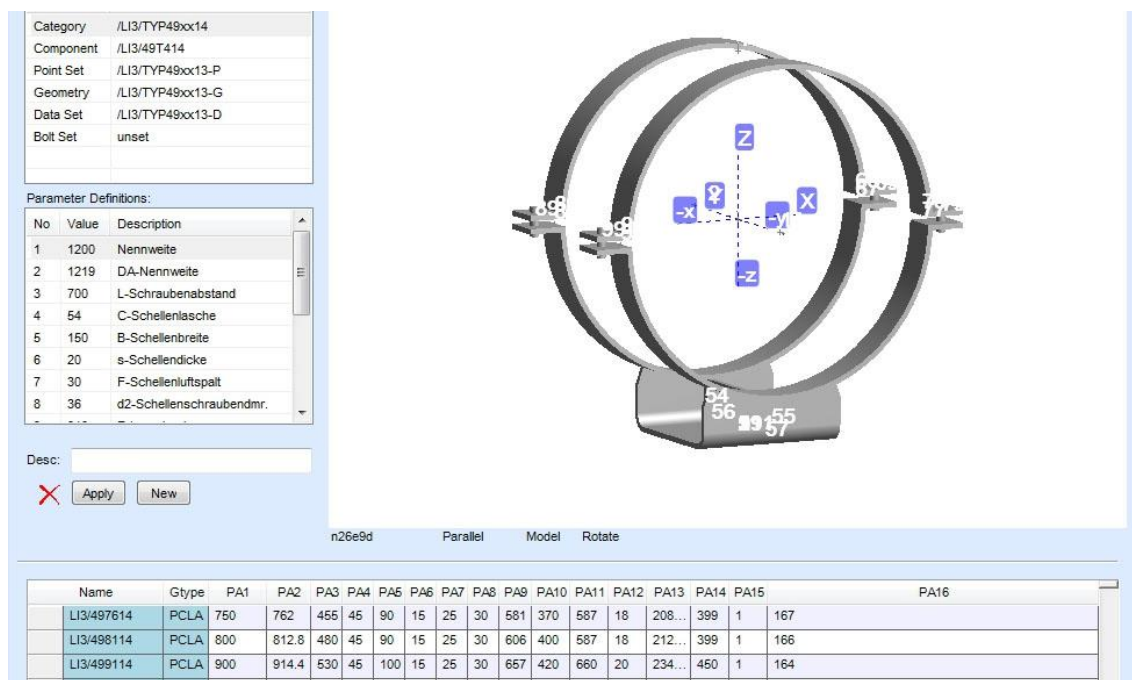
Potenciální zákazník, který obdrží katalog je schopen ho nahrát do softwaru PDMS a používat tyto typové podpěry přímo v samotném 3D modelu. Výrobci je posléze poslán seznam použitých podpěr, podle kterého se vyrobí použité uložení. V některých případech je nutné použít atypické uložení, které je třeba vyrobit podle výkresu od zákazníka.



Obr. 3-10 Parametricky modelovaný profil IPE [4]

Druhou možností je samotný software PDMS, který obsahuje modul PARAGON pro vytváření katalogových komponentů. Jde o nejjednodušší způsob vytvoření databáze. Tyto komponenty jsou zde modelovány pomocí geometrických parametrů. Na Obr. 3-5 je vidět profil IPE. Jeho geometrie je definovaná pomocí pěti parametrů, šestý udává jeho hmotnost na jeden metr délky. Velmi důležitá je i definice P-liny, díky kterým lze posléze v modelu komponentu umisťovat případně měřit vzdálenosti [4].

Na Obr. 3-11 je vidět i samotné prostředí modulu PARAGON. Zde se nachází kluzná podpěra s parametrickou tabulkou, která definuje její geometrii. Počátek je definován v ose potrubí, pro snadné umístění na samotné potrubí. Velmi často se stává, že chybí určitá armatura v potrubní třídě. Díky parametrickému modelování je velmi jednoduché tuto chybějící část vytvořit a okamžitě vložit do modelu. Za katalogovou databázi zodpovídá jeden projektant. Zároveň rozhoduje, jaké armatury mohou být používány na aktuálním projektu. Dále je důležité používat armatury, které jsou dostupné na trhu, a je zaručená včasná dodávka na stavbu.



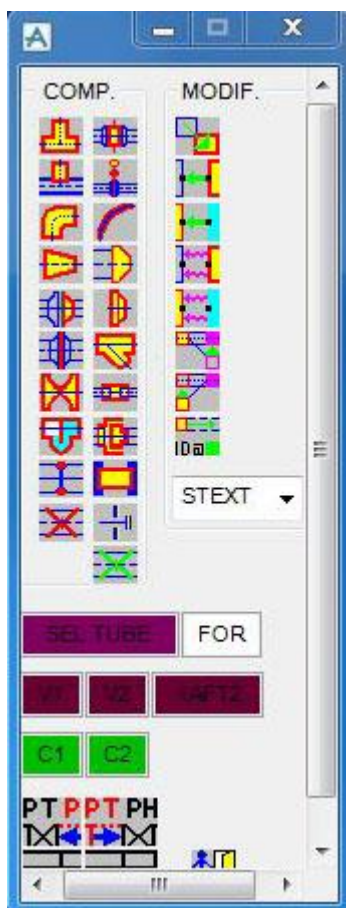
Obr. 3-11 Kluzná podpora v modulu PARAGON

3.5. Makra v PDMS

Software PDMS 12. 1, již má uživatelsky přátelské prostředí. K ovládání a samotnému projektování se dříve užíval „command window“ (neboli příkazový řádek), který je i nadále k dispozici. V dnešní době se ale pro snadnější užívání používají takzvaná makra. Ty lze libovolně naprogramovat a přizpůsobit si je pro konkrétní projekt. Samotná makra jsou rozdělena podle funkce, která se od nich očekává. Na Obr. 3-12 až Obr. 3-17 jsou vidět makra pro projektování potrubí. Makra nejsou součástí softwaru a každý projektant je má buď vlastnoručně vytvořené, nebo je může nechat vytvořit specializovanými společnostmi, které se makry zabývají. Funkce některých symbolů jsou vysvětleny v Tab. 1. Na Obr. 3-12 je hlavní panel potrubního makra. Samotné makro je soubor, který se vloží do příkazového řádku. To se následně spustí příkazem „synde“, kdy dojde ke spuštění ostatních částí makra, které jsou zde zobrazeny.



Obr. 3-12 Hlavní panel makra pro potrubí



Obr. 3-14 Komponenty potrubí



Obr. 3-13 Základní pohyb komponentů



Obr. 3-15 Napojování komponent



Obr. 3-16 Navazující objekty



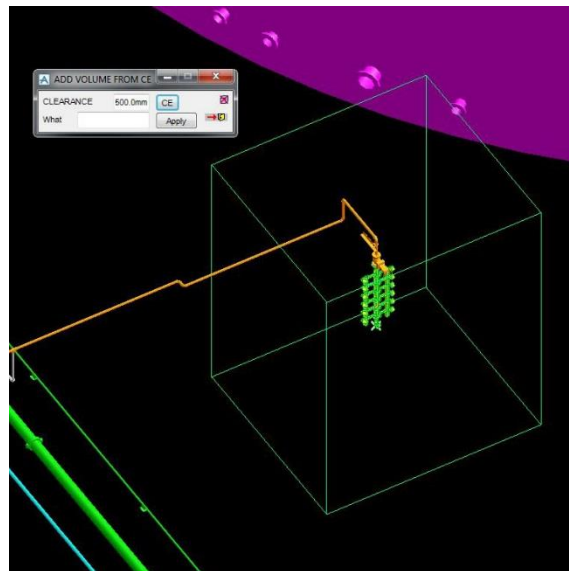
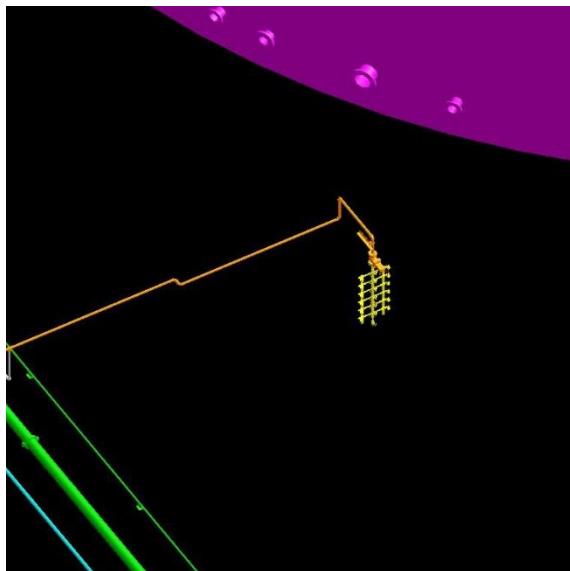
Obr. 3-17 Objekty ve vzdálenosti od objektu

Tab. 1 Vysvětlivky znaků

	<p>Horní dva symboly zviditelňují izolaci na potrubí a ventilu a spodní dva tuto izolaci zneviditelní.</p>
	<p>Těmito symboly se spouští kontrola kolizí potrubních větví.</p>
	<p>Slouží k uzamknutí a odemknutí jednotlivých atribut.</p>
	<p>Mění barvy vybraných objektů.</p>
	<p>Výběr atributů z katalogu. (T-kus, koleno, redukce)</p>
	<p>Výběr atributů z katalogu. (příruba, těsnění)</p>
	<p>Znovu vybrání zvolené atributy.</p>
	<p>Slouží pro napojení jednotlivých atribut na potrubní větev.</p>
	<p>Napojení počátku větve (aparát, T-kus, olet, konec větve, počátek)</p>
	<p>Napojení konce větve (aparát, T-kus, olet, začátek větve, konec)</p>
	<p>Význam a důležitost tlačítka FOR je vysvětlen v kapitole 3.1 Počáteční a koncový bod potrubní větve. Slouží k přepínání směru projektované větve.</p>
	<p>Slouží k zobrazení navazujících potrubních tras a aparátů.</p>

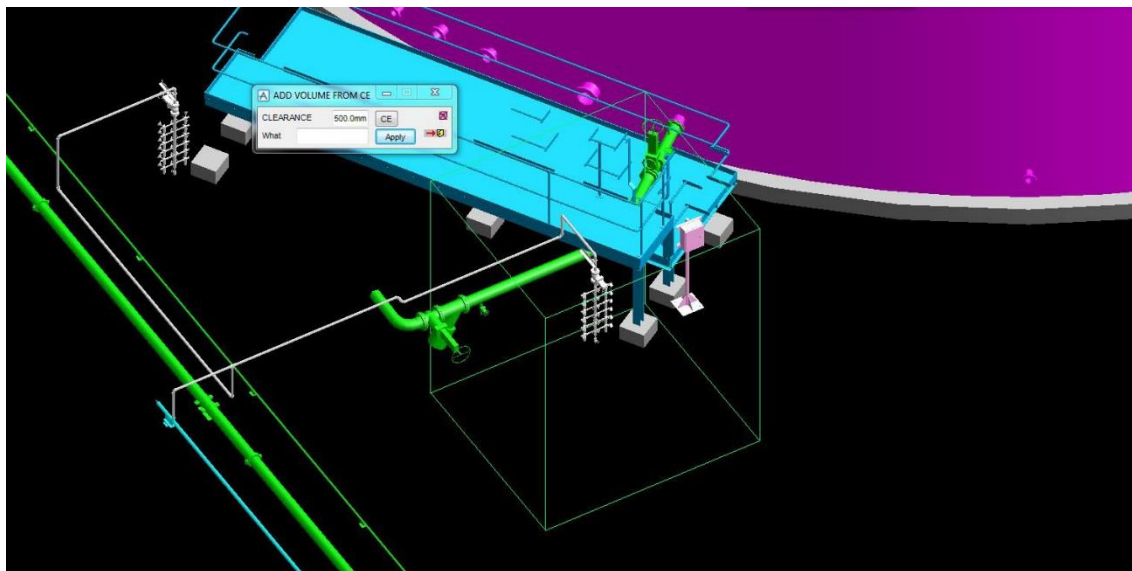
3.6. Zobrazení okolí objektu

Díky ohromnému množství dat je kvůli plynulosti projektování výhodnější mít zobrazené jen nejnútnejší okolí. Na Obr. 3-17 je vidět makro pro zjištění objektů v naší definované vzdálenosti.



Obr. 3-18 Definovaný prostor okolo sběrače Obr. 3-19 Sběrač kondenzátu

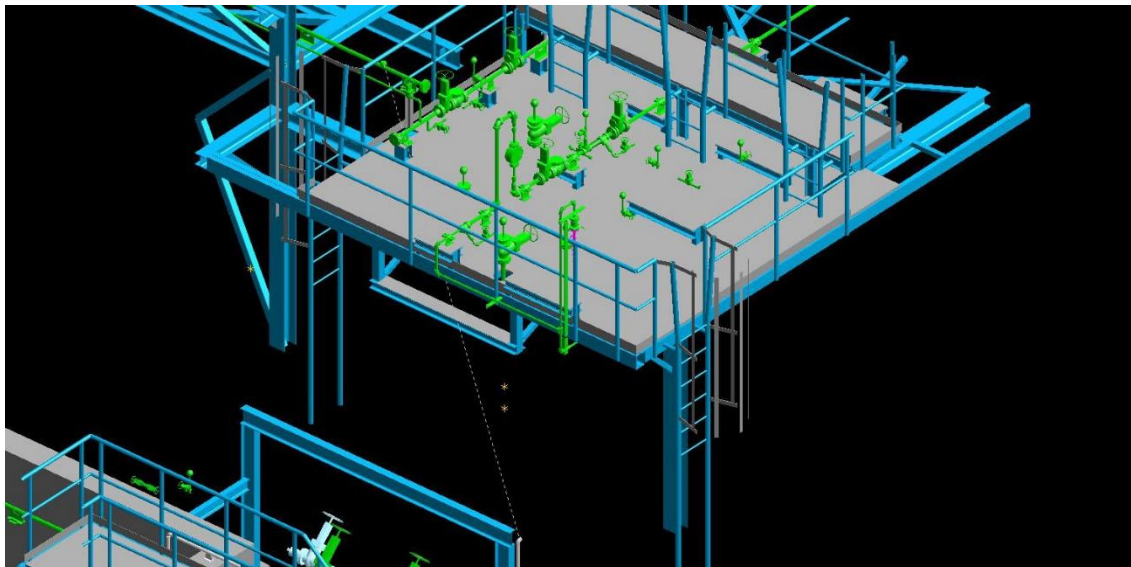
V popisovaném případě byl volen sběrač kondenzátu, který je na Obr. 3-18. Byla zvolena vzdálenost 500 mm v okolí sběrače. Zmíněný prostor je definován krychlí na Obr. 3-19. Po potvrzení makro zobrazí okolí, které je viditelné na Obr. 3-20. Je zde vidět plošina a potrubí vedoucí do nádrže.



Obr. 3-20 Zobrazené okolí u sběrače

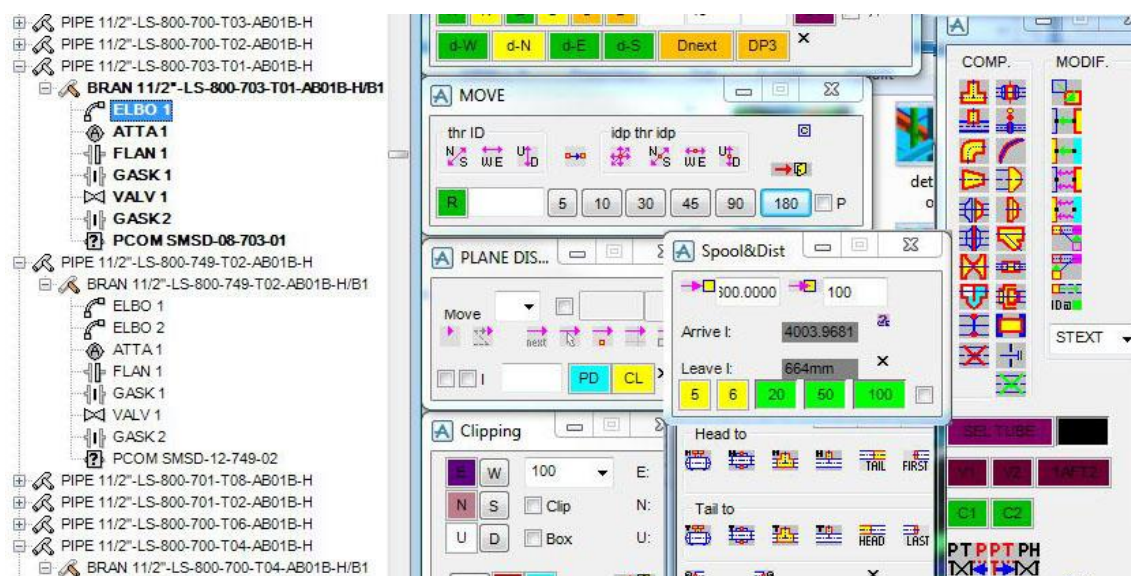
3.7. Projektování potrubí

Na velmi jednoduchém příkladu je zde prezentován stručný návod pro projektování potrubí v PDMS. Jak bylo řečeno v kapitole 3.1 Počáteční a koncový bod potrubní větve, prvotně je zvolen začátek a konec potrubní trasy. Tyto dva konce jsou softwarem propojeny přerušovanou čarou, která je vidět na Obr. 3-21.



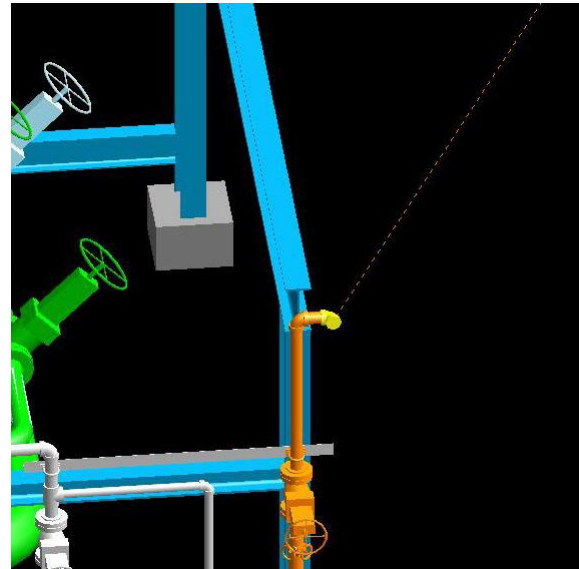
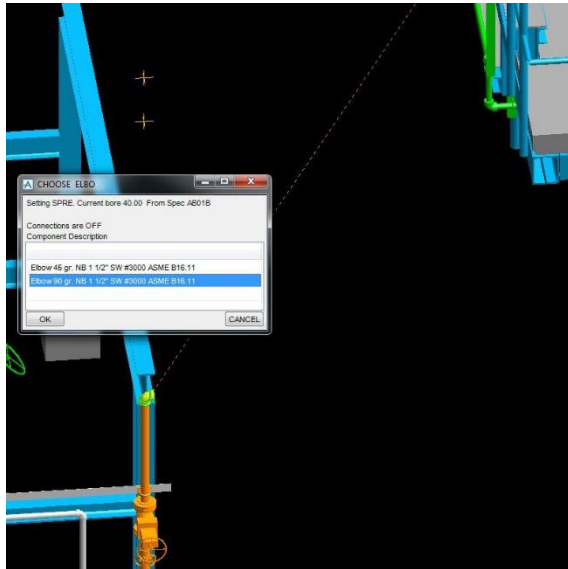
Obr. 3-21 Propojení jednotlivých konců potrubí

Jedná se o potrubí, které přivádí páru pro otopení ropného produktu. Na Obr. 3-21 je vidět plošina, která je v této práci součástí Optimalizačního příkladu. V softwaru jsou vypnuty potrubní trasy a nepotřebné části konstrukce, které nejsou v tuto chvíli důležité. Velmi důležitý je přehled o okolí projektovaného potrubí. K tomuto je využit software od společnosti Autodesk Navisworks, kde je otevřený celý model procesní technologie. Projektant si zde vybere vhodnou cestu pro projektované potrubí. Na Obr. 3-22 jsou vidět makra, která v tomto případě budou využita.



Obr. 3-22 Použitá makra pro projektování potrubí

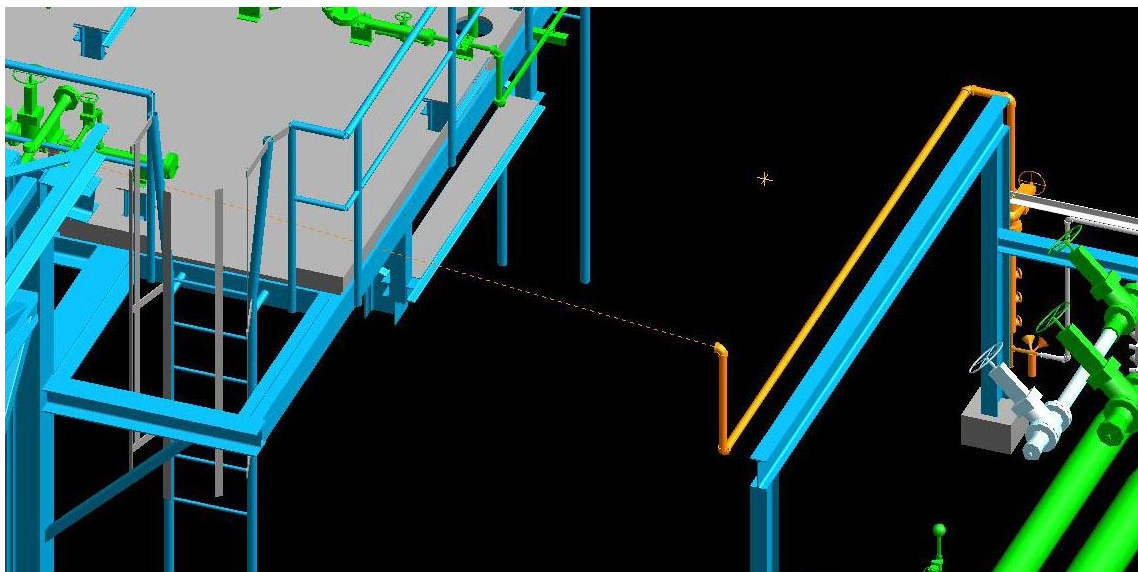
Jedná se o výběr komponentů, otočení, připojení a následné úpravy vzdálenosti mezi jednotlivými částmi potrubí. Zároveň je vidět strom samotné potrubní větve, který se nachází v levé části Obr. 3-22. Na konci potrubní trasy je již příslušná technologie pro otápění parou. Je volen směr projektování od konce, zvolený směr je vidět na makru Obr. 3-22.



Obr. 3-23 Výběr kolene (ve stromu potrubní větve označeno ELBO 1)

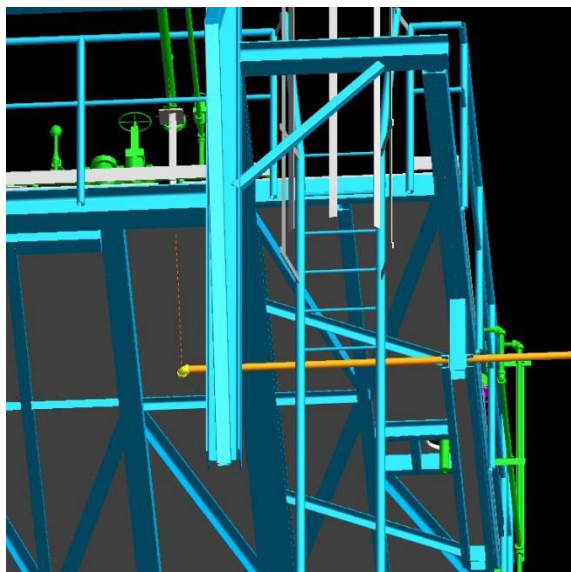
Obr. 3-24 Automaticky vytvořené ve vzdálenosti 100 mm

Prvně je vybráno koleno o příslušné světlosti a potrubní třídy. Z katalogu jsou k výběru pouze dvě kolena o 90° a 45° (viz Obr. 3-23). Je voleno koleno o 90° a automaticky je umístěno ve vzdálenosti 100 mm od předchozího komponentu (Obr. 3-24). Tuto vzdálenost upravíme na 200 mm, aby se předešlo kolizi s konstrukcí. Při delší vzdálenosti se volí zarovnání komponentu k určitému prvku konstrukce. Na Obr. 3-25 je volen střed sloupu profilu a pro vrchní prvek profil pod plošinou konstrukce.

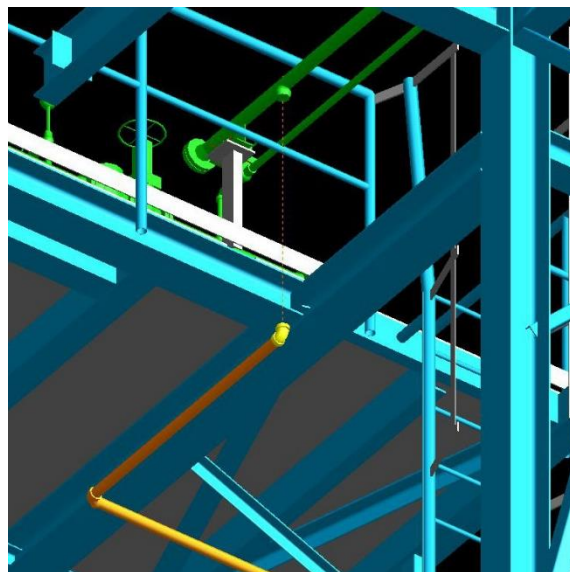


Obr. 3-25 Zarovnání potrubních komponentů s konstrukcí

Dále je využita poloha potrubní větve, kde je zadán počátek (Obr. 3-26). Následně je koleno zarovnáno s výstupem z potrubí a může dojít k jeho automatickému propojení. Zde je voleno napojení počátku s „Olet“ (viz Obr. 3-27).



Obr. 3-26 Zarovnání s potrubím

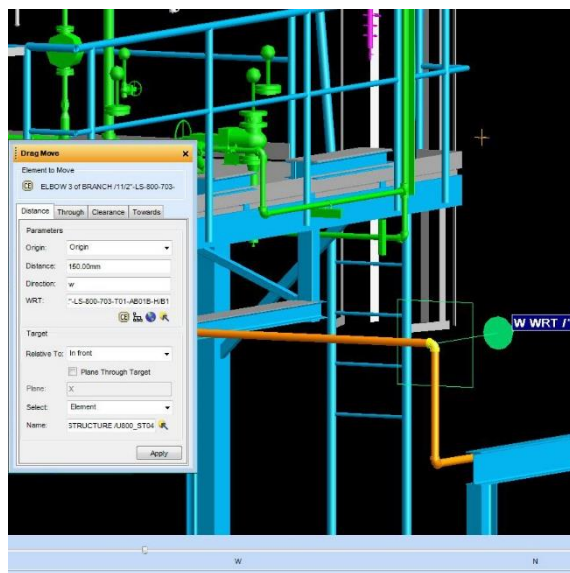


Obr. 3-27 Zarovnání s počátkem potrubí

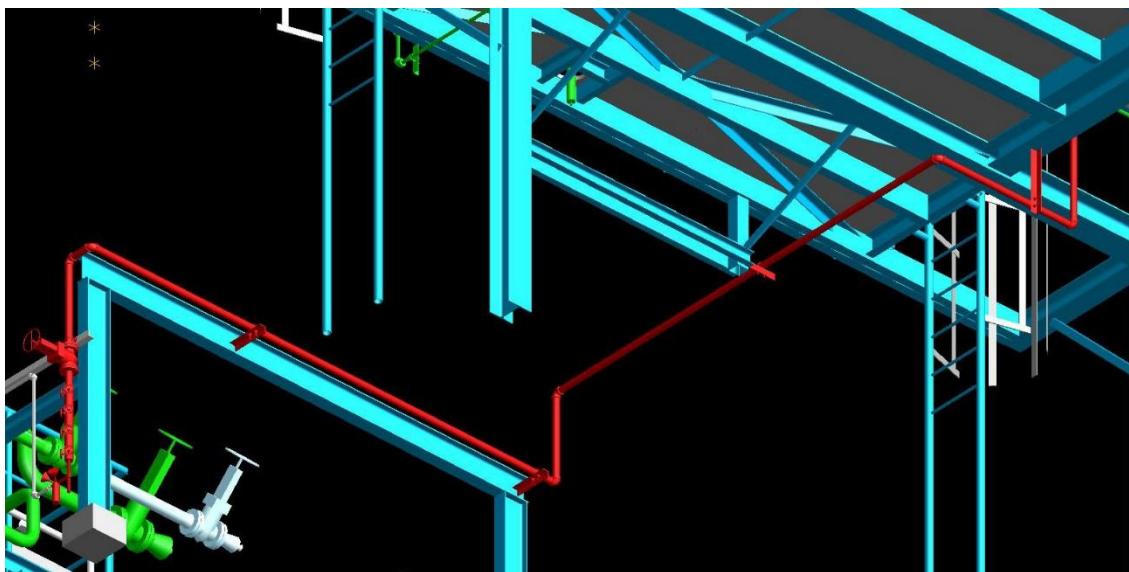
Když je potrubní větev hotová je potřeba ji pomocí funkce „Drag move“ sjednotit odstupy od konstrukce. Potrubí je nutné uložit, aby bylo stabilní při samotném provozu. Jsou zde využity konstrukční prvky, ke kterým bude potrubní větev ukotvena. (Obr. 3-28 a Obr. 3-29) Potrubí bude uloženo pomocí L-profilu a třmene (typ 701). Toto uložení je viditelné na Obr. 3-30.



Obr. 3-28 Nastavena vzdálenost 150 mm od profilu konstrukce



Obr. 3-29 Nastavena vzdálenost 150 mm od profilu konstrukce



Obr. 3-30 Červeně zviditelněné potrubí s konečným uložením

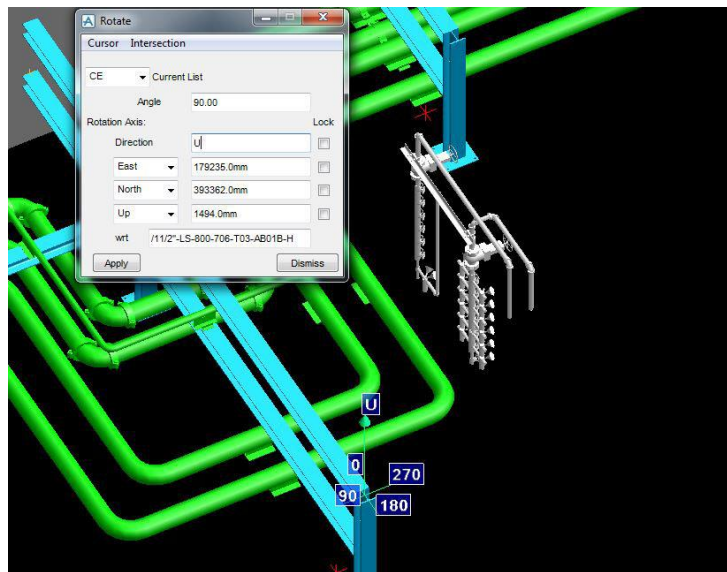
V příloze diplomové práce je výkres izometrie, který vytvoří program PDMS. Tato izometrie je dále předána k výpočtu potrubní trasy. Pokud je potřeba, výpočtář navrhne vhodnou změnu potrubní trati, pokud jsou výpočty v rozporu. Zmíněný výkres izometrie v příloze diplomové práce současně ilustruje způsob provádění takových revizí v softwaru PDMS.

4. Práce se softwarem PDMS

V této části diplomové práce je prezentováno několik vybraných typických projektových problémů, s kterými se projektant může v praxi setkat. Tyto problémy jsou popsány a vysvětleny v podobě nalezení jejich řešení v softwaru PDMS. Jak již bylo napsáno v kapitole, Úvod do systému PDMS, velkou výhodou programu je zejména nalezení kolizí, jak s jiným potrubím, tak případnými částmi budovy, apod.

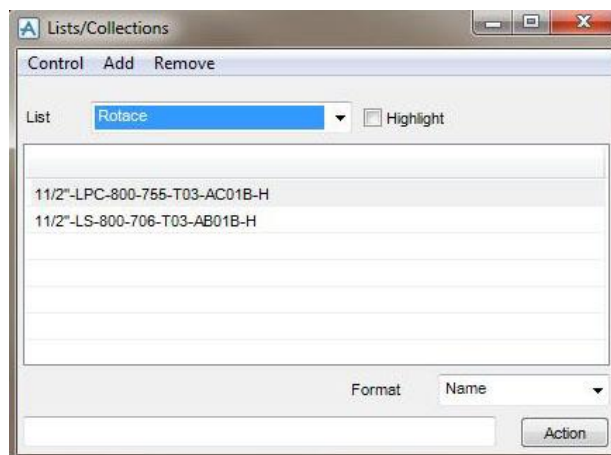
4.1. Otočení sady pro otápění

Jednou ze základních dovedností projektanta je otočení objektu. Ve většině případů jde o nějakou skupinu objektů, či v tomto případě o dvě potrubí, která jsou vidět na Obr. 4-1. V softwaru je několik možností, jak případné otočení provést.



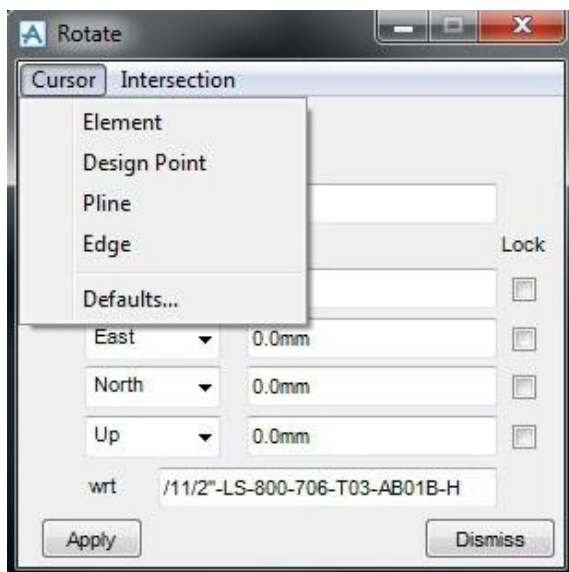
Obr. 4-1 Původní místo potrubí

Pro svoji jednoduchost je otočení provedeno přes funkci „List“. „List“ slouží jako seznam, do kterého se objekty vloží (Obr. 4-2). Tento „List“ je důležitý pro samotnou rotaci objektů v něm vloženém. Následné změny se projeví pouze na objektech, které se nachází na seznamu „List“.

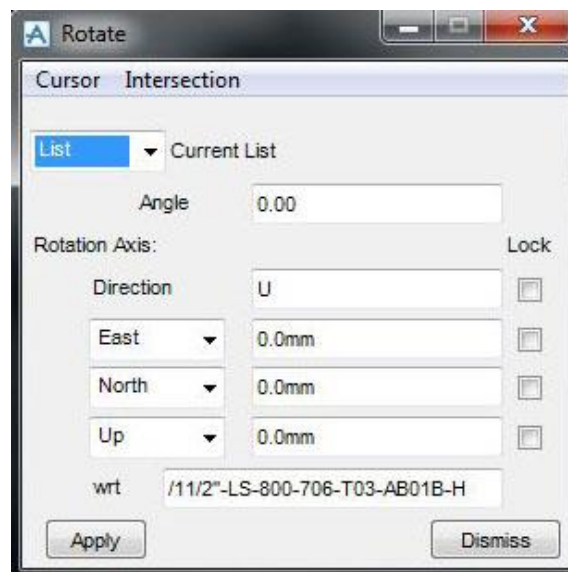


Obr. 4-2 List se seznamem potrubí pro otočení

Makro pro rotaci je uveden na Obr. 4-3. Je důležité zvolit si místo, respektive bod v prostoru, podle kterého bude docházet k samotné rotaci objektů. Pro daný příklad je vybrán element (I profil), který je viditelný na Obr. 4-1. Dále je na Obr. 4-4 vybrán list, do kterého byly vloženy jednotlivé větve potrubí. V makru lze definovat osu, podle které bude docházet k rotaci.



Obr. 4-3 Zvolení elementu pro rotaci



Obr. 4-4 Zvolení rotace potrubí z listu

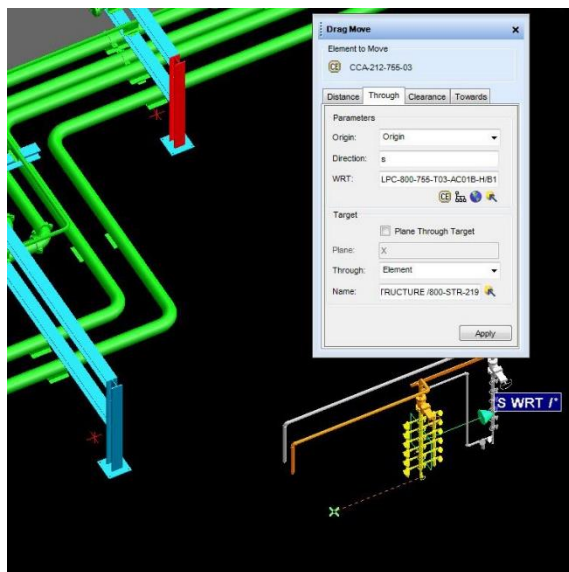
Pro rotace je využita osa U (svislá osa). Ukazuje i jednotlivé úhly rotace, a proto je úhel -90° . Výsledné otočení je viditelné na Obr. 4-5. Nyní když máme potrubí ve správném směru, je potřeba ho ještě umístit na vybrané místo u konstrukce z I profilů.



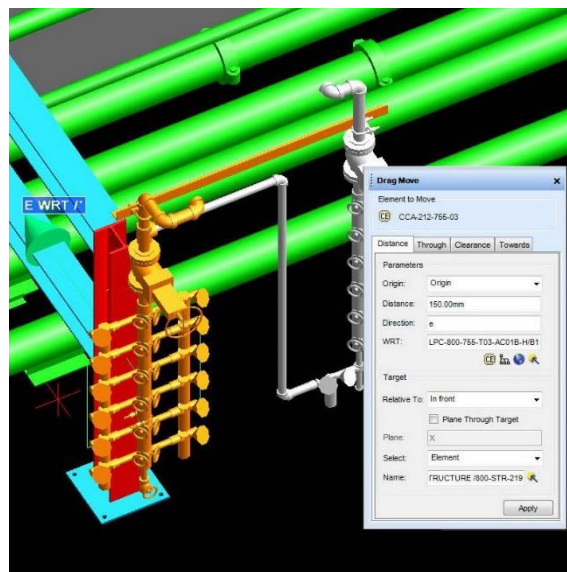
Obr. 4-5 Otočení potrubí o 90°

K tomuto účelu je využito makro „Drag move“. Nejprve je srovnán střed potrubí s profilem pomocí funkce „Trough“ ve směru S (Obr. 4-6). Dále je pomocí „Distance“ definována vzdálenost od profilu 150 mm. Zde je důležitý směr E, jelikož je vybrána funkce před objektem. (Obr. 4-7).

Nyní již stačí potrubí napojit, dle potřeby umístit podpěry, a nakonec zkontrolovat kolizi, která může být způsobena objekty, které jsou v rámci 3D modelu skryty.



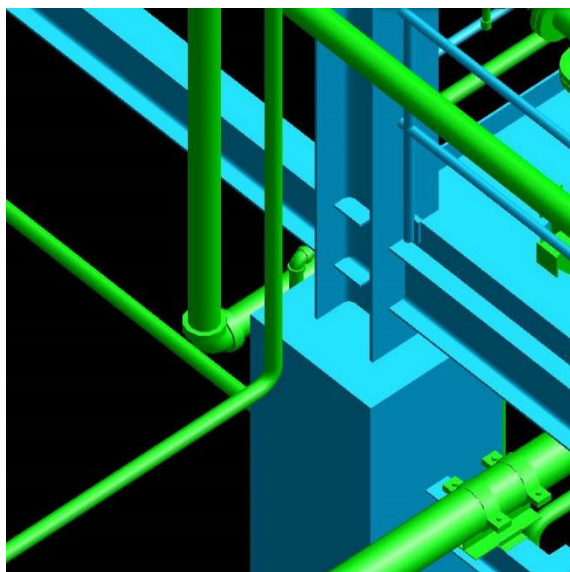
Obr. 4-6 Srovnání ve směru S s I profilem



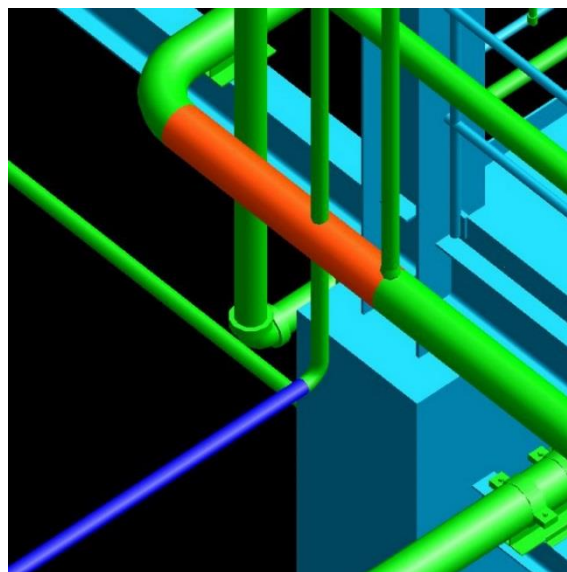
Obr. 4-7 Závěr posunutí

4.2. Posunutí potrubí z důvodu kolize

První kolize je prezentována na potrubí, které zajišťuje otápění zařízení parou. Po výběru vhodné trasy pro potrubí, s ohledem na budoucí uchycení a vhodně umístěnou dilataci, je vždy vhodné provést kontrolu kolize. Jak bylo již psáno, spousta částí modelu je skryta, a tak i přes otevřený program Navisworks se samotným reálným modelem lze snadno nějakou část jiného potrubí přehlédnout. Na Obr. 4-8 je vidět potrubí před spuštěním makra na detekci kolize na potrubní trase.

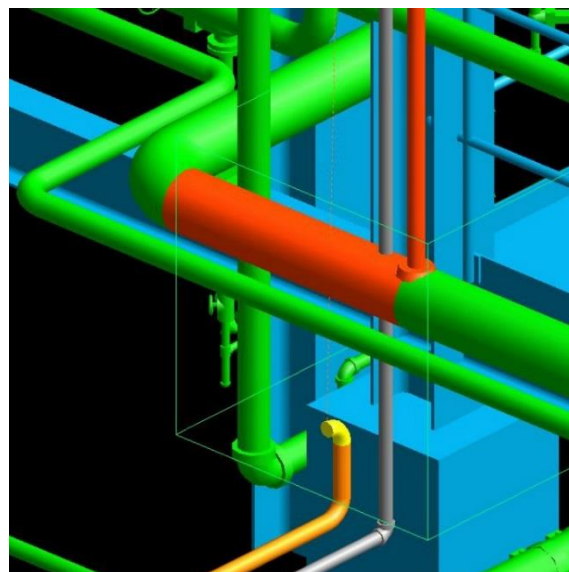
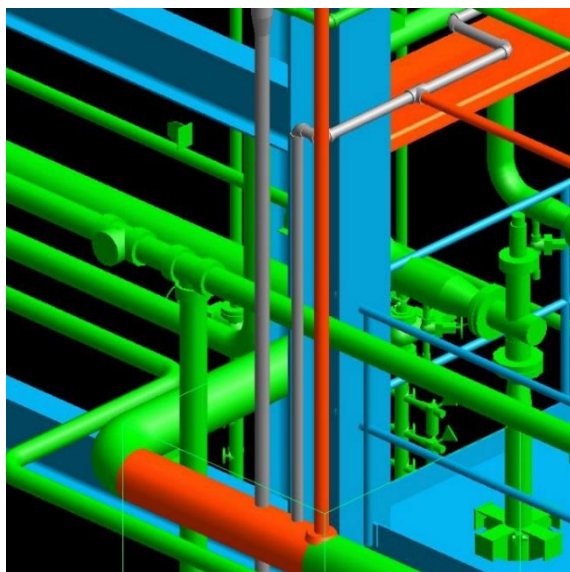


Obr. 4-8 Potrubí před provedením kontroly



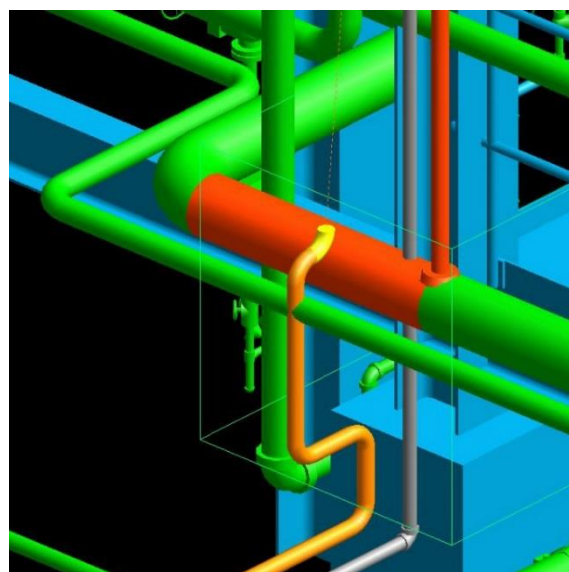
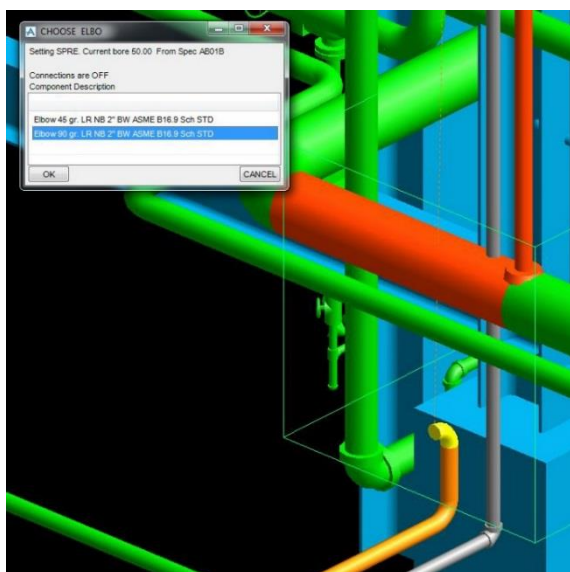
Obr. 4-9 Kolize s potrubím

Kolize, kterou program PDMS našel, je zobrazena na Obr. 4-9 a Obr. 4-10. Na nich je vidět i kolize s ostatními potrubními trasami, které jsou ale správně napojené a ukazují tedy pouhé spojení s nimi. Červeně označená je i nosná konstrukce z profilů. Kolizi lze ověřit prostým změřením a vyhodnotit, že výška odpovídá potřebné podpoře.



Obr. 4-10 Detail na kolizi v další části Obr. 4-11 Začátek opravy kolize potrubí

Software dává na vědomí možné střety izolací, případně narušení virtuálního pracovního prostoru v oblastech ventilů. Po zjištění kolize je potřeba nalézt nejvhodnější cestu pro opravu. Změna trasy potrubí se provádí na menším potrubí, jelikož je to finančně méně náročné. Velmi často se taky stává, že větší průměry jsou již poslány výpočtovým inženýrům na výpočet a není tedy vhodné již jejich trasu měnit. Samotný začátek opravy začíná vložení kolene do potrubí. Dojde k přerušení, které je viditelné na Obr. 4-11.



Obr. 4-12 Výběr kolene 90°

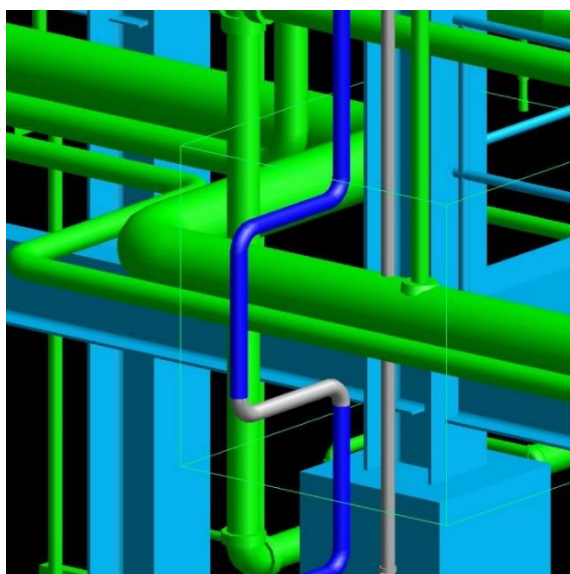
Obr. 4-13 Detail na opravu kolize

V katalogu si zvolíme nabízený prvek, který je vhodný pro konkrétní potrubí. Je důležité brát ohled na potrubní třídy a samozřejmě také na průměr potrubí. Všechny tyto aspekty hlídá software sám. Pokud nenajde v databázi potřebný díl, tak jej tam uživatel musí případně doplnit. Výběr samotného kolene je zobrazen na Obr. 4-12. Lze vybírat z nabídky kolene o úhlu 90° a 45°. Je zvoleno koleno 90°. Tato kolize je řešena vložení čtyř kolien a vytvoření dilatační smyčky, která umožní dilataci potrubí.



Obr. 4-14 Posunutí potrubí ve směru *W*

Při prvotní tvorbě dilatační smyčky nebyly řešeny vzdálenosti atributů a vznikla nám zde kolize. Ta bude po dokončení dilatační smyčky opravena pomocí funkce „Drag move“. Zde je nejdůležitější správně zvolit směr. Na Obr. 4-14 je vidět tato funkce a zvolený směr posunutí. Šipka v modelu ukazuje směr, kterým se bude potrubí posouvat. Funkce „Drag move“ umožní upravit polohu potrubí ve všech směrech tak, aby byl dostatečný prostor jak pro potrubí tak pro instalovanou izolaci.

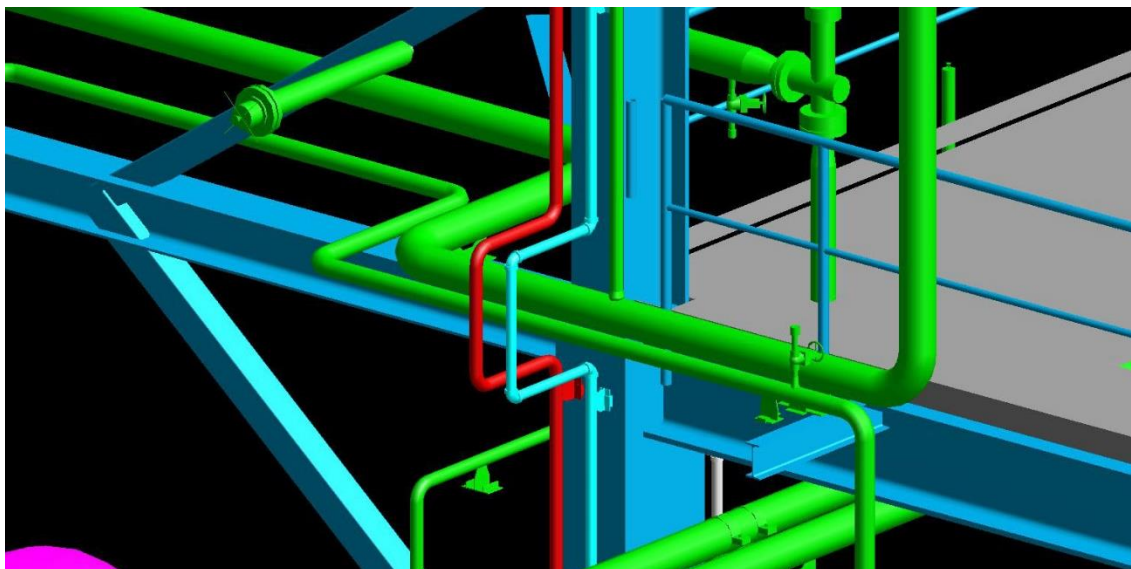


Obr. 4-15 Závěrečná kontrola kolize



Obr. 4-16 Špatně zvolený směr

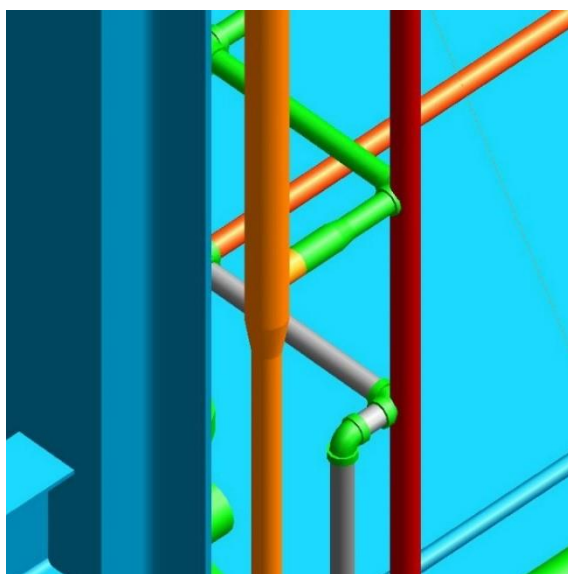
Po opravě a kontrole potrubí (Obr. 4-15), bylo zapotřebí ještě upravit paralelní potrubí. V kapitole Počáteční a koncový bod potrubní větve, byl kladen důraz na směr projektování potrubí. Na Obr. 4-16 je vidět zmiňovaný problém, kdy je špatně zvolen směr vložení nového atributu do potrubí. Zde bylo koleno instalováno ve špatném směru a muselo se tedy odstranit, následně přepnout směr potrubí na opačnou stranu. Posléze se potrubí opravilo stejným způsobem jako jeho paralelní potrubí. Výsledek je vidět na Obr. 4-17.



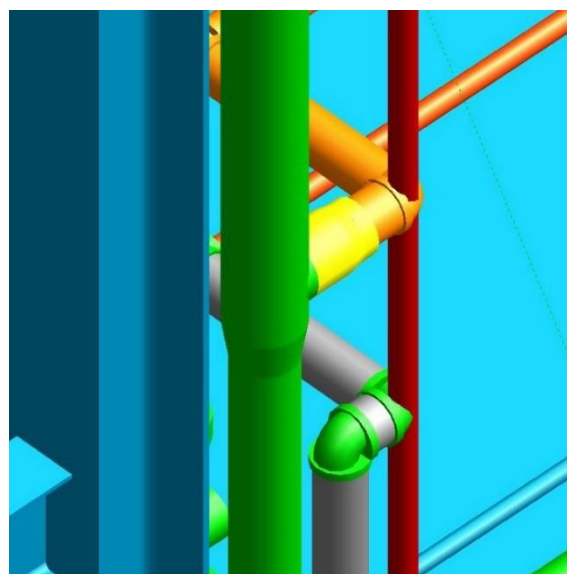
Obr. 4-17 Opravené potrubí

4.3. Druhá kolize

Při kontrole paralelního potrubí je nalezena další kolize (Obr. 4-18). Zde je kvůli jednoduchosti volena opět dilatační smyčka.

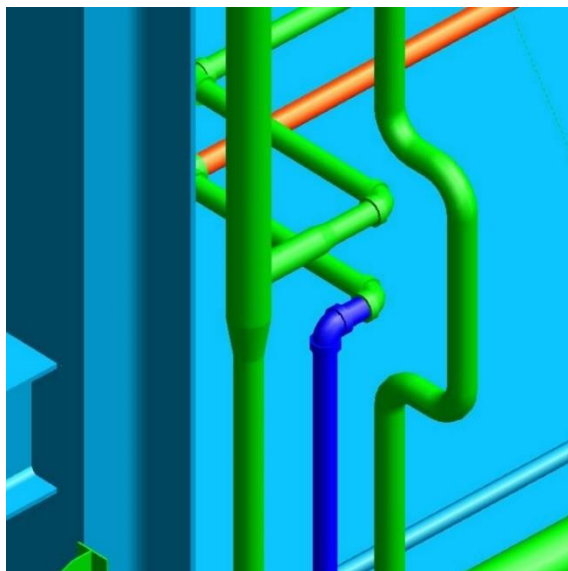


Obr. 4-18 Kolize na paralelním potrubí

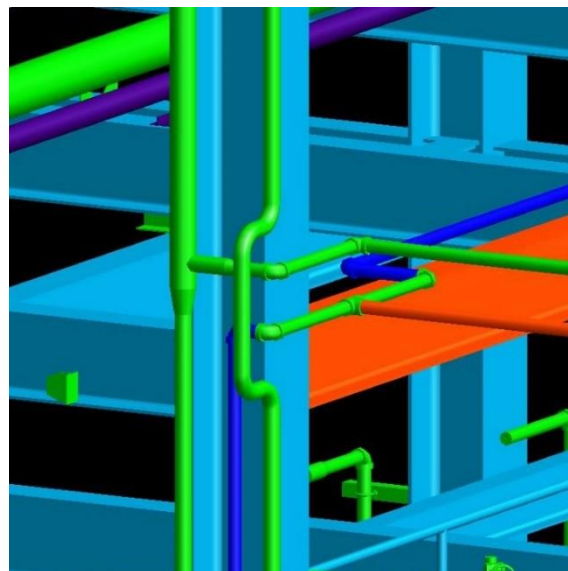


Obr. 4-19 Kolize se zapnutou izolací

Na Obr. 4-19 můžeme vidět potrubí se zapnutou vizualizací izolace. Postup zde byl stejný jako v předchozím příkladu s výjimkou absence paralelního potrubí. Výsledná oprava je na Obr. 4-20 a následná kontrola kolize je na Obr. 4-21. Zde je v kolizi naznačena potrubní větev a konstrukční HEB profil. Detekované kolize jsou kontrolovány samotným projektantem. Potrubní větev je propojena s větví pomocí armatury. Všechna napojení na potrubní větve se zobrazují jako případná kolize. Druhá kolize je v dostatečné vzdálenosti, která je určena pro uložení potrubí.



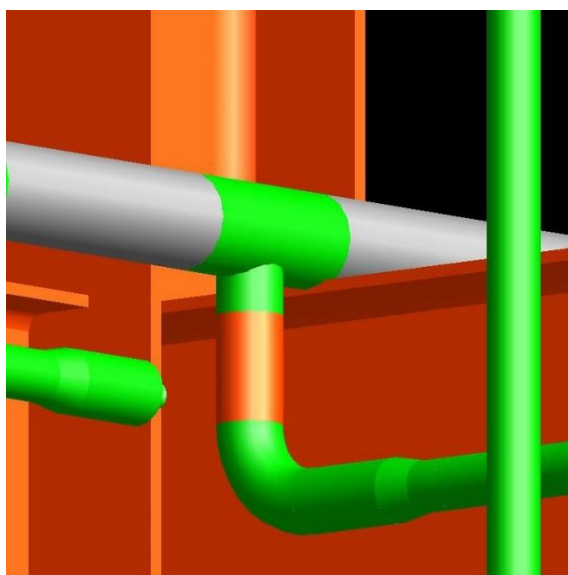
Obr. 4-20 Opravené potrubí



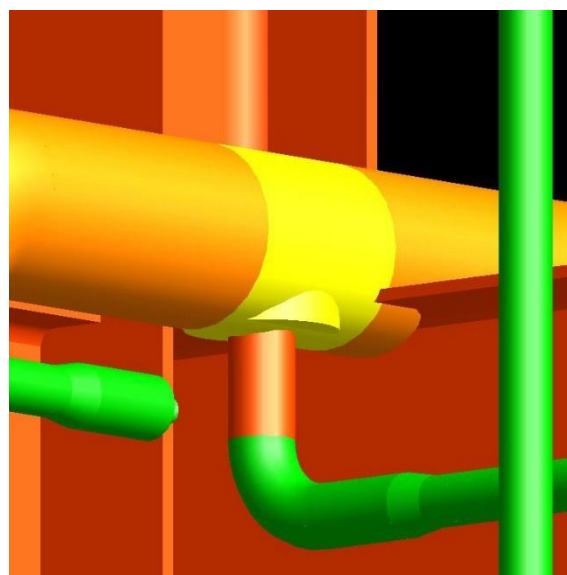
Obr. 4-21 Detail na okolí opravy

4.4. Posouvání

Na dalším příkladu z projekční praxe je ukázán častý problém s posouváním potrubí. Podstatné je přitom uvědomění si velikosti a směru posouvání potrubí. Software zde funguje stejně při délce 5 metrů či 5 kilometrů.

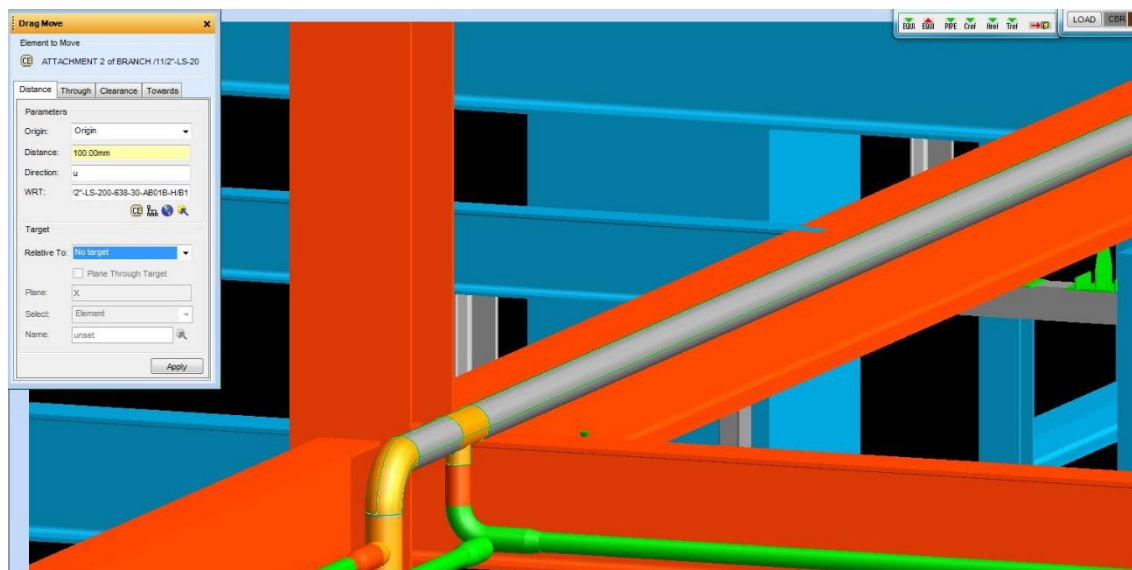


Obr. 4-22 Kolize potrubí s nosnou konstrukcí



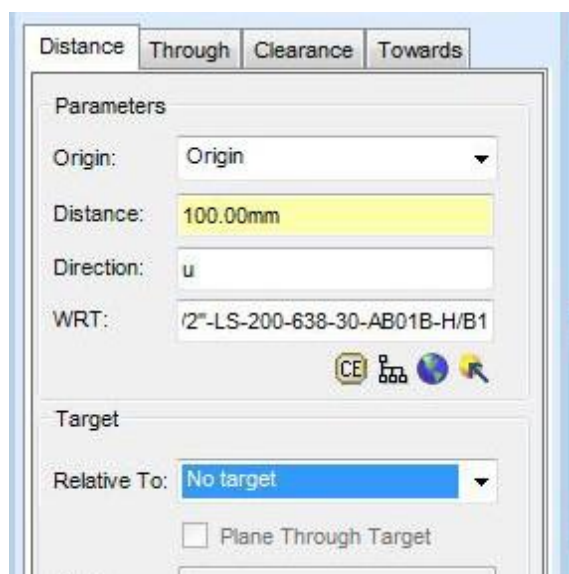
Obr. 4-23 Kolize s izolací

Pokud má k sobě navázány další potrubní trasy, tak s nimi pohybuje stejně jako s částí, kterou chce inženýr posunout. Na Obr. 4-22 je vidět detekovaná kolize, která je na následujícím Obr. 4-23, vizualizována s izolací.

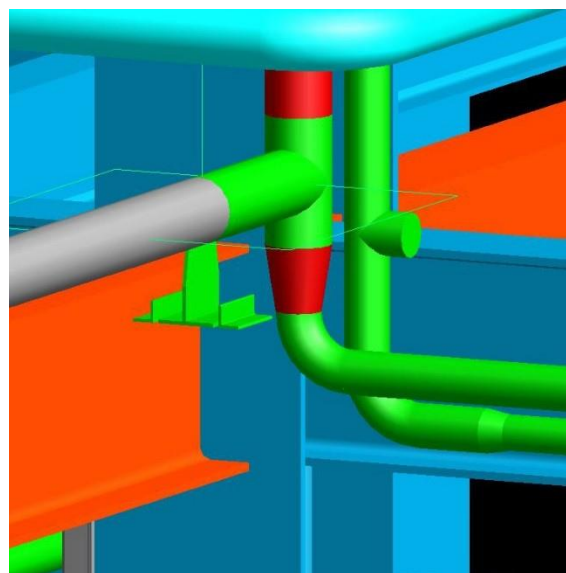


Obr. 4-24 Posunutí potrubí

Paralelně s viditelným potrubím vede ještě potrubí pro odvod kondenzátu. Na Obr. 4-24 je již zapnutá funkce „Drag move“, jejíž detail je viditelný na Obr. 4-25. Je zvoleno posunutí o 100 mm ve směru „U“, ten představuje směr vzhůru. Dále je volba, aby posuv byl proveden nezávisle na zvoleném tělese. Tedy, že se pouze potrubní trasa posune o 100 mm vzhůru.



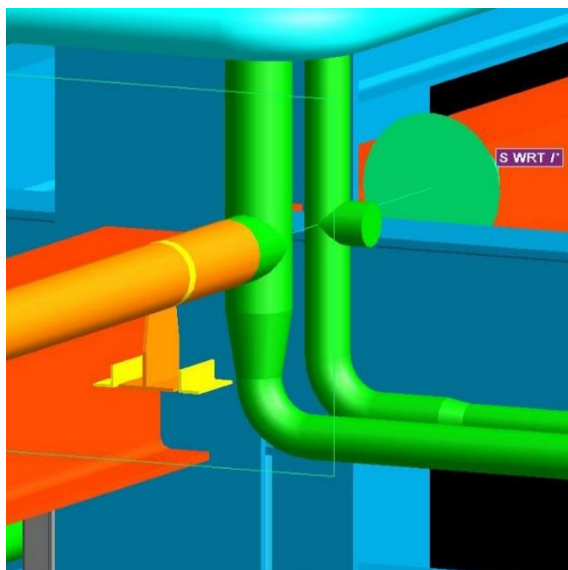
Obr. 4-25 Makro pro posunutí potrubí „Drag move“



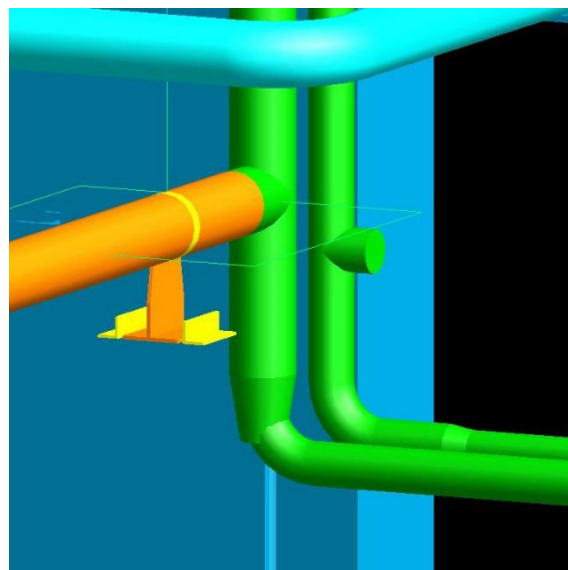
Obr. 4-26 Posunutí potrubí i s druhou potrubní trasou

Nyní je na Obr. 4-26 zřetelný problém, který je zde demonstrován. Na obrázku je viditelná i redukce potrubí, která následně navazuje na koleno. Nyní není mezi redukcí a kolenem žádná mezera. Software tedy vyhodnotil, že k posunu dojde i na navazující části potrubí. Z obrázku je ale patrné, že k posunutí potrubí nemělo dojít. U jakéhokoliv posunutí, ale naštěstí funguje

tlačítko „zpět“. Proto tedy po jeho zmáčknutí, je možné vidět, že na Obr. 4-27 došlo ke vrácení do původního stavu. Výše popsaný problém lze velmi jednoduše eliminovat. Jedna z možností se nachází ve spojení dvou potrubních tras. Zde může být jejich spojení jednoduše přerušeno a díky tomu se již navzájem nebudou potrubní trasy ovlivňovat.

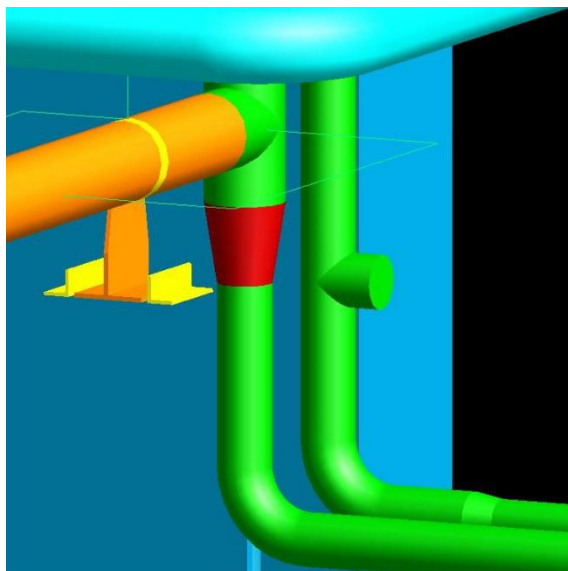


Obr. 4-27 Vrácení potrubí tlačítkem zpět

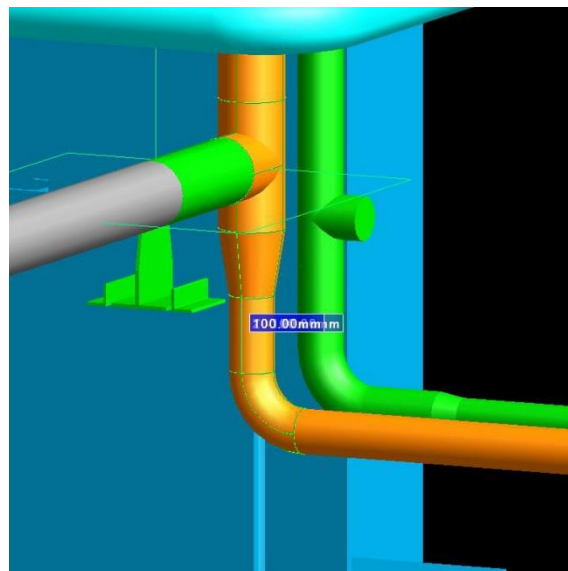


Obr. 4-28 Posunutí potrubí bez redukce

Vzhledem k poloze ovlivněné potrubní trasy byla volena druhá možná metoda. Mezi redukcí a T-kus bylo vloženo potrubí, které je viditelné na Obr. 4-28. Při opakovaném posunutí dojde pouze k prodloužení vloženého potrubí a nedojde k nevyžádanému posunutí druhé potrubní větve (viz Obr. 4-28). Na dalším Obr. 4-29 je znázorněná správně posunutá redukce a vzdálenost mezi kolenem a redukcí je ověřena na Obr. 4-30.

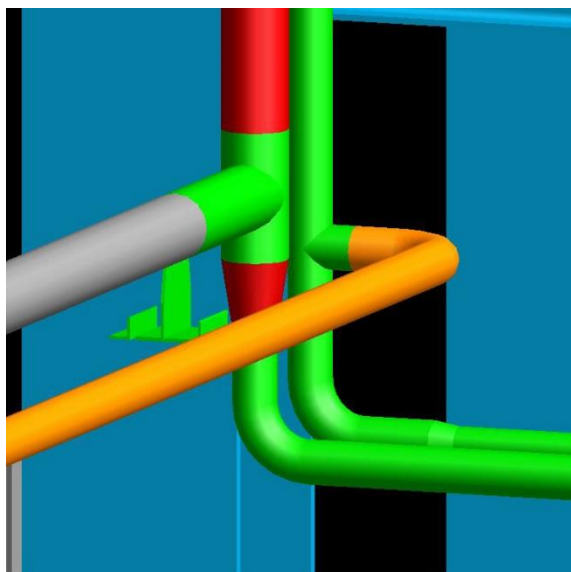


Obr. 4-29 Posunutí redukce potrubí

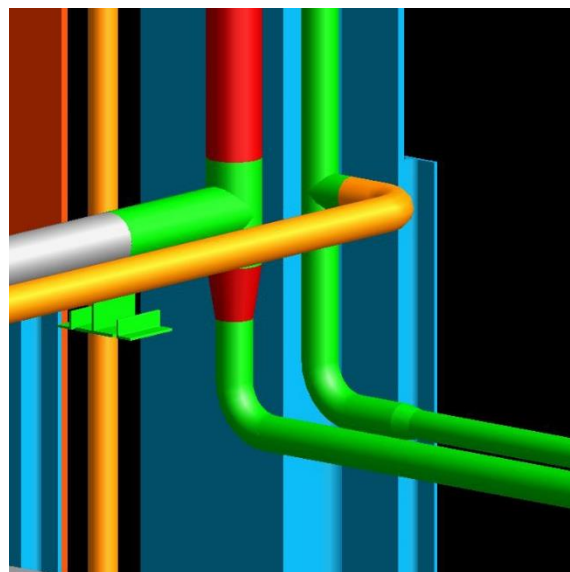


Obr. 4-30 Vzdálenost redukce od kolene

Na závěr stačí pouze srovnat výšku paralelního potrubí, které je viditelné na Obr. 4-31. To se provádí především kvůli snazšímu ukotvení podpěry potrubí ke konstrukci. Skutečný stav této opravy potrubí je vidět na Obr. 4-32.



Obr. 4-31 Srovnání výšky potrubí

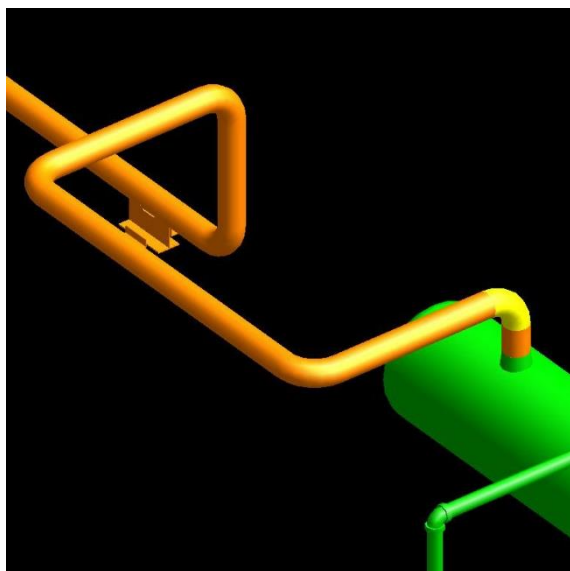


Obr. 4-32 Výsledek opraveného potrubí

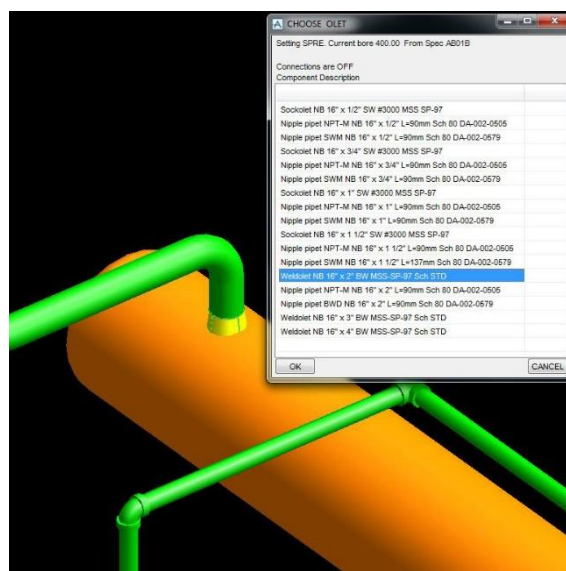
5. Praktická projekční optimalizace potrubních tras

5.1. Změna dimenze potrubí

Během projektování se může stát, že tým technologů aktualizuje projekt a je nutné změnit potrubí, které je již naprojektováno. Samotný tým projektuje od největšího potrubí až po malé dílčí větve. Ze začátku se udělají předpokládané návrhy a ty se posléze aktualizují. V tomto konkrétním případě se jedná o potrubí pro otáčení parou a bylo potřeba změnit průměr potrubí z 3“ na 2“.

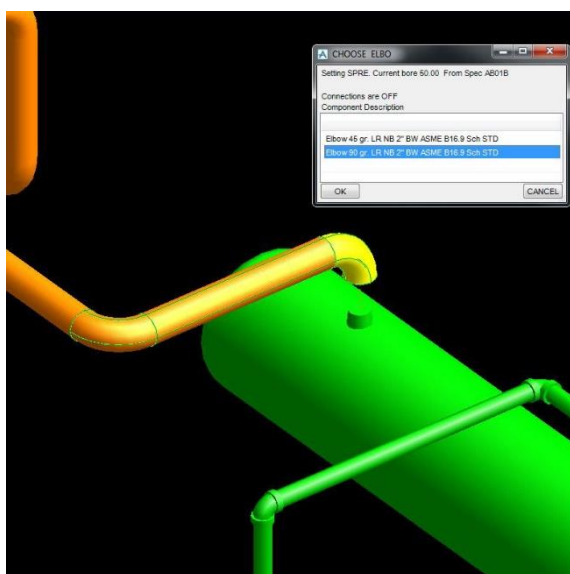


Obr. 5-1 Zvolená potrubní větev

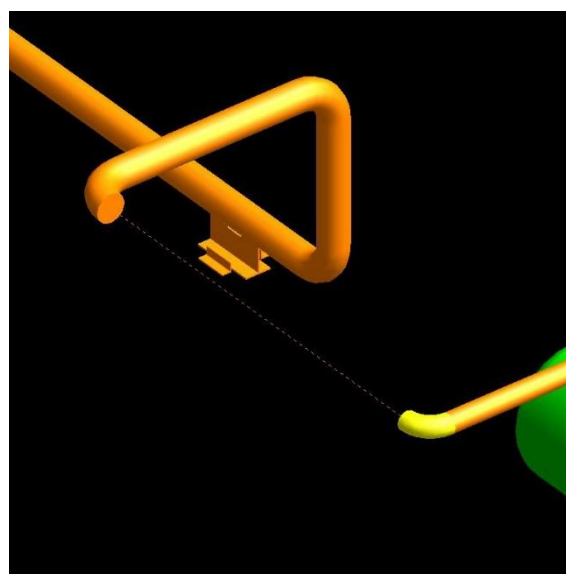


Obr. 5-2 Výměna nátrubku na hlavním potrubí páry

Na Obr. 3-3 je zvýrazněné potrubí, které je potřeba aktualizovat. Potrubí je napojené přes nátrubek na hlavní rozvod páry. Jako první věc je tedy nutné změnit tento nátrubek.

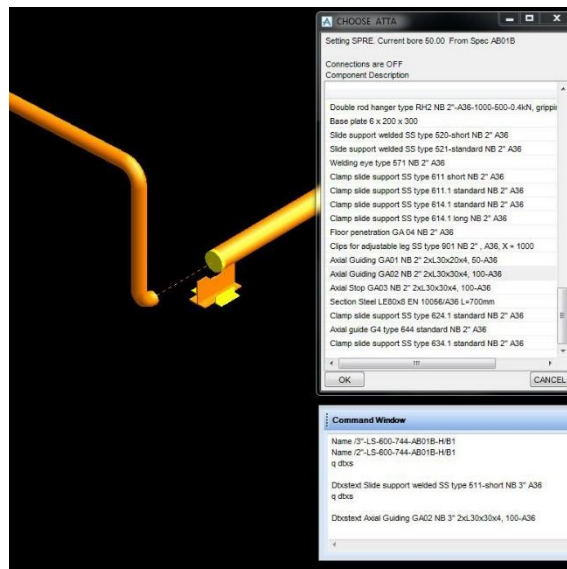
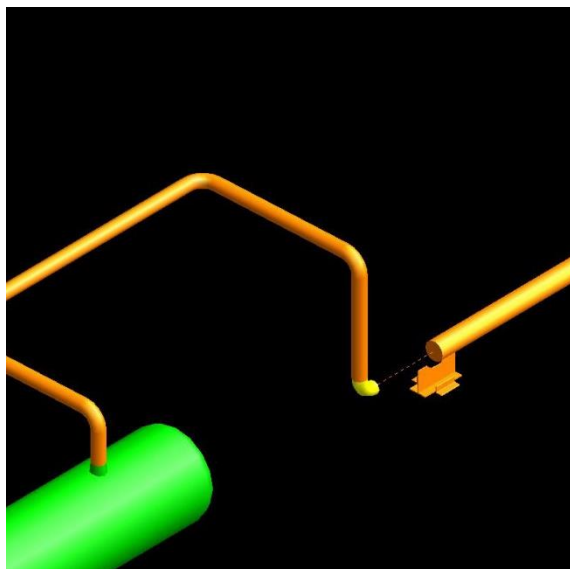


Obr. 5-3 Výměna kolene



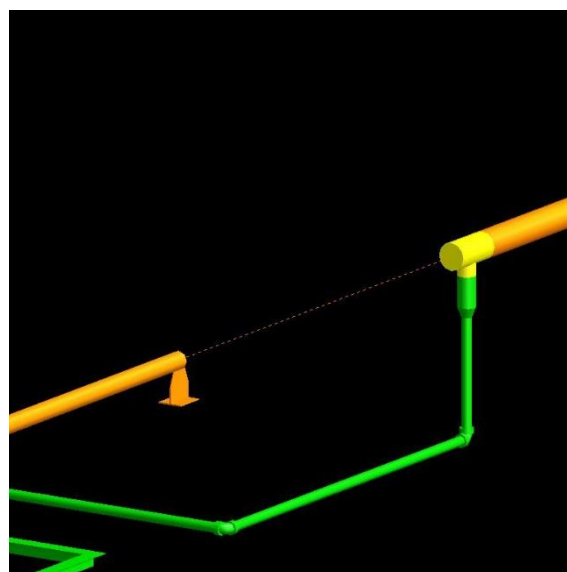
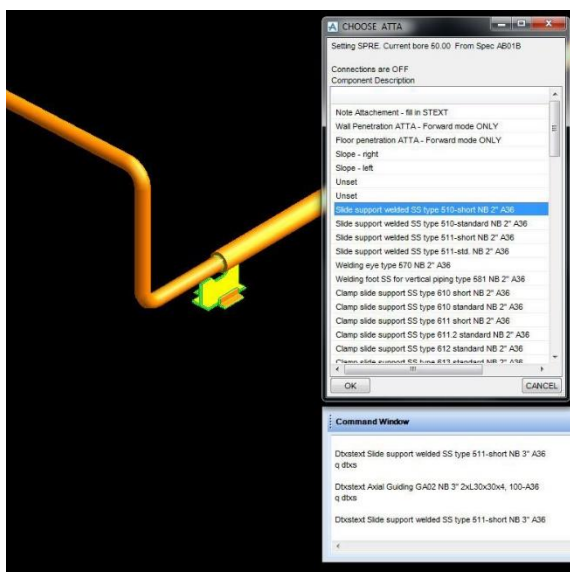
Obr. 5-4 Nevykreslené potrubí mezi 2“ a 3“ trubkou

Po označení nátrubku a zmáčknutí tlačítka na znovu vybrání se objeví tabulka, viditelná na Obr. 3-4. Zde se vybere nátrubek, velikosti 16“x2“. Dále je nutné nastavit nový počátek měněného potrubí. Díky tomu se přeruší potrubí, jelikož počátek potrubí je nyní navázán na potrubí o velikosti 2“. Při výměně kolene na potrubí se již objeví v nabídce koleno o velikosti 2“. Tato operace je viditelná na Obr. 5-3. Nyní jsou na potrubní větvi dvě dimenze potrubí. Ty jsou spojeny pouze přerušovanou čarou viditelnou na Obr. 5-4 a Obr. 5-5.



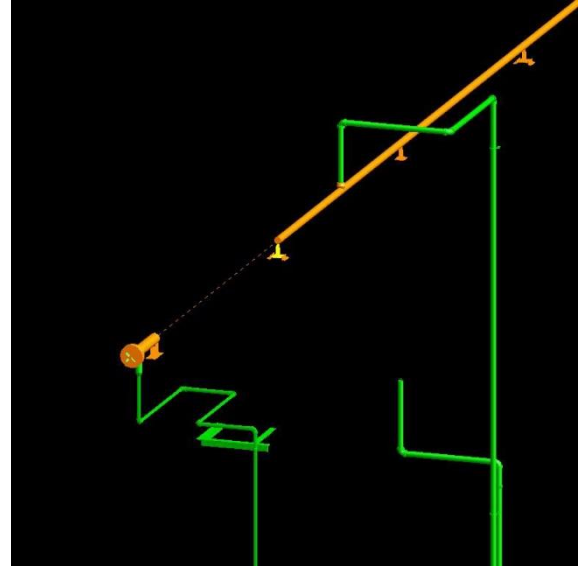
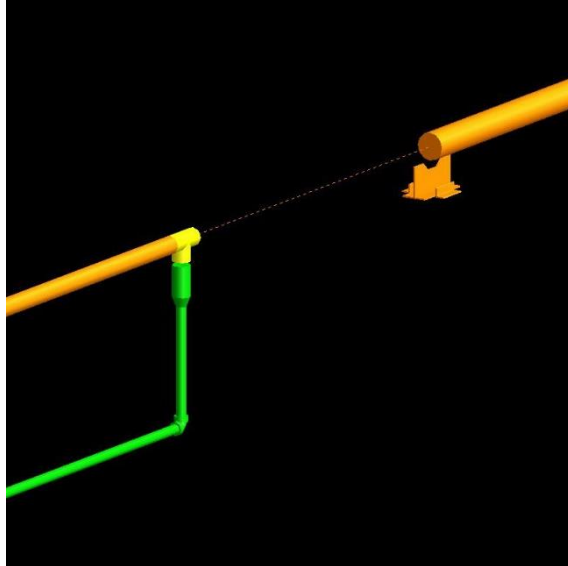
Obr. 5-5 Nevykreslené potrubí mezi 2“ a 3“ Obr. 5-6 Zjištění typu uložení a jeho výměna

Potrubí je uloženo pomocí kluzných podpěr a z důvodu jeho stability jsou zde i podpěry, které brání pohybu v kolmém směru na trasu potrubí. Pokud projektant potřebuje vyměnit atribut, u kterého přesně neví, jak se jmenuje, lze tuto informaci zjistit vepsáním příkazu „q dtxs“ do příkazového řádku. Software vypíše název a projektant posléze ví, jaký prvek zvolit. Zmíněná výměna je zobrazena na Obr. 5-6.



Obr. 5-7 Zjištění typu podpěry a její výměna Obr. 5-8 Výměna t-kusu

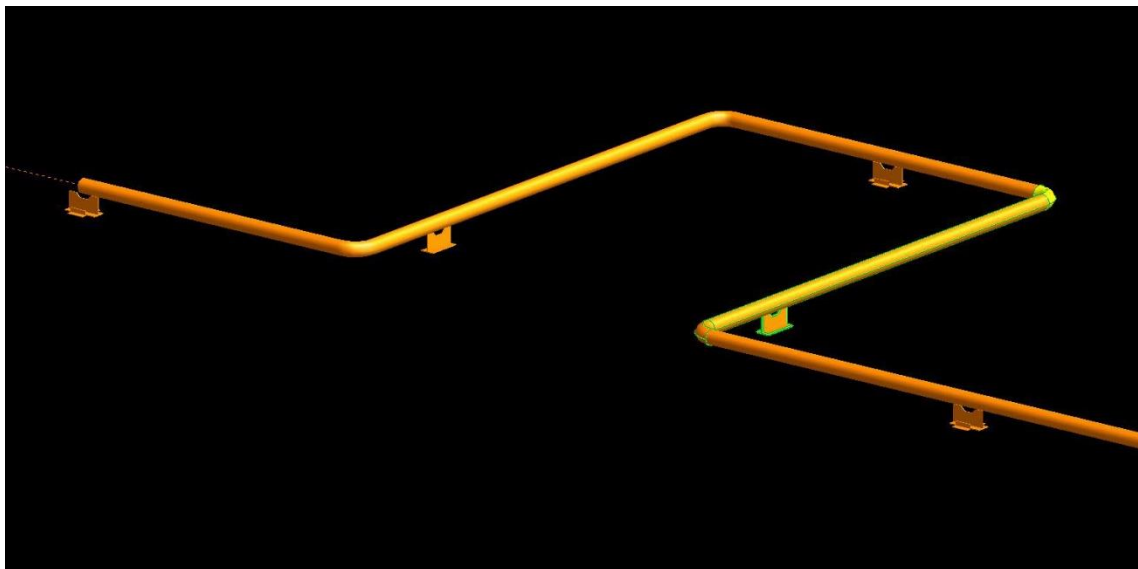
Na Obr. 5-7 je potrubí doplněné k atributu, který omezuje posunutí a následně pokračující potrubí o velikosti 3“, které pokračuje od kluzné podpěry. Na Obr. 5-8 je viditelný odvod kondenzátu z potrubí. Pro správné fungování odvodu je vhodné mít na potrubní větvi t-kus, který je následně pomocí redukce zmenšen. Je důležité, aby pára nehrnula kondenzát před sebou, ale aby kondenzát mohl odejít z parního potrubí. T-kus pro 2“ potrubí je menší, a proto je důležité nezapomenout napojit odvod kondenzátu na upravovanou větev viz Obr. 5-9.



Obr. 5-9 Napojení redukce na novou armaturu potrubí

Obr. 5-10 Ukončení potrubí zaslepovací přírubou

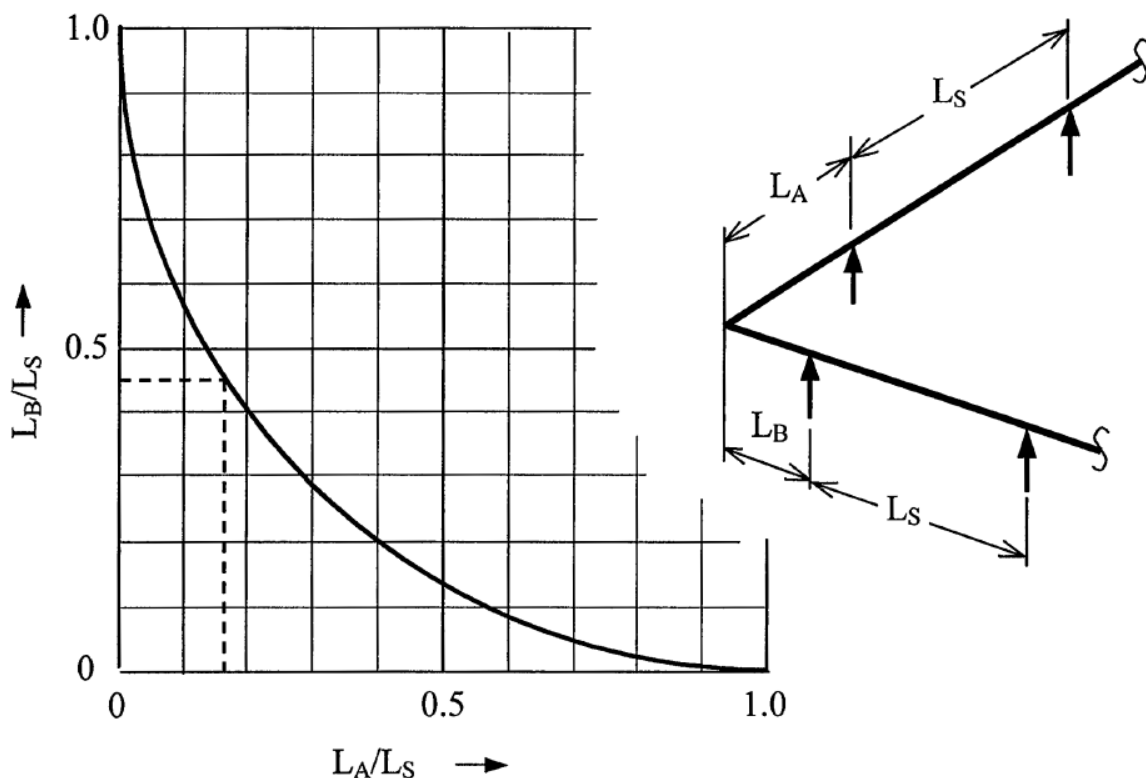
Na konci parního potrubí je ukončení pomocí zaslepovací příruby. Ta je vidět na Obr. 5-10. Díky existenci několika potrubních tříd je zde vhodné pomocí příkazu „q dtxs“ zjistit přesný typ a ten následně zvolit pro 2“ potrubí. Je zde zaslepovací příruba, těsnění a krková příruba.



Obr. 5-11 Dilatační smyčka potrubí

Pokud je potrubí dlouhé a proudí v něm horké medium, pak je potřeba vytvořit dilatační smyčky. Rozměry dilatační smyčky se liší podle dimenze potrubí a je velmi důležité, aby byly

správně umístěny kluzné podpěry, které brání posunutí v kolmém směru na potrubí. Tyto podpěry jsou vždy za prvním kolenem a před posledním kolenem dilatační smyčky. Třetí podpěra je v kolmém směru potrubí jsou kluzné podpěry, které umožní pohyb potrubí kvůli teplotě. Rozteče pro rovné úseky potrubí, bez změny jednotného průměru jsou uvedeny v následující kapitole v Tab. 4. Pro nepodložená kolena, která jsou použita při dilatační smyčce je možné aplikovat princip čtvrtkruhu. Tento princip je viditelný na Obr. 5-12, a lze díky němu dopočítat jednotlivé vzdálenosti od kolene. Například je-li vzdálenost $L_B = 0,45 \cdot L_S$, pak je vzdálenost $L_A = 0,16 \cdot L_S$ [6].

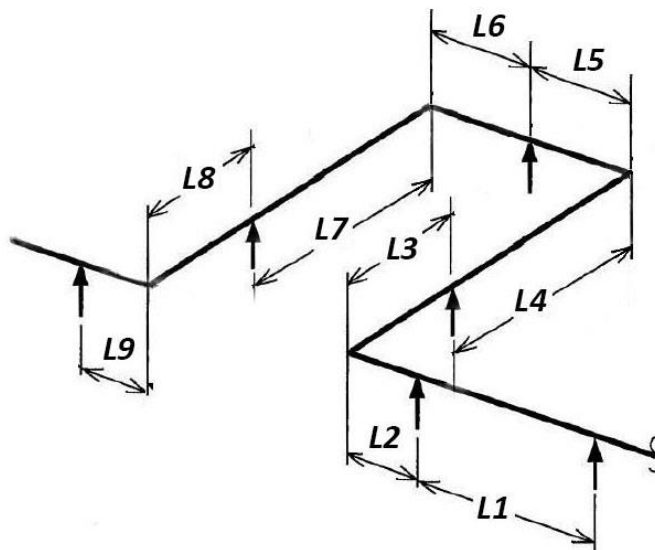


Obr. 5-12 Princip čtvrtkruhu pro nepodložená kolena

Pro vzorový příklad dilatační smyčky, který je použit na popisovaném případě jsou jednotlivé vzdálenosti mezi podpěrami označené na Obr. 5-13 uvedeny v Tab. 2. Vzdálenosti jsou určeny z grafu pro nepodložená kolena a hodnoty jsou zaokrouhleny směrem dolů, aby byla zaručena bezpečnost uložení.

Tab. 2 Vzdálenosti určené z grafu na Obr. 5-12

Vzdálenosti	Výpočet vzdálenosti [m]
L5 a L6	0,6
L4 a L7	1
L3 a L8	0,2
L2 a L9	1,6



Obr. 5-13 Vzdálenost podpěr v dilatační smyčce

V první chvíli je nutné určit hodnotu L_S . Pro tento optimalizační příklad byla hodnota L_S určena pomocí vzorce (5.8). Výpočet je zhotoven v rovnici (5.1). Výpočet jednotlivých ramen dilatační smyčky je započato vzdáleností L_5 a L_6 , jelikož se tato podpěra nachází uprostřed ramene dilatační smyčky, která má délky ramen 1,2 m. Pro výpočet vzdálenost L_4 je potřeba vědět poměr L_A/L_S . Ten je vypočten v rovnici (5.2). Z grafu byl odečten poměr L_B/L_S . Výsledná délka ramene L_B (L_4) je vypočtena v (5.4). Rameno L_4 je z důvodu bezpečnosti voleno 1 m. Vzdálenost L_3 je doložena do délky ramena a u vzdálenosti L_2 je postup výpočtu stejný. Výpočet je v rovnicích (5.5) a (5.7). Rameno L_2 bylo z důvodu bezpečnosti voleno 1,6 m.

$$L_S = 400 \cdot \sqrt{50} = 2828,4 \text{ mm} \quad (5.1)$$

$$\frac{L_A}{L_S} = \frac{600}{2828,4} = 0,212 \text{ mm} \quad (5.2)$$

$$\frac{L_B}{L_S} = 0,37 \quad (5.3)$$

$$L_B(L_4) = 0,37 \cdot 2828,4 = 1046,5 \text{ mm} \quad (5.4)$$

$$\frac{L_A}{L_S} = \frac{200}{2828,4} = 0,07 \text{ mm} \quad (5.5)$$

$$\frac{L_B}{L_S} = 0,6 \quad (5.6)$$

$$L_B(L_2) = 0,6 \cdot 2828,4 = 1697 \text{ mm} \quad (5.7)$$

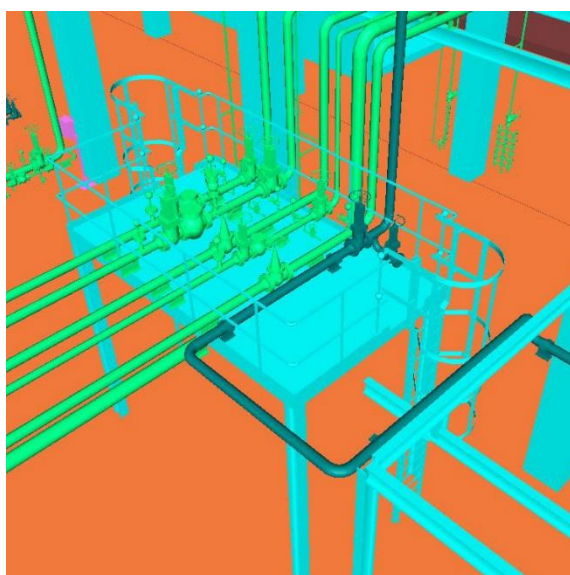
Z důvodů technologické změny průměru potrubí, došlo i k ušetření finančních prostředků, které jsou vypočteny v Tab. 3. Cena kolen byla použita dle [7]. Ceny a hmotnosti podpěr byly stanoveny jako průměrné hodnoty od nabídek výrobců podpěr. Pro výpočet izolace byl využit online kalkulačtor od společnosti Isover [8], byla vybrána izolace Orstech 45 H o tloušťce 60 mm [9]. Cena potrubí a jeho hmotnost byla zvolena z katalogu společnosti Feron [10].

Tab. 3 Ekonomická bilance změny průměru potrubí

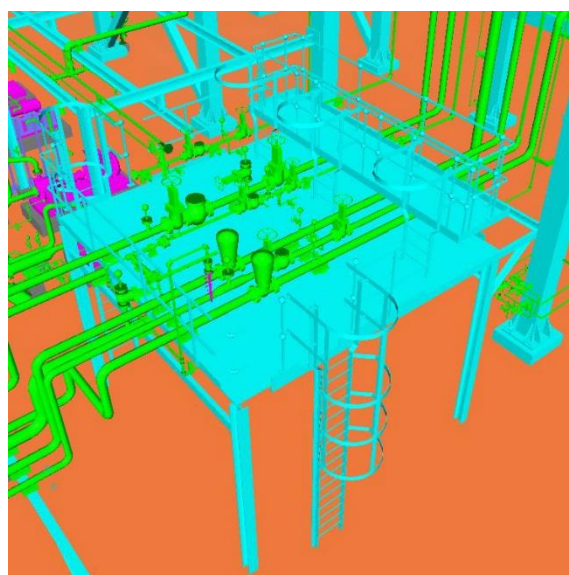
	Finální návrh – potrubí 2“	Finální návrh – potrubí 3“
Potrubí [m]	64,4	64,4
Trubka m/kg	4,1	6,76
Cena potrubí [Kč/m]	143,44	278,36
Počet podpěr	32	32
Podpěra [kg/kus]	3,5	3,9
Cena podpěry [kus]	608	763
Počet kolen	16	16
Koleno [kg]	0,56	1,22
Cena kolena [kus]	37,26	81,4
Izolace m ²	22,26	28,32
Cena izolace za [Kč/ m ²]	306	306
Celková cena potrubí [Kč]	9238	17926
Celková cena podpěr [Kč]	19456	24416
Celková cena kolen [Kč]	596	1302
Celková cena izolace [Kč]	6812	8666
Celková hmotnost [kg]	385	578
Celková cena [Kč]	36102	52310
Celková úspora hmotnosti	193 kg	
Celková úspora investic	16208 Kč	

5.2. Přesunutí potrubních tras

Software lze použít i pro optimalizaci potrubních tras. Při projektování je velkou výhodou možnost vytvoření modelu projektované budovy či zařízení. Díky takovému modelu může inženýr posléze vyhodnotit správnost a kvalitu rozložení všech jednotlivých částí potrubních tras, lze velmi snadno odhalit nedostatky, které do této chvíle nebyly zřejmé, a které díky modelu vyšly najevo. Může se jednat například o posunutí hlavních systémů samotného procesu, nebo změnu potrubní trasy a její optimalizaci. Nepřinese procentuální zlevnění, ale ušetří náklady v řádech desítek tisíců. Na následujícím příkladu bude taková projekční optimalizace spočívat v přesunu konstrukce a s ní i potrubních tras. Ty se zkrátí o desítky metrů, a tím se ušetří stovky metrů potrubí. Nejprve bylo zapotřebí zvětšení počáteční konstrukce (viz Obr. 5-14) a s touto opravou modelu byla změněna i lokace této konstrukce.



Obr. 5-14 Původní konstrukce



Obr. 5-15 Nová zvětšená konstrukce

Bylo nutné tuto konstrukci zvětšit, aby se zde mohly umístit mosty, které slouží k obsluze a kontrole jednotlivých potrubních armatur. Nová konstrukce je vidět na Obr. 5-15. Umístění pro zvětšenou plošinu byla vybrána na druhé straně čerpadel, především kvůli lokaci potrubních tras, které zde vedou. Na Obr. 5-14 je vidět původní konstrukce, která nevyhovuje novým požadavkům. Ušetřené finance se netýkají pouze samotného potrubí. V Tab. 6 jsou uvedeny i odhadované náklady na ušetřené izolace potrubí a jejich uložení. Rozpětí mezi jednotlivými podpěrami, je velmi důležitý údaj pro projektanta. Pro snadné zapamatování lze používat vzorec[5]:

$$L_s = 400 \cdot \sqrt{DN}$$

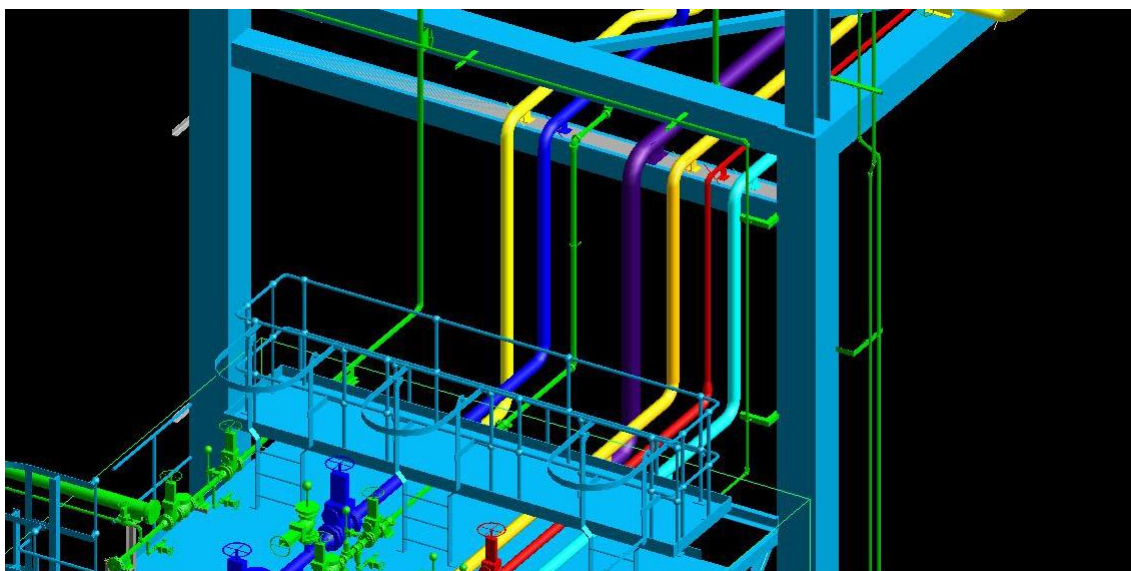
kde L_s rozteč uložení [mm] (5.8)
 DN jmenovitý průměr potrubí [mm]

Pro toto provedení bylo rozpětí bráno z publikace [6], kde jsou doporučené rozteče potrubí. Ty jsou vypsané v Tab. 4 pro kapalinu a plyn. V tomto konkrétním případě byla volena rozteč pro kapalinu.

Tab. 4 Doporučené rozteče potrubí

DN [mm]	Doporučená maximální rozteč L_s . [m]	
	Kapalina	Plyn
50	3	4
100	4,3	5,2
150	5,2	6,4

V praxi velmi záleží na samotné zkušenosti projektanta. I v tomto řešeném případě bylo zapotřebí potrubí uložit pomocí principu čtvrtkruhu, který je uveden v minulé kapitole na Obr. 5-12. Tyto jednoduché výpočty, jako je délka rozteče, délka dilatovaného ramene, nebo délka ramene nepodloženého kolene potrubí má projektant k dispozici v programu excel. Pro použití stačí znát základní údaje o potrubí jako je dimenze, teplota a případně délku.

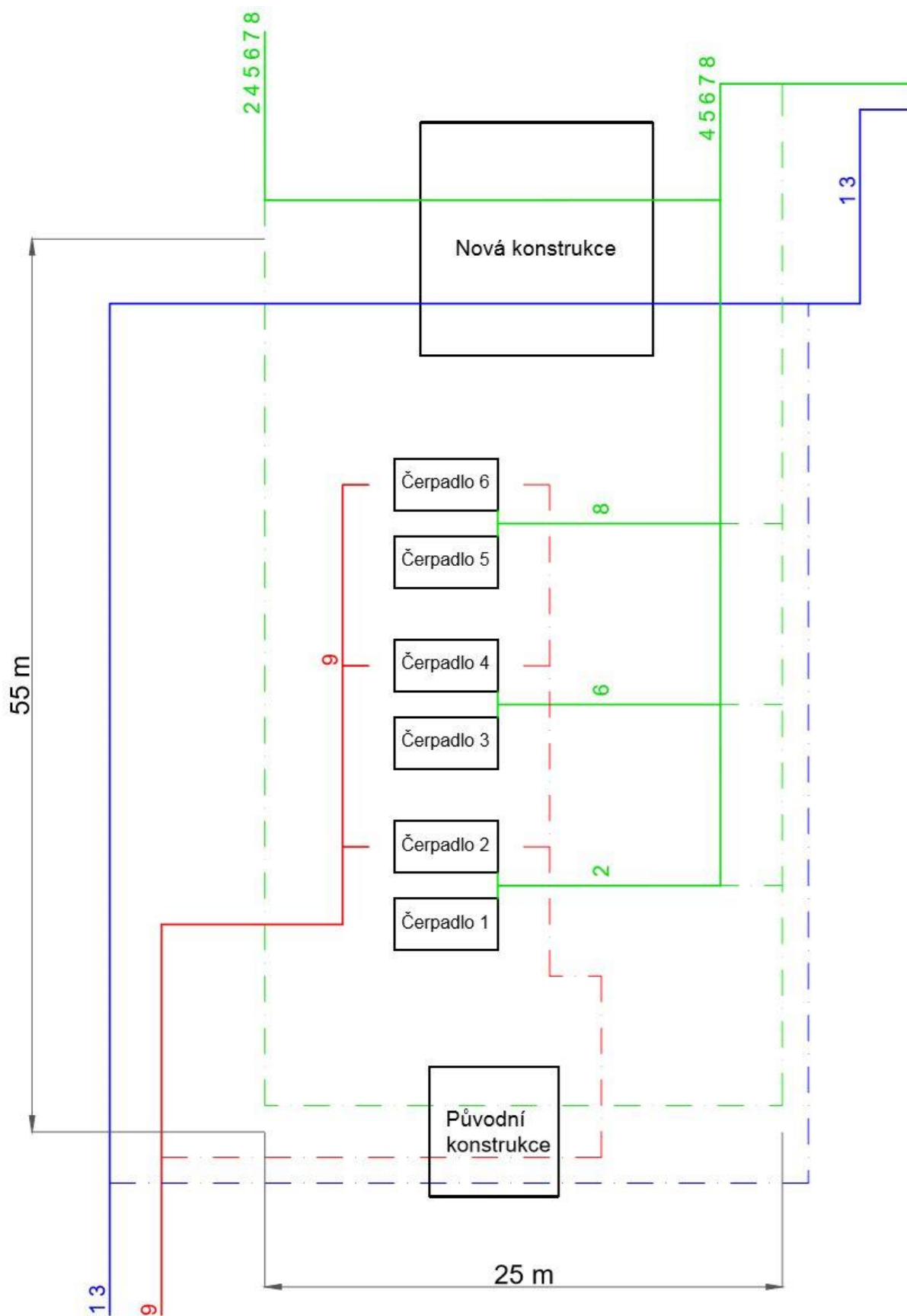


Obr. 5-16 Potrubí, které se musela upravit

V Tab. 5 jsou seřazena potrubí z levé strany do pravé, která jsou viditelná na Obr. 5-16. Jsou zde i informace o jednotlivých trasách. Na Obr. 5-17 je viditelná původní trasa, která je znázorněná čárkovanou čarou a nová trasa, která je definována plnou čarou. Byly zde voleny dva hlavní směry potrubí a jednotlivé potrubní trasy jsou ve schématu popsány čísly z Tab. 5.

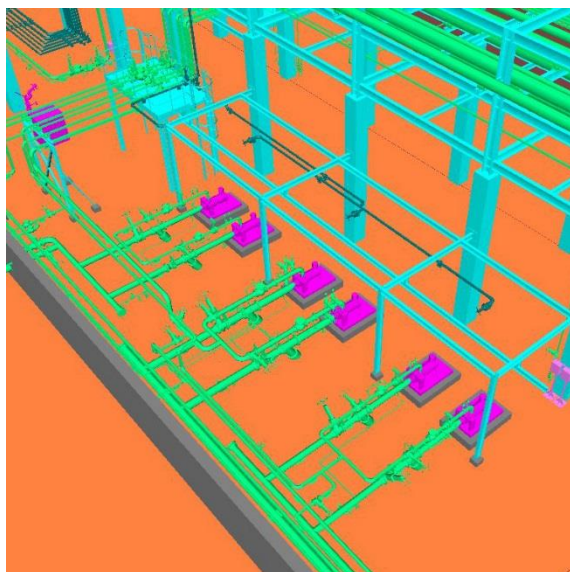
Tab. 5 Informace o potrubních větvích na konstrukci

Barva	Číslo	Průměr [mm]	Ušetřené [m]	Ušetřené podpěry	Izolace
Zelená	1	50	Bez výrazné změny	-	-
Žlutá	2	100	95 m	27	-
Modrá	3	100	Bez výrazné změny	-	Ano
Zelená	4	50	135 m	47	Ano
Fialová	5	150	135 m	30	Ano
Žlutá	6	100	105 m	30	-
Červená	7	50	135 m	47	Ano
Modrá	8	100	120 m	34	-

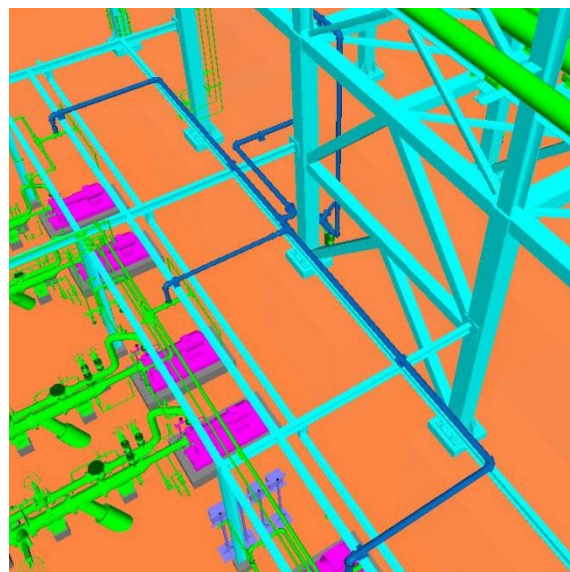


Obr. 5-17 Schéma potrubních tras původního (čárkované čáry) a nového řešení (plné čáry)

Ne všechny potrubní trasy byly přeloženy na novou konstrukci. Na Obr. 5-18 je vidět původní potrubí uložené na konstrukci. Tato potrubní větev se nepřemístila na novou konstrukci, jelikož by došlo ke zbytečnému prodloužení. Potrubní větev tedy byla spuštěna z potrubního mostu a umístěna na původní místo. Na Obr. 5-19 je tato trasa zviditelněná modrou barvou.

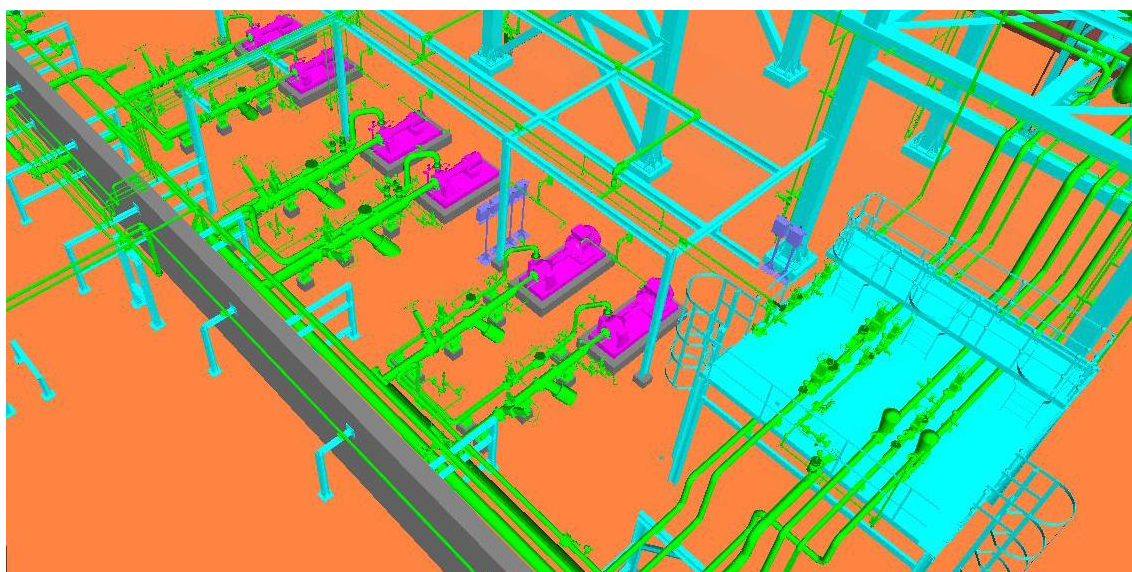


Obr. 5-18 Původní potrubí na konstrukci



Obr. 5-19 Nové potrubí uložené mimo konstrukci

Posouvání jednotlivých potrubních tras se provádí téměř stejným způsobem, jako bylo popsáno v kapitole Práce se softwarem PDMS. Důležité je pohlídat možná rizika posunutí vzdálenějších potrubních tras. Nejjednodušší je přerušení potrubních tras na začátku a konci potrubí. Je potřeba si jednotlivé trasy nahrát do listu a následně je všechny najednou posunout o zvolenou vzdálenost. Dále opět potrubní trasy napojit na potrubí, případně na čerpadla, která jsou zde umístěná. Původní model je vidět na Obr. 5-18 a optimalizovaný model je na Obr. 5-20.



Obr. 5-20 Optimalizovaný model vedení potrubí s novou konstrukcí

V Tab. 6 jsou uvedeny výsledky provedené ekonomické analýzy. Ceny a hmotnosti podpěr byly stanoveny jako průměrné hodnoty od nabídek výrobců podpěr. Pro výpočet izolace byl využit stejně jako v minulém řešeném příkladě online kalkulátor od společnosti Isover [8], byla vybrána izolace Orstech 45 H o tloušťce 60 mm [9]. Cena potrubí a jeho hmotnost byla zvolena z katalogu společnosti Feron [10]. Dá se předpokládat, že ceny za jednotlivé komponenty by při větší objednávce mohly být nižší.

Tab. 6 Ekonomická bilance jednotlivých potrubí

Průměr [mm]	50	100	150
Ušetřené potrubí [m]	270	320	135
Trubka [m/kg]	4,11	9,8	18,2
Cena potrubí [Kč/m]	120,6	288	533,2
Počet podpěr [kus]	94	91	30
Podpěra [kg/kus]	3,5	8,2	10,9
Cena podpěry [Kč/kus]	608	1195	1472
Izolace [m ²]	93,3	-	89,06
Cena izolace za [Kč/ m ²]	306	-	306
Celková cena potrubí [Kč]	35 562	92 160	71 982
Celková cena podpěr [Kč]	57 152	108 745	44 160
Celková cena izolace [Kč]	28 550	-	27 252
Celková hmotnost [Kč]	1 439	3 882	2 784
Celková cena [Kč]	121 264	200 905	143 397
Celková úspora hmotnosti	8 105 kg		
Celková úspora investic	464 566 Kč		

Celková doba přesunu potrubí a jeho opětovného napojení a zkontrolování kolizí představuje zhruba pět hodin. Významným benefitem jsou ušetřené finance na dopravu takového množství materiálu na stavbu.

6. Laserové skenování kotelny

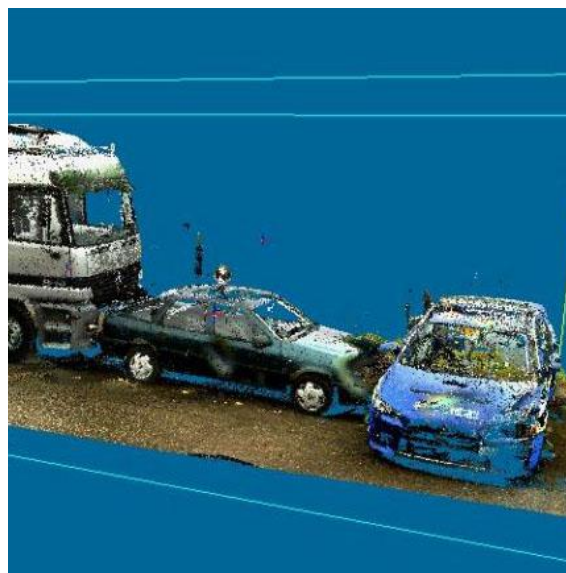
Následující kapitola je věnována jedné z nejatraktivnějších současných možností softwaru PDMS. Obecně se hlavní využití skenovacího systému uplatňuje při rekonstrukci či úpravě již stojících procesních zařízení či průmyslového závodu. Díky naskenování můžeme tyto objekty v PDMS následně upravovat a případně i podrobně prozkoumat v 3D modelu. Postup je vhodný aplikovat i na nové stavby, jelikož z údajů shromážděných systémem laserového skenování Z+F a softwaru LFM lze generovat 3D modely skutečného stavu. Každá nová stavba musí mít dokument „As-Built“ neboli dokumentace stávajícího procesního zařízení. Dokument je velmi důležitý, jelikož dokumentace skutečného stavu se může lišit od projektové dokumentace [11]. „As-Built“ je důležitý i pro efektivní plánování při možném rozšíření nebo rekonstrukce procesního zařízení. V modelu továrny lze přesně zaměřit jejich procesní zařízení např. trubky, ocelové nosníky nebo samotné výrobní zařízení.

V prvé řadě je software PDMS využitelný pro projekční účely. Díky zjišťování kolizí, jak v případě nového projektu, tak případné rekonstrukce stávajícího zařízení, lze předejít následným problémům, které by nebylo možné jinak zjistit. Následně je možné modelovat a prostorově vizualizovat i samotný výrobní procesy a provádět kontroly kolizí pomocí 3D modelů. Při zjištění kolizí, lze aktualizovat samotný proces výroby a z důvodu bezpečnosti může být i přidán výrobní robot či dopravní zařízení. Lze také odhalit případný nadbytek procesních zařízení a následně ušetření finančních prostředků. Jak uvádí např. [12], potenciální úspory pro nové stavby a rekonstrukce byly v nezávislých studiích spočteny až do výše 15% celkové výše investice.

Veškerá pevná zařízení, jako jsou kabely nebo trubky, jsou uložena v 3D databázi, která slouží i jako základ pro budoucí rekonstrukci. Tuto databázi lze kdykoli aktualizovat a rozšiřovat.



Obr. 6-1 Užití při stavbě železnice [13]



Obr. 6-2 Digitalizace dopravní nehody [14]

Tato technologie se rovněž prosazuje v dalších odvětvích. Využívá se například při stavbě železnic či byla užita i při analýze podzemní dráhy v New Yorku (Obr. 6-1) [13]. Uplatnění nachází i při vyšetřování dopravních nehod (Obr. 6-2). Umožňuje vyšetřovatelům nahlédnout na místo činu i po důkladném vyčištění. Mají k dispozici dokonalý 3D sken tohoto místa.

6.1. Laser IMAGER 5016

Laser IMAGER 5016 je vybaven integrovanou kamerou HDR s vnitřním osvětlením, která umožňuje uživateli rychle zachytit barevné informace, a to i v náročných světelných podmínkách a polohovacím systémem. Tento skener je zobrazen na Obr. 6-3 a jeho základní rozměry jsou na Obr. 6-4. Skener umožňuje provádět skenování až do vzdálenosti 360 m. Během jednoho skenování zvládne zaznamenat více než 1 milion bodů [15]. To zaručuje velkou kvalitu skenovaného prostředí i na dlouhé vzdálenosti. Zorné pole je $360^\circ \times 320^\circ$. To zajišťuje kvalitní pokrytí naskenované oblasti, čímž se sníží počet snímacích míst, která jsou potřebná na minimum.



Obr. 6-3 Skener IMAGER 5016 [15]



Obr. 6-4 Rozměry skeneru IMAGER 5016 [15]

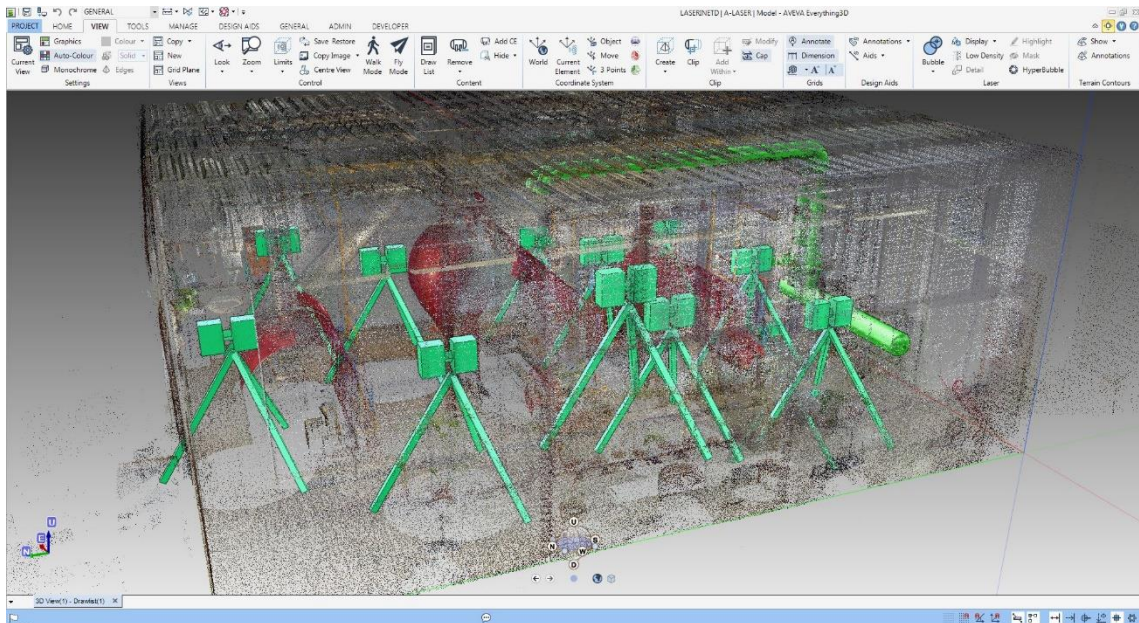
Skener je klasifikován jako laser "bezpečný pro oči" podle třídy 1. jsou bezpečná během používání a může být, proto bez omezení použit i ve veřejných prostorech. Zařízení 1. třídy lze dlouhodobě sledovat i s pomocí optických pomůcek [16].

Terestrický laserový snímač Z+F IMAGER® 5016 je vybaven integrovaným polohovacím systémem, který umožňuje automatickou registraci v terénu. V praxi je na laseru značka směru, kterým má být natočen, při přemísťování na další skenovací pozici. Díky akcelerometru lze pak tyto jednotlivé skenovací pozice spojit a vytvořit jeden model [15]. Zachycení barevných informací je velmi důležité v mnoha oblastech aplikace. Vytváření panoramatu s plným HDR (80 Mpx) trvá přibližně 3:30 min. Skener má vnitřní harddisk o kapacitě 128 GB dat, která mohou být rychle přenášena buď pomocí slotu SD karty, ethernetovému propojení nebo také pomocí připojení Wi-Fi.

6.2. AVEVA Everything 3D

V současnosti má firma AVEVA vzhledově a ovladatelně přátelštější software Everything 3D. Jeho vizuální stránka je vidět na Obr. 6-5, dá se přirovnat k vzhledu softwaru od Windows. K samotnému projektování se posléze používají softwary AVEVA Engeniring. Jedná se o rozlišení 1D, takže zde jsou především spravovány jednotlivé seznamy ve formě tabulek

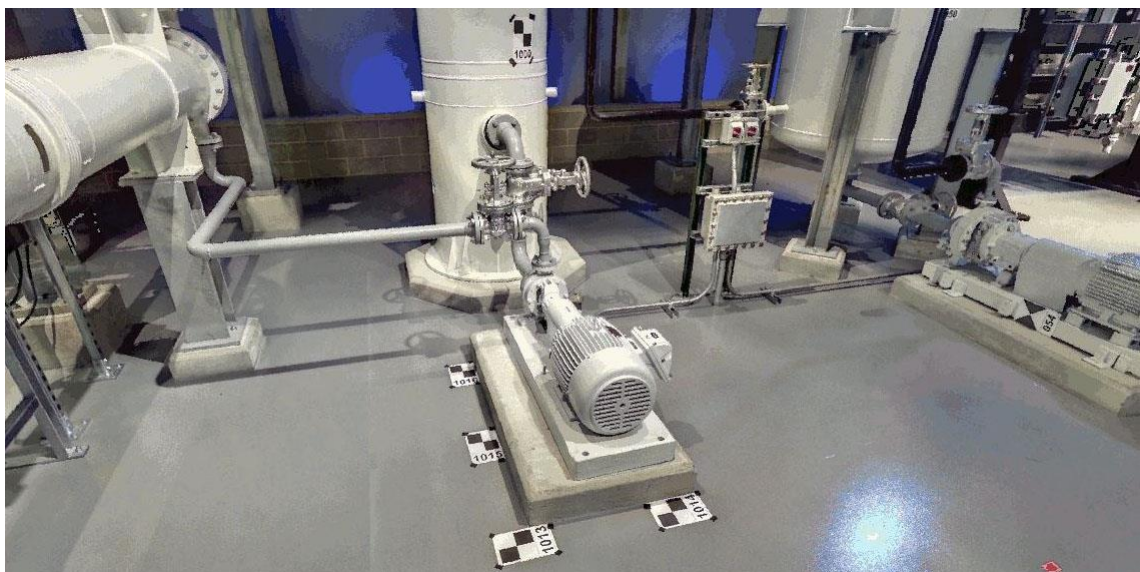
případně textů. Dále pak AVEVA Diagram, kde se jedná o 2D výkresovou dokumentaci (P&IDs a schémata). A zastřešuje to již zmiňovaný AVEVA Everything 3D. V této verzi jde již velmi jednoduše nahrát a vložit pořizovaný sken a následně s ním v tomto programu pracovat. Použití těchto programů má kvůli velmi vysoké provozní ceně uplatnění především na velkých projektech.



Obr. 6-5 Vizualní provedení AVEVA E3D

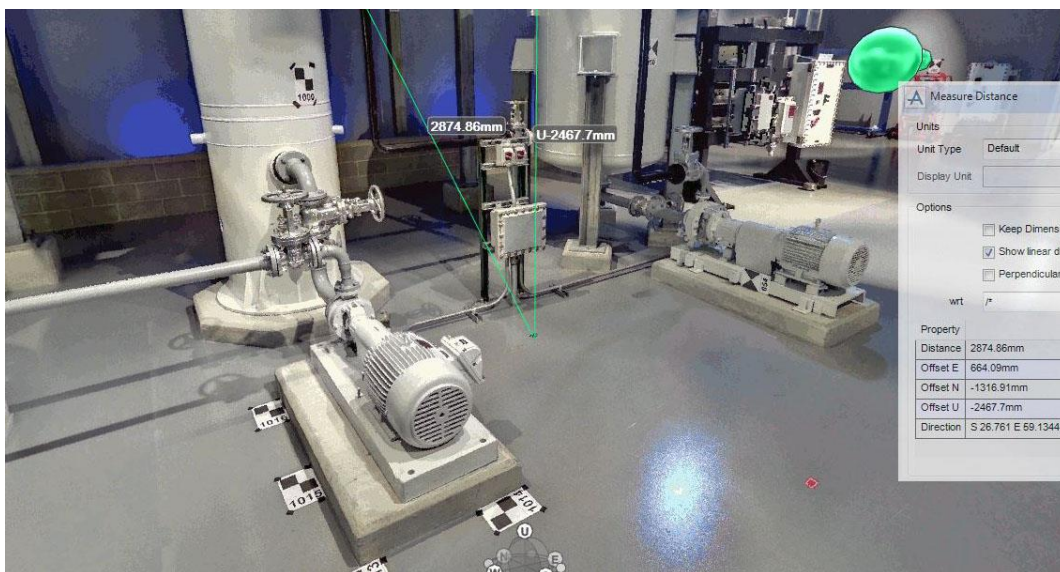
6.3. Skenování v praxi

Velká výhoda pro inženýra je jakékoli dodatečné změření vzdálenosti v modelu. Na Obr. 6-6 je vidět čerpadlo a jsou zde vidět černo-bílé terčíky, které se využívají při skládání několika skenovaných souborů do jednoho modelu.



Obr. 6-6 Čerpadlo ve strojovně

Na Obr. 6-7 je vidět odměřená příruba a změřené údaje jsou v tabulce. V naskenovaném modelu lze změřit jakýkoli objekt. Stejně se dá přistupovat k výšce zábradlí na Obr. 6-8, kde si velmi jednoduše můžeme tuto vzdálenost změřit.



Obr. 6-7 Výška příruby na nádobě

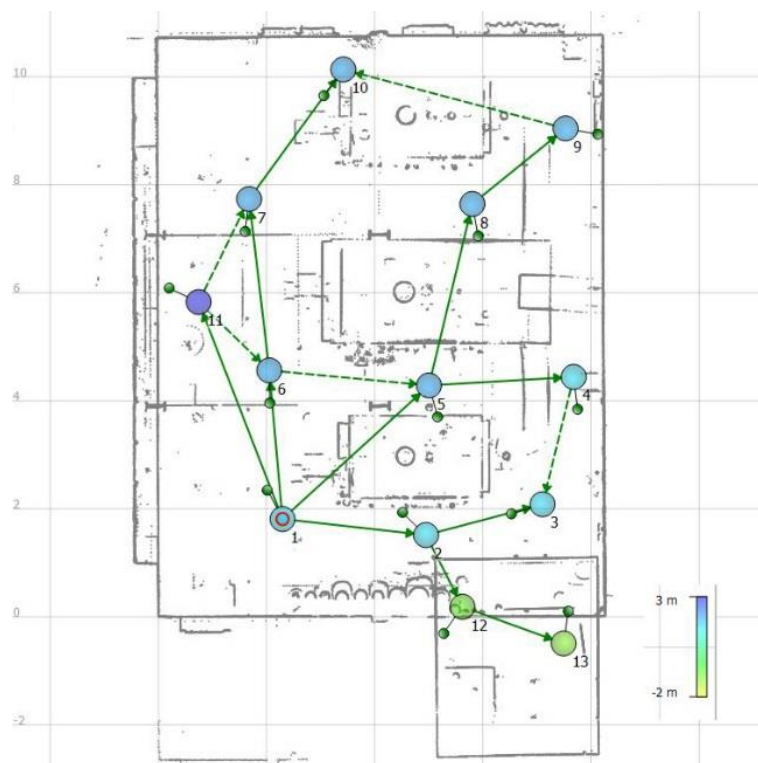


Obr. 6-8 Výška zábradlí

6.4. Rekonstrukce kolektoru v kotelně

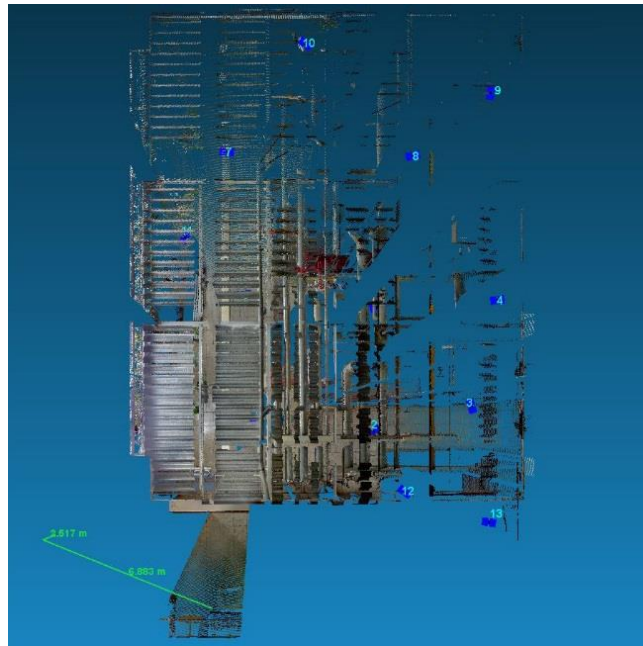
Společnost AVEVA umožňuje provádět skenované rekonstrukce ve svém programu E3D (Everything3D). Naskenovaná data ze skeneru Z+F IMAGER 5016 se nejprve upraví v jejich primárním softwaru od společnosti Zoller Fröhlich. Následně jsou tato data nahrána do softwaru LFM Server a Gateway od společnosti AVEVA. Je to licencovaný program, který produkuje výsledná data ve formátu „lfd“. Tento typ dat se již dá použít v software PDMS nebo v E3D.

Jako konkrétní příklad takové skenované rekonstrukce bude nyní uvedena rekonstrukce kolektoru v kotelně, jejíž součástí je i výměna dvou potrubních tras. V kotelně bylo provedeno celkem 13 skenů a jejich rozmístění v místnosti je vidět na Obr. 6-9.



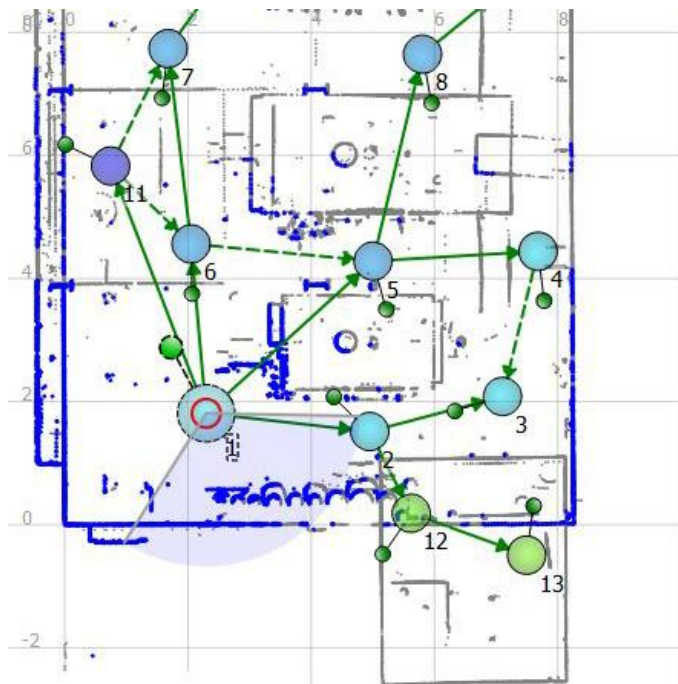
Obr. 6-9 Rozmístění jednotlivých skenů

Je zde vidět i legenda, z které vyplývá, že skeny 12 a 13 jsou umístěny ve výšce -2 metry oproti zvolené nulové výšce. Ta byla zvolena na úrovni podlahy kotelny. V místě skenů se nachází sklep, kde byly sejmuty dva druhy skenu. Při jednom skenu bylo zapnuto led světlo skeneru a při druhém nebylo osvětlení zapnuto.



Obr. 6-10 Půdorys kotelny

Na Obr. 6-10 je znázorněn půdorys kotelny ze skenu číslo 1. Pozorujeme všechny detekované části kotelny a je patrné, že skener dokázal detekovat i diagonálně vzdálený roh kotelny. Zpracování je provedeno v programu od firmy Zoller Fröhlich a v jeho základním rozhraní se zobrazují tři pohledy. První je již zmíněn na Obr. 6-10, kde lze sken prohlížet ve formě 3D. Na druhém Obr. 6-11 je vidět umístění skenu, a také je zde výšeč, která ukazuje směr skeneru. Ta velmi usnadňuje projektantovi orientaci v prostoru, která není příliš jasná v 3D pohledu.



Obr. 6-11 Výšeč směru skeneru

Reálnou fotografii ze skeneru můžeme vidět na Obr. 6-12. Nachází se zde starý kolektor pro rekonstrukci.



Obr. 6-12 Pohled ze skeneru

Na jednotlivých potrubích, která vedou z kolektoru, jsou i malými písmeny popsána jednotlivá potrubí. Tyto popisky jsou plně čitelné, jak je vidět na Obr. 6-13, což usnadňuje projektantům práci při rekonstrukcích.



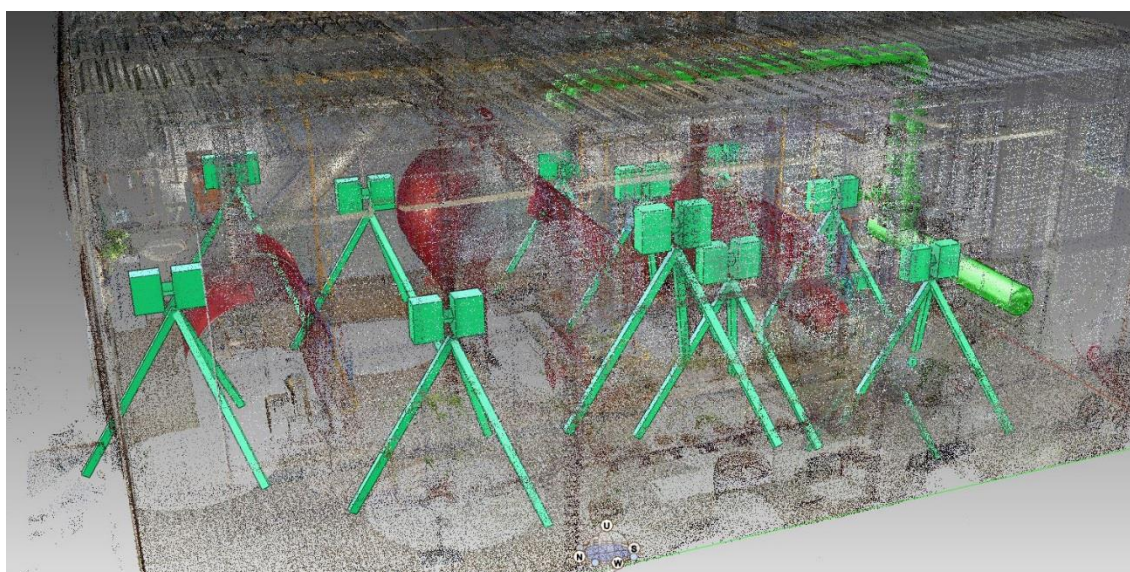
Obr. 6-13 Nápis na potrubí z kolektoru

Na Obr. 6-14 je kompletní vizualizace skenu, kdy výsledným výstupem může být i sférická fotografie, kde je vidět celý skenovaný prostor.



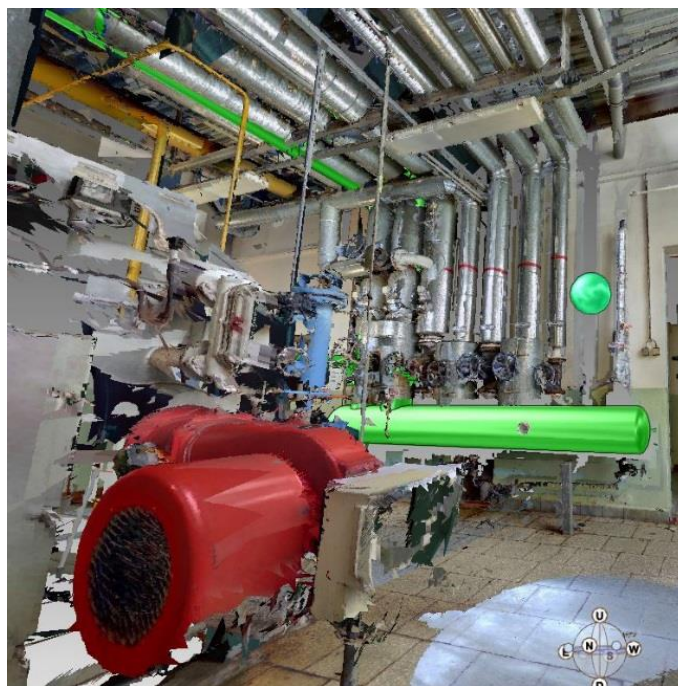
Obr. 6-14 360° fotografie ze skeneru

Následně je tento model upraven a může se použít v programu E3D. Na Obr. 6-15 je uvedena kompletní vizualizace se všemi jednotlivými skeny, které představují trojnožky se skenerem na vrcholku a je zde již i viditelná část rekonstruovaného kolektoru. V tomto softwaru lze po zapnutí funkce „HyperBubble“ procházet naskenovanou místností kotelny, jako by člověk stál přímo v místnosti. Nevýhoda této funkce je v nepříliš kvalitním vizuálním provedení.



Obr. 6-15 Vizualizace všech skenů a nového kolektoru s potrubními trasami

Na Obr. 6-16 pohled na kolektor, který je zde zvýrazněn zelenou barvou. Zelená „koule“ nad ním je již zmiňovaná souřadnice skenu číslo 1.



Obr. 6-16 Pohled při funkci „HyperBubble“

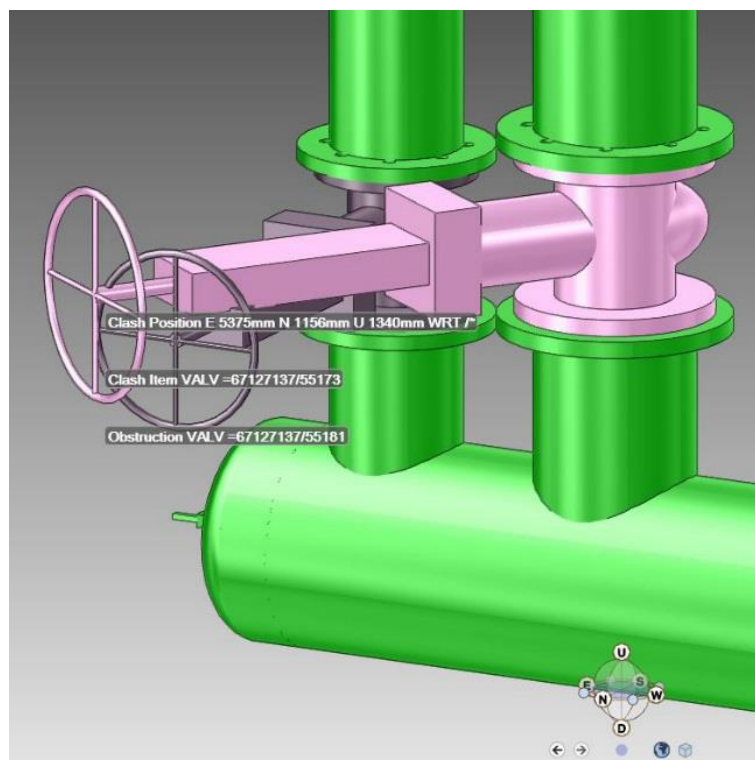
Na Obr. 6-17 je již pohled přímo ze skeneru a kvalita je již podstatně lepší.



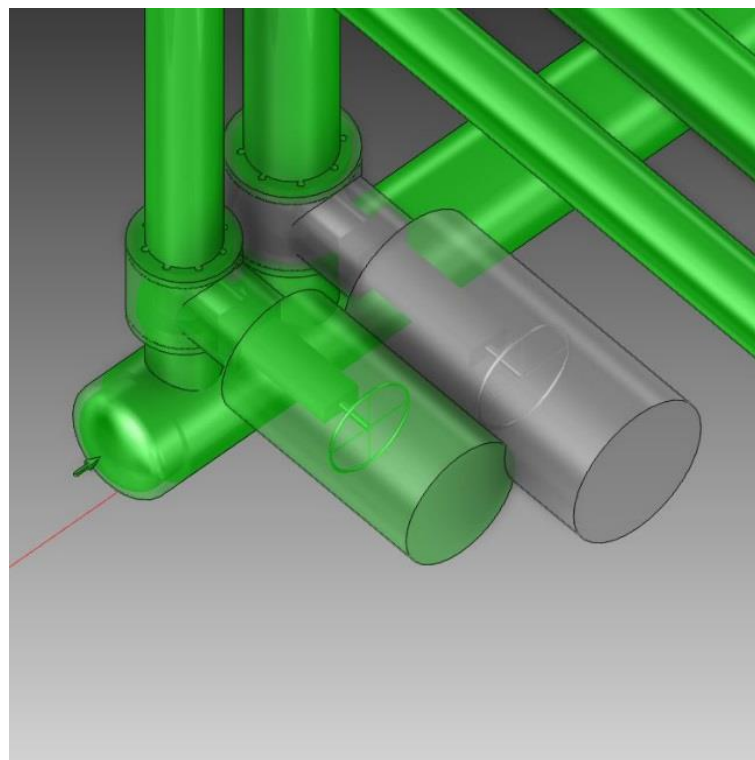
Obr. 6-17 Pohled z místa skeneru č. 1

V tomto softwaru se dají detekovat možné kolize na několika úrovních. Po dokončení nového modelu kotelny a následné kontroly kolizí byly objeveny dvě kolize. Prvně se jednalo o kolizi ventilů, která je vidět na Obr. 6-18. Byla způsobena nepozorností projektanta, jde velmi jednoduše opravit otočením pravého ventilu. V tomto případě se jednalo o detekování kolize s pevnou částí. Další úroveň detekce je v prostoru, který kontrolovaný atribut (ventil), potřebuje

pro jeho správné použití. Na Obr. 6-19 je viditelný prostor nutný pro jejich otevření či zavření. Vzdálenost mezi ventily je dostatečná a není zde žádné omezení pro jejich funkčnost.



Obr. 6-18 Kolize ventilů v E3D



Obr. 6-19 Kolize manipulačního prostoru

6.5. Odstraňování staré technologie

Laserové skenování se prosazuje i v odvětví, jako je likvidace dosloužené technologie. V současnosti jde typicky o vyřazování pobřežních zařízení z provozu jako je ropná plošina (Obr. 6-19). Zařízeních na hranici životnosti je velké množství a díky tomu zde laserové skenování získalo svoji významnou roli [17]. Všechny tyto procesní technologie jsou v provozu mnoho let. V důsledku toho neexistují žádné modely, které by pomohly inženýrům s plánováním jejich rozebírání a bezpečné likvidace. Velkou roli v případě ropných plošin hraje i jejich umístění na moři, a tedy i obtížnou dostupnost pro inženýrský tým, který chce zahájit projekt revize, případně demontáž plošiny.



Obrázek 6-20 Ropná plošina v severním moři [17]

Životní cyklus každého procesního zařízení může trvat desítky let. V tomto dlouhém období, dochází k nespočetným změnám ve struktuře i samotném procesu výroby. Bohužel se dá i předpokládat, že nedochází k tak potřebným aktualizacím v dokumentaci [17]. Pro inženýry to znamená, neexistenci přesného popisu skutečného stavu, například jak vypadají struktury nebo procesy. Navíc se tyto konstrukce mohou blížit ke konci své životnosti, pro kterou byly původně navrženy, a může nastat jejich koroze. Všechny tyto kombinované faktory mají za následek, že proces obráceného inženýrství je velmi obtížný. Tato technologie dokáže dodat značné množství dat, která posléze inženýrům pomohou s plánováním odstranění jednotlivých komponent a následně celého celku.

7. Závěr

Cílem diplomové práce bylo seznámit se a prakticky aplikovat software PDMS v oblasti projektování procesních potrubí, představit možnosti jeho využití a seznámit s aktuálními možnostmi práce PDMS. Lze konstatovat, že po seznámení se s tímto softwarem a jeho základním osvojením, je projekční práce s ním velmi zajímavá a obohacující. Velmi pomáhá a usnadňuje práci projektantovi, který tak může plnit i ty nejnáročnější úkoly.

V diplomové práci je software PDMS aplikován pro řešení několika vybraných průmyslových projekčních úkolů, při jejichž zpracování jsou současně v diplomové práci představovány konkrétní vlastnosti softwaru PDMS jako přínosné a užitečné v běžné projekční praxi. Těchto řešených projekčních úkolů je v diplomové práci zpracováno několik. V první části práce, která je věnována samotnému představení programu PDMS jsou v podobě manuálu vysvětleny základní funkce a možnosti softwaru. Mezi ně patří, mimo jiné, posunutí a otočení potrubní trasy a také velmi důležitá funkce softwaru PDMS detekující kolize. V řešených příkladech jsou konkrétní případy kolizí také následně opraveny a v práci provedené popisy těchto softwarových manipulací tak lze použít jako další užitečné seznámení s možnostmi tohoto softwaru.

Součástí diplomové práce je i prověření nadstandardních a speciálních schopností tohoto softwaru. Tato problematika je popsána v poslední části práce, která přibližuje nejnovější verzi softwaru PDMS s rozšířením o software E3D, který zvládá zpracovat laserem naskenovaná data z průmyslových prostor. Pro konkrétní případ rekonstrukce kotelny byl použit laser Z+F IMAGER 5016. V dotyčné kapitole týkající se této rekonstrukce je stručně popsán konkrétní postup aplikace použitého softwaru a je zde i vymodelován nový kolektor. V řešeném případě software umí detekovat kolizi i s naskenovanou původní technologií kotelny a díky tomu je velmi důležitým pomocníkem projektanta při případných rekonstrukcích starých procesních technologií.

Díky možnostem dokonalého 3D modelového zpracování, lze představený software rovněž použít pro projekční optimalizaci výrobního procesu. V diplomové práci jsou zpracovány dva konkrétní příklady takové projekční optimalizace. V prvním příkladu se jedná o změnu dimenze potrubí, která je prezentována formou obrázkového manuálu s jednotlivými kroky změn. Pro uložení potrubí je zde použit jednoduchý výpočet rozteče podpěr a na dilatační smyčce vysvětlen způsob uložení nepodložených kolen. Provedená ekonomická analýza tohoto příkladu pak demonstruje, že úspora investic na takto optimalizované řešení není jen na samotném potrubí. Velkou část ušetřených investičních nákladů představuje uložení potrubí, menší průměr kolen a izolace potrubí. V druhém příkladu se pak jedná o přesunutí konstrukce a potrubních tras. Tato změna je provedena díky základním funkcím softwaru, které jsou vysvětleny v úvodní části diplomové práce. Pro tento příklad je zpracován náčrt původní a optimalizované trasy potrubí a díky značnému rozsahu potrubních tras a jejich úprav je i úspora investic u výsledného provedení výrazně větší než u prvního příkladu. Důležitým aspektem je ve druhém příkladu i snížená hmotnost materiálu, který se nemusí dopravovat na místo stavby.

Na úplný závěr je však třeba zdůraznit (viz blíže kapitola 6), že díky vysoké ceně, která je za představený software PDMS poskytovatelem tohoto softwaru účtována při pořízení nové licence (následně je software placeno formou pravidelného měsíčního poplatku), má tento software největší uplatnění u projekčních organizací specializujících se na řešení velkých technologických celků. Software PDMS je v České republice zastoupen společností Vizio, která také zajišťuje přímou softwarovou podporu a školení nových uživatelů.

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] Použití PDMS v procesu multiprojekčního projektování: Ripra s.r.o. [online]. Ripra,s.r.o. [cit. 02.02.2019]. Dostupné z: <https://www.pdms.cz/news/pouziti-pdms-v-procesu-multiprojekcniho-projektovani/>
- [2] AVEVA Training Guide. *Aveva Plant (12.1) Foundations*.
- [3] AVEVA Training Guide. *Aveva Plant (12.1) Pipework Modelling*.
- [4] AVEVA Training Guide. *Aveva Plant (12.1) Structural Catalogues and Specifications*.
- [5] Pokyny pro projektování uložení potrubí, MPS Gradior s.r.o. [online]. MPS Gradior s.r.o. [cit. 02.02.2019] Dostupné z: <http://www.mps-gradior.cz/cz/ke-stazeni.html>
- [6] PENG, Liang-Chuan a Tsen-Loong PENG. Pipe stress engineering. New York, NY: ASME Press, c2009, xxii, 486 p. ISBN 978-079-1802-854.
- [7] Oblouky ocelové bezešvé | ZACHA velkoobchod s hutním materiálem. ZACHA s.r.o. - velkoobchod s hutním materiálem Brno [online]. 2017 Zacha spol. s r.o. [cit. 20.04.2019]. Dostupné z: <https://www.zacha.cz/oblouky-ocelove-bezesve>
- [8] Výpočetní program IsoDim. ProgramByggerne ANS [online]. [cit. 13.04.2019] Dostupné z: <http://www.programbyggerne.no/IsodimCZ/>
- [9] ISOVER: Katalogy, ceníky a dokumentace k produktům ke stažení. ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace [online]. Isover [cit. 13.04.2019]. Dostupné z: https://www.isover.cz/dokumenty/list?sorting_documentation=Popularity&f%5B0%5D=field_document_tr_category%3A2206
- [10] Feron online - Vítejte. Feron online - Vítejte [online]. 2017 Feron a.s. [cit. 31.03.2019]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>
- [11] As-Built dokumentace iQservices. [online]. iQservices, s.r.o. [cit. 13.04.2019]. Dostupné z: <http://www.iqservices.eu/sluzby/as-built-dokumentace.html>
- [12] ZF-Laser - Laser measurement technology. [online]. ZF-Laser [cit. 11. 11. 2018]. Dostupné z: <https://www.zf-laser.com/Home.91.0.html?&L=1>
- [13] ZF-Laser - Applications. [online]. ZF-Laser [cit. 03.02.2019]. Dostupné z: <https://www.zf-laser.com/Applications.laserscanning.0.html?&L=1>
- [14] ZF-Laser - Case Study 3D Laser scanning for collision investigations [online]. ZF-Laser [cit. 03.02.2019]. Dostupné z: https://www.zf-laser.com/fileadmin/editor/Case_studies/CaseStudy_Police_E_compr.pdf
- [15] ZF-Laser - Z+F IMAGER® 5016, 3D Laser Scanner. [online]. ZF-Laser [cit. 11. 11. 2018]. Dostupné z: <https://www.zf-laser.com/Z-F-IMAGER-R-5016.184.0.html?&L=1>
- [16] Ochrana zdraví při práci s lasery | BOZPinfo.cz. BOZPinfo - Časopis JOSRA [online]. BOZP [cit. 11. 11. 2018]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/ochrana-zdravi-pri-praci-s-lasery>
- [17] ZF-Laser - Case Study Scopus. [online]. ZF-laser [cit. 11. 11. 2018]. Dostupné z: https://www.zf-laser.com/fileadmin/editor/Case_studies/Case_Study_Scopus_E_compr.pdf

9. Seznam obrázků a tabulek

Obrázky

Obr. 2-1 Obecná databázová struktura modelů v softwaru PDMS [2].....	11
Obr. 3-1 Hierarchie potrubí v PDMS [3].....	14
Obr. 3-2 Potrubí s třemi konci [3]	14
Obr. 3-3 Hierarchie potrubí na Obr. 3-3[3]	14
Obr. 3-4 Alternativní zapojení pro potrubí s T-kusem [3]	14
Obr. 3-5 Potrubní trasa s počátečním a konečným bodem [3]	15
Obr. 3-6 Armatury a jejich P body (hrdlo, T-kus, redukce a koleno) [3].....	16
Obr. 3-7 Souřadný systém [2].....	17
Obr. 3-8 Kotevní stojan	17
Obr. 3-9 Pružinový závěs	17
Obr. 3-10 Parametricky modelovaný profil IPE [4]	18
Obr. 3-11 Kluzná podpěra v modulu PARAGON.....	19
Obr. 3-12 Hlavní panel makra pro potrubí	19
Obr. 3-13 Základní pohyb komponentů	20
Obr. 3-14 Komponenty potrubí	20
Obr. 3-15 Napojování komponent	20
Obr. 3-16 Navazující objekty	20
Obr. 3-17 Objekty ve vzdálenosti od objektu.....	20
Obr. 3-18 Definovaný prostor okolo sběrače	22
Obr. 3-19 Sběrač kondenzátu	22
Obr. 3-20 Zobrazené okolí u sběrače.....	22
Obr. 3-21 Propojení jednotlivých konců potrubí.....	23
Obr. 3-22 Použitá makra pro projektování potrubí	23
Obr. 3-23 Výběr kolene (ve stromu potrubní větve označeno ELBO 1).....	24
Obr. 3-24 Automaticky vytvořené ve vzdálenosti 100 mm	24
Obr. 3-25 Zarovnání potrubních komponentů s konstrukcí	24
Obr. 3-26 Zarovnání s potrubím.....	25
Obr. 3-27 Zarovnání s počátkem potrubí	25
Obr. 3-28 Nastavena vzdálenost 150 mm od profilu konstrukce	25
Obr. 3-29 Nastavena vzdálenost 150 mm od profilu konstrukce	25
Obr. 3-30 Červeně zviditelněné potrubí s konečným uložením	26
Obr. 4-1 Původní místo potrubí.....	27
Obr. 4-2 List se seznamem potrubí pro otočení.....	27

Obr. 4-3 Zvolení elementu pro rotaci	28
Obr. 4-4 Zvolení rotace potrubí z listu	28
Obr. 4-5 Otočení potrubí o 90°	28
Obr. 4-6 Srovnání ve směru S s I profilem.....	29
Obr. 4-7 Závěr posunutí	29
Obr. 4-8 Potrubí před provedením kontroly	29
Obr. 4-9 Kolize s potrubím.....	29
Obr. 4-10 Detail na kolizi v další části potrubí	30
Obr. 4-11 Začátek opravy kolize	30
Obr. 4-12 Výběr kolene 90°	30
Obr. 4-13 Detail na opravu kolize	30
Obr. 4-14 Posunutí potrubí ve směru W.....	31
Obr. 4-15 Závěrečná kontrola kolize.....	31
Obr. 4-16 Špatně zvolený směr	31
Obr. 4-17 Opravené potrubí	32
Obr. 4-18 Kolize na paralelním potrubí.....	32
Obr. 4-19 Kolize se zapnutou izolací	32
Obr. 4-20 Opravené potrubí	33
Obr. 4-21 Detail na okolí opravy.....	33
Obr. 4-22 <i>Kolize potrubí s nosnou konstrukcí</i>	33
Obr. 4-23 <i>Kolize s izolací</i>	33
Obr. 4-24 Posunutí potrubí	34
Obr. 4-25 Makro pro posunutí potrubí „Drag move“	34
Obr. 4-26 Posunutí potrubí i s druhou potrubní trasou.....	34
Obr. 4-27 Vrácení potrubí tlačítkem zpět.....	35
Obr. 4-28 Posunutí potrubí bez redukce.....	35
Obr. 4-29 Posunutí redukce potrubí	35
Obr. 4-30 Vzdálenost redukce od kolene	35
Obr. 4-31 Srovnání výšky potrubí	36
Obr. 4-32 Výsledek opraveného potrubí	36
Obr. 5-1 Zvolená potrubní větev	37
Obr. 5-2 Výměna nátrubku na hlavním potrubí páry	37
Obr. 5-3 Výměna kolene	37
Obr. 5-4 Nevykreslené potrubí mezi 2“ a 3“ trubkou.....	37
Obr. 5-5 Nevykreslené potrubí mezi 2“ a 3“	38

Obr. 5-6 Zjištění typu uložení a jeho výměna	38
Obr. 5-7 Zjištění typu podpěry a její vyměnění.....	38
Obr. 5-8 Výměna t-kusu	38
Obr. 5-9 Napojení redukce na novou armaturu potrubí.....	39
Obr. 5-10 Ukončení potrubí zaslepovací přírubou	39
Obr. 5-11 Dilatační smyčka potrubí	39
Obr. 5-12 Princip čtvrtkruhu pro nepodložená kolena	40
Obr. 5-13 Vzdálenost podpěr v dilatační smyčce.....	41
Obr. 5-14 Původní konstrukce.....	43
Obr. 5-15 Nová zvětšená konstrukce.....	43
Obr. 5-16 Potrubí, které se musela upravit.....	44
Obr. 5-17 Schéma potrubních tras původního (čárkované čáry) a nového řešení (plné čáry) .	46
Obr. 5-18 Původní potrubí na konstrukci	47
Obr. 5-19 Nové potrubí uložené mimo konstrukci.....	47
Obr. 5-20 Optimalizovaný model vedení potrubí s novou konstrukcí	47
Obr. 6-1 Užití při stavbě železnice [13]	49
Obr. 6-2 Digitalizace dopravní nehody [14].....	49
Obr. 6-3 Skener IMAGER 5016 [15]	50
Obr. 6-4 Rozměry skeneru IMAGER 5016 [15]	50
Obr. 6-5 Vizualizace provedení AVEVA E3D.....	51
Obr. 6-6 Čerpadlo ve strojovně	51
Obr. 6-7 Výška příruby na nádobě	52
Obr. 6-8 Výška zábradlí.....	52
Obr. 6-9 Rozmístění jednotlivých skenů	53
Obr. 6-10 Půdorys kotelny	54
Obr. 6-11 Výseč směru skeneru	54
Obr. 6-12 Pohled ze skeneru	55
Obr. 6-13 Nápis na potrubí z kolektoru.....	55
Obr. 6-14 360° fotografie ze skeneru	56
Obr. 6-15 Vizualizace všech skenů a nového kolektoru s potrubními trasami	56
Obr. 6-16 Pohled při funkci „HyperBubble“	57
Obr. 6-17 Pohled z místa skeneru č. 1	57
Obr. 6-18 Kolize ventilů v E3D.....	58
Obr. 6-19 Kolize manipulačního prostoru.....	58
Obrázek 6-20 Ropná plošina v severním moři [17]	59

Tabulky

Tab. 1 Vysvětlivky znaků.....	21
Tab. 2 Vzdálenosti určené z grafu na Obr. 5-12.....	40
Tab. 3 Ekonomická bilance změny průměru potrubí	42
Tab. 4 Doporučené rozteče potrubí	44
Tab. 5 Informace o potrubních větvích na konstrukci.....	45
Tab. 6 Ekonomická bilance jednotlivých potrubí.....	48

10. Seznam příloh

Příloha 1: Izometrie potrubní trasy