

# PROJEKTOVÁNÍ VODOHOSPODÁŘSKÝCH STAVEB S VYUŽITÍM 3D A BIM

**Ing. Jiří Kratěna, Ph.D., Ing. Richard Schejbal, Michal Jirsík**

Sweco Hydroprojekt a.s., Táborská 31, 140 16 Praha 4; [jiri.kratena@sweco.cz](mailto:jiri.kratena@sweco.cz)

## Úvod

Současná praxe projektantů vodohospodářských projektů je založena především na 2D kreslení. Tato praxe má své výhody o nevýhody. Vzhledem k požadavkům, které jsou dnes nově kladeny na detaily zpracovávané dokumentace, se ale dostáváme na limity použití zpracování projektu pomocí tradičního postupu, tedy ve 2D prostoru. Žádná projektová dokumentace nemůže postihnout všechny složitosti, které mohou při realizaci projektu vzniknout, ale použití 3D nástrojů umožní v některých případech najít lepší řešení.

Proto se v současnosti stále více projektantů poohlíží po řešení, které spojí výhody 2D tvorby dokumentace s 3D, které umožňuje ve vizuální formě rozeznat veškeré nepatřičnosti návrhu. Jedinou možnou cestou je automatizace rutinních procesů a přechod na práci ve 3D.

Řešení v podobě 3D, kde projektant přesně modeluje navrhovaný objekt, ukáže okamžitě všechny možné nedostatky. Pomocí různých nadstaveb CAD systémů ve stavební projekci a v technologickém navrhování procesních systémů a zvýšením kvalifikace projektového týmu se výrazně zvyšuje kvalita projektové přípravy. Je evidentní, že 2D nástroje neumí postihnout problémy spojené s výškovým i prostorovým uspořádáním tvořeného projektu. Toto může vést k dokumentaci obsahující chyby a nepřesnosti, které se projeví až v průběhu realizace.

Při zavádění 3D nástrojů do praxe v minulých letech byla dokumentace ve 3D vnímána jako problematická hlavně proto, že model se těžko převáděl do projektové dokumentace. Bohužel, z tohoto důvodu je projektování ve 3D stále neoblíbené a vnímané spíše jako nástroj pro vizualizační studie. Jenže technologie 3D CAD se velmi rychle vyvíjí a v dnešní podobě je evidentní, že projekty ve 3D přinášejí více užitku než práce. Již v současné době je projektová dokumentace snadněji nebo automaticky generována přímo z modelu a umožňuje projektantům trávit více času ve prospěch kvalitního návrhu projektu. Práce ve 3D vytváří také lepší podmínky pro koordinaci, zvyšuje možnost prostorových rezervací jednotlivých profesí a umožňuje snadnější kontrolu pomocí detekcí kolizí. Integrované projektování (modelování), analýzy i návrh je možné držet pod kontrolou v rámci jednoho sdíleného modelu. Databázová struktura projektu pak v mnoha ohledech usnadňuje a zefektivňuje možnost tvorby výkazů, specifikací z projektové dokumentace. Vzhledem k tomu, že jednotlivé prvky jsou prostorové objekty, lze s vysokou přesností vykazovat objemy a povrchy daných objektů ve stavbě. V technologické části projektu potom lze automaticky generovat výpisy potrubí, tvarovek, atd. Automatická tvorba výkazů výměr z modelů BIM je jednou z jejích hlavních předností. Ale klade to velké požadavky na přesnost zpracování modelu.

### **3D a BIM**

Pod pojmem 3D model si každý dokáže snadno představit, o co se jedná. Ale co si přestavit pod pojmem BIM? Co je to BIM? Definice z internetu [2] nám říká, že BIM (česky Informační model budovy, anglicky Building Information Modeling nebo Building Information Management) je proces vytváření a správy dat o budově během celého jejího životního cyklu. Pod touto definicí si lze těžko představit, jak BIM souvisí s přípravou projektu. Skutečnost je taká, že základem BIM je 3D geometrický model, který vzniká snad při každém návrhu stavby jako prostředek k vizualizaci a prezentaci návrhu. Projektantovi k plnohodnotnému používání BIM potom stačí přizpůsobit své pracovní postupy. Rozdíl mezi prostým 3D modelem a BIM modelem je pouze v použitých entitách (modelovacích nástrojích – prvcích). V obecném 3D modeláři geometrie vzniká skládáním prostorových bodů, hran, ploch nebo obecných těles, naproti tomu v BIM modeláři "stavba" vzniká z prvků jako je zeď, deska, střecha, trám, atd., u kterých je možné navíc definovat další vlastnosti (materiál, výrobce, cena a další). Zároveň je každý prvek v modelu stavby zařazen do hierarchické struktury, která umožňuje prvek přesně lokalizovat. Prvek obsahuje informaci o místě, ve kterém se nachází, ta je přiřazena podlaží, to je přiřazeno budově a ta je přiřazena pozemku.

U technologických projektů k tomu ještě přistupuje možnost propojení technologického schématu s vlastním 3D modelem zařízení. Což je vlastně základ BIM modelu technologického zařízení. Výsledkem potom může být evidence technologických zařízení v databázi, kde lze velice rychle dohledat informace o zařízeních a jeho parametrech. Technologická zařízení mohou obsahovat nejenom údaje o umístění, ale také i provozní a návrhová data (tlak, teplota, průtok, atd.).

3D model je výchozím bodem projektu, nikoliv jeho cílem. Projektantovi tedy náleží nejzásadnější díl práce na přípravě BIM modelu stavby, zároveň ale dostává možnost lepší kontroly celého procesu návrhu. BIM zlepšuje pracovní postupy tím, že přesune těžiště práce z dříve tak potřebného vytváření projektové dokumentace k přímé a kreativní tvorbě stavebních a technologických celků.

### **Současný stav v oblasti 3D**

Při snaze o použití 3D na návrh stavby a technologického zařízení se samozřejmě můžeme setkat také s překážkami. Následující výčet shrnuje nejpodstatnější z nich:

- nedostatek příležitostí pro implementaci 3D (BIM) – chybějící požadavky ze stran investorů, uživatelů, správců;
- zpracování jednotlivých stupňů dokumentace různými autory (zpracovateli);
- rozdělení financí mezi etapami stavebního procesu;
- fragmentace stavebního průmyslu – oddělení konečného uživatele, investora, stavební firmy, členů projektového týmu a způsob jejich komunikace pomocí 2D dokumentů, textů a tabulek;
- skutečná cena projektových prací a někdy až přílišný tlak na cenu, který se projevuje v nižší kvalitě návrhu a nemožnosti nalezení optimální varianty;
- chybějící odborníci pro 3D;
- nedostatečné vzdělávání účastníků stavebního procesu;
- neochota k aplikaci nových přístupů v praxi;
- zvyklosti z tvorby 2D dokumentace – způsob kreslení a obsah dokumentace;
- nedostatečná definice autorských a jiných vlastnických práv pro 3D model;
- cena zavedení 3D – software, nastavení procesů ve firmě, školení pracovníků.

## **Sweco Hydroprojekt a počátky 3D projektů a BIM**

Historicky Sweco Hydroprojekt s 3D modely začal pracovat při přípravě architektonických studií, kdy prostředky pro 3D tvorby byly používány pro vizualizaci staveb. V těchto studiích byl prezentován nejenom tvary objektů, ale i vizualizace barevného řešení exteriérů a interiérů objektů.

U technologických projektů jsme se se základy BIM setkávali při tvorbě technologických schémat, kdy do technologických schémat byly zadávány základní informace o technologických zařízeních (označení zařízení, umístění zařízení, DN, PN, průtok, provozní tlak, provozní teplota, měřící rozsahy, atd.). Tato data ze schémat byla exportována do databáze. Samozřejmostí byl i zpětný export z databáze do výkresů. V počátcích ale databáze nebyla trvale propojena s výkresy a pro migraci dat byly používány další nadstavby CAD programů.

## **Sweco Hydroprojekt a HW a SW vybavení**

Při zavádění 3D modelování nebylo nutné zásadně měnit hardwarové vybavení oproti práci ve 2D [1]. Je ale pravdou, že už většina pracovišť byla vybavena poměrně kvalitními počítači. Pro práci s celkovými modely se používají výkonnější počítače (16 GB RAM). Dále se osvědčilo používání 3D navigátorů pro levou ruku, které výrazně urychlují orientaci a pohyb v modelu. Standardem pro práci se 3D modely jsou 2-3 obrazovky.

Softwarové vybavení pro 3D návrhy je kombinací několika různých programů. Sweco Hydroprojekt a.s. je plně orientován na použití produktů Autodesk. K používání produktů firmy Autodesk jsme dospěli po důkladném průzkumu trhu a jeho vyhodnocení. Tyto produkty plně odpovídají našim potřebám znalostem. Různé produkty firmy Autodesk umožňují zkombinovat pro nás potřebné funkce. Za hlavní softwary používané pro 3D modelování lze považovat:

- AutoCAD Revit (Autodesk) – modelování stavebního objektu, TZB, vzduchotechniky;
- AutoCAD Plant 3D (Autodesk) – modelování technologického vybavení;
- AutoCAD Civil 3D (Autodesk) – pro terénní úpravy;
- Autodesk Navisworks (Autodesk) – koordinace profesí, automatické detekování kolizí.

Projektování BIM není ale o zakoupení potřebného softwaru a zacházení s ním. Nejdůležitější součástí je vytvoření modelových šablon a knihoven používaných prvků. Tyto knihovny jsou vytvářeny přesně pro potřeby naší společnosti, jsou jednotné pro celou společnost a představují naše ojedinělé know-how. Nejde však pouze o pouhé vymodelování 3D ploch a čar. Ale je nezbytné vniklým 3D prvkům nadefinovat všechny potřebné vlastnosti. Vytváření knihoven je nezbytnou činností při používání BIM. Dobře nadefinovaná knihovna je základem zvyšování efektivity práce všech projektantů BIM naší společnosti. Dále je potřeba tyto knihovny neustále aktualizovat a doplňovat podle potřeb jednotlivých profesí a projektantů. Bez databáze 3D prvků je BIM forma projektování naprosto nemožná.

## **3D navrhování, modelování a dokumentování technologických celků a potrubních systémů čistíren a úpraven vody**

Potrubí je základním stavebním prvkem čistíren a úpraven vody. Logicky je proto základním nástrojem pro tvorbu 3D AutoCAD Plant 3D, který využíváme pro 3D modelování a dokumentování potrubních systémů. Plant 3D má integrovanou technologii

izometrií. Vedle funkcí AutoCADu nabízí funkce pro modelování 3D prvků potrubí, trasování vedení, generování izometrických výkresů a dalších konstrukčních dokumentů, řešení detailů, řezů a výkazů potrubních systémů, atd. Aplikace umožňuje vytvářet parametrické podpůrné prvky typu ocelové konstrukce nebo schodiště.

AutoCAD Plant 3D Aplikace obsahuje knihovny potrubních prvků a podpůrných prvků (ocelové konstrukce, lávky, zábradlí, žebříky), správce projektů. Plant 3D podporuje potrubní normy ANSI/ASME B16 a DIN 2441, 2448, 2458, 2501, 2527, 2566, 2605-1, 2615 – 2617, 2619, 2627-2638. Hlavním cílem je využití katalogových návrhů a standardních součástí, jež pomáhají optimalizovat umístění potrubí, zařízení a podpůrných konstrukcí. Součástí produktu je též integrovaná funkčnost AutoCAD P&ID a nástroje pro rychlé generování izometrických a ortografických výkresů. Obsahuje i funkce AutoCADu. Plant3D používá standardní výkresový formát DWG.

Důležitou součástí je použití nástroje pro sjednocení, analýzu a 3D vizualizaci rozsáhlých CAD projektů Autodesk Navisworks. Navisworks Manage detekuje kolize a konflikty v návrhu (Clash detective), slouží k porovnání 3D návrhu se zaměřenými daty, správa kolizí, sdílení dat, vizualizace s materiály a osvětlením.

### **Postup práce v projektovém týmu**

Samotná práce probíhá podobným způsobem jako při 2D projektování. Tým je rozdělen na profese jako při 2D projektování. Zásadním rozdílem je v tom, že podklady a výstupy jednotlivých profesí nejsou 2D výkresy, ale 3D modely. 2D výkresy jsou tvořené až na závěr vlastní práce, kdy jsou vyřešené všechny kolize.

### Ukázka postupu zpracování technologické části projektu při standardním (2D) postupu v porovnání s přístupem BIM:

Při standardním zpracování projektu je nejprve připraveno základní technologické schéma odpovídající navrženému technologickému postupu. V tomto schéma jsou zakresleny hlavní zařízení, armatury a propojující zařízení. Následuje stanovení dimenzí hlavních potrubí a příprava dispozičních výkresů. Jsou kresleny půdorysy a zpracovatel si zároveň připravuje řezy. V této fázi zpracování projektu je bezpodmínečně nutné, aby zpracovatel stavební části měl hotové základní dispoziční výkresy, tj. půdorys a řezy. U složitých objektů se při přípravě řezů projektant stavební části dostává do rozporu s projektantem technologické části v otázce, kudy vést potřebný řez. Protože každá profese má své specifické požadavky. V průběhu zpracování technologické části projektant provádí opravy schémat, které vyplývají z dispozičního řešení. A následuje tvorba soupisu prací včetně výkazu výměr. Vytváření výkazů výměr se provádí ručně, kdy projektant odměřuje jednotlivá potrubí na výkresech. Ale v okamžiku změny návrhových parametrů, které mají za následek změnu dimenze nebo doplnění armatury, se musí oprava provést v několika výkresech najednou. V tomto okamžiku vzniká hrozba chyby, kdy se neodhalí kolize s jinou profesí, neopraví se soupis prací, apod. A hlavně, je to velice časově náročné. V tomto okamžiku se ukáže další z předností zpracování projektu pomocí technologie BIM.

V případě zpracování projektu pomocí BIM technologie se musí zapomenout na staré zvyklosti. Podmínkou optimálního zpracování projektu je, mít na začátku prací stanovená jasná pravidla a postupy. Dále je nutné, aby:

- všechny profese byly zpracovávány ve stejnou dobu a jednotlivé modely byly navzájem sdíleny;

- u všech prvků definované jednoznačné značení, jaké informace budou obsahovat (DN, PN, pracovní tlak, pracovní teplota, atd.).

Po zpracování technologického schématu a stanovení hlavních dimenzí potrubí a zařízení začíná práce na 3D modelu. I v tomto případě je nutná součinnost se stavebním projektantem, aby byl připraven 3D model stavby. Ale na rozdíl od 2D přístupu stačí mít na začátku hrubý model stavby. Není nutné definovat, kudy budou vedeny půdorysy a řezy. Tím odpadá dohadování projektantů jednotlivých profesí o vedení řezů. Při přípravě modelu projektant přímo vidí kolizní místa, může řešit otázku přístupu k zařízení, montáže. Samozřejmostí je průběžná aktualizace modelů ostatních profesí. V okamžiku, kdy jsou hotovy modely jednotlivých profesí, se stanoví, kde budou udělány hlavní řezy, tzv. kritické. V tomto okamžiku se začíná s vytvářením dispozičních výkresů. Zároveň se zpracování dispozičních výkresů se může provést export výkazů výměr. Další z výhod 3D modelování se projeví při potřebě zpracování jakékoliv změny v modelu. Po doplnění zařízení, změně dimenze v 3D modelu se tyto změny automaticky projeví v dispozičních výkresech. Není nutné opravovat několik výkresů.

## Souhrn

V současné době rostou nároky investora na rychlost zpracování dokumentace, což vede mnohdy ke zbytečným chybám způsobeným přehlédnutím. Jde především o návaznosti u složitých objektů. Zodpovědnost za vyskytnutí problému prostorové kolize při realizaci stavby samozřejmě nese projektant. Proto je "hlad" po nástroji, pomocí kterého lze takovému problému předejít. Jedinou možnou volbou je modelování stavby ve 3D, které v méně či více rozvinuté formě používají architekti při svých návrzích. Projekční kanceláře používají takovýchto nástrojů minimálně a to i v případě, že takovýto program vlastní. Jak tedy přesvědčit projektanty pracující s CAD jako s virtuálními rýsovacími prkny k tomu, aby přešli na 3D modelování? Obvyklým stavem je „tahání čar na obrazovce!“. Jde maximálně o 2D CAD aplikace s využíváním objektů pouze jako bloků. Je třeba si položit otázku, proč tomu tak je. Souhrn hlavních důvodů bránících rozšíření:

- neochota přejít na jinou filosofii tvorby výkresové dokumentace;
- časová tíseň, ve které většina projektantů pracuje;
- realizační ceny projektové dokumentace;
- složitost tvorby 3D modelu, nad prostorovým problémem se musí projektant více zamyslet;
- chybná volba software, který nesehraje klíčovou roli svou jednoduchostí, automaticností a inteligencí, aby podpořil tvorbu dokumentace rychleji, bezproblémověji a tudíž i kvalitněji;
- nedostatečná prezentace výhod (např. položkování - program sám vytvoří výpis všech prvků, jakákoliv změna znamená přepsání databáze a tím udržení správnosti dokumentace, možnost práce více osob na jednom projektu).

## Legislativa

V současné době již i u nás pracujeme s Evropskou směrnicí o zadávání veřejných zakázek č. 2014/24/EU, která bude implementována do nového zákona o zadávání veřejných zakázek (v současné době probíhá jeho schvalování). Nově by měl být kladen důraz na ekonomickou výhodnost zakázky, tj. nejlepší poměr mezi kvalitou a cenou díla. Při správném výkladu zákona by investory neměla zajímat pouze cena díla, ale také na vliv stavby a provozu na životní prostředí, uživatelský komfort, atd. A to všechno významně nahrává BIM technologii, která dokáže nejen takovou stavbu

navrhnout, ale vše také transparentně zanalyzovat, spočítat věrohodné náklady na výstavbu, ověřit harmonogram celého procesu projektu, a mnohé další.

A jak jsou na tom ostatní země Evropy? Např. ve Velké Británii byl přijat zákon, dle kterého je závazné projektování v BIMu u veřejných zakázek. V souvislosti s přijetím takového zákona došlo v Británii i k sestavení norem, podle kterých je zpracovávána dokumentace v 3D aplikacích. Tyto legislativní změny proběhly i v dalších zemích Evropské Unie, například Norsku či Finsku, a dalších.

V České republice byla prostřednictvím Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví již převzato ze zahraničí několik norem zaměřených na BIM [3]:

- ČSN ISO 12006-2 - Budovy a inženýrské stavby - Organizace informací o stavbách - Část 2: Rámec pro klasifikaci informací
- ČSN ISO 12006-3 - Budovy a inženýrské stavby - Organizace informací o stavbách - Část 3: Rámec pro objektově orientované informace
- ČSN ISO 22263 - Organizace informací o stavbách - Rámec pro správu informací o projektu
- ČSN ISO 16739 - Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu
- ČSN ISO 16354 - Obecné zásady pro znalostní a objektové knihovny
- ČSN P ISO/TS 12911 - Rámec pro návody na informační modelování staveb (BIM)
- ČSN ISO 29481-1 - Informační modelování staveb - Manuál pro předávání informací - Část 1: Metodika a formát
- ČSN ISO 29481-2 - Informační modelování staveb - Manuál pro předávání informací - Část 2: Rámec pro vzájemnou spolupráci

### **Souhrn důvodů proč se 3D a BIM prosadí v ČR**

- jde o cestu zvyšující kvalitu projektového procesu a realizace staveb;
- bude prostě vyžadováno jako standard (např. zákon o zadávání veřejných zakázek), při správném aplikování nového zákona o zadávání veřejných zakázek bude kladen důraz na ekonomickou výhodnost zakázky, tj. nejlepší poměr mezi kvalitou a cenou díla. Klást důraz nejenom na cenu díla, ale také na vliv stavby a provozu na životní prostředí, uživatelský komfort
- stane se v ČR podobně jako v jiných státech standardním postupem;
- kvalita projektové dokumentace se dostane do popředí a bude oceňována;
- od budov se trend přenesení do ostatních oblastí investic.
- aplikací kvalitního SW a HW se práce významně zrychlí;
- stát bude podporovat tvorbu národních standardů včetně vzniku knihoven standardních prvků jako je tomu v jiných evropských zemích,
- umožňují využití jako nástroje pro správu majetku a provoz.

### **Literatura**

1. MUCHA, A. Využití technologií 3D a BIM při přípravě projektů čistíren a úpraven vod. *SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací*, srpen 2015, č. 7-8, s. 8-12.
2. Informační model budovy. [https://cs.wikipedia.org/wiki/Informační\\_model\\_budovy](https://cs.wikipedia.org/wiki/Informační_model_budovy)
3. BIM v legislativě. Průvodce legislativou s ohledem na BIM. <http://www.vseobimu.cz/assets/media/brozura/bim-v-legislative.pdf>. Cit. 2016