

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra technologie staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Metodika a vývoj nástroje pro zefektivnění  
logistiky stavebních výrobků na staveništi  
s pomocí BIM**

**Bc. Tomáš Baier**

**2019**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Váchal, Ph.D., Arquitecto Técnico**

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně  
pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze .....

.....

Tomáš Baier

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomášovi Váchalovi, Ph.D., Arquitecto Técnico za odborné vedení a rady při zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Thomasovi Schmidtovi za cenné rady a tipy při vývoji nástroje.

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Baier</u>	Jméno: <u>Tomáš</u>	Osobní číslo: <u>438045</u>
Zadávající katedra: <u>k122 Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>SI - stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>NL - Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:	<u>Metodika a vývoj nástroje pro zefektivnění logistiky stavebních výrobků na staveništi s pomocí BIM</u>	
Název diplomové práce anglicky:	<u>Methodology and development of a tool for efficiency improvement of logistics of construction products on construction site using BIM</u>	
Pokyny pro vypracování:	Teoretická část: - Problematika BIM ve stavební praxi - Rešerše stávajícího stavu rozvoje BIM s ohledem na propojení využitelnosti v projekční a realizační praxi s důrazem na logistiku stavebních prvků Praktická část: - Návrh metodiky pro zefektivnění logistiky stavebních prvků v procesu od výroby přes dopravu na staveniště, pohyb a skladování na staveništi až po zabudování v konstrukci - Návrh nástroje pro aplikaci ve vybraných procesech popsanych v metodice	
Seznam doporučené literatury:	Lukáš Cimala, Jakub Novotný, Josef Remeš, Rudolf Vyhnálek: Revit ve stavební praxi, ISBN 978-80-214-4966-4 Martin Černý a kolektiv autorů: BIM příručka, ISBN 978-80-260-5297-5 Helena Novotná: Základy BIM II - Revit Architecture pokročilé kapitoly, ISBN 978-80-214-5199-5	
Jméno vedoucího diplomové práce:	<u>Ing. Tomáš Váchal, Ph.D., Arquitecto Técnico</u>	
Datum zadání diplomové práce:	<u>23.9.2019</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>5.1.2020</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce		Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem metodiky a vývojem nástroje pro zefektivnění logistiky stavebních výrobků na staveništi s pomocí BIM. Cílem bylo navrhnout ucelenou metodiku a přijít s jednoduchým způsobem sledování logistického procesu stavebních výrobků a materiálů. Část nástroje byla vyvinuta pomocí programovací aplikace část byla pro účely diplomové práce navržena pouze teoreticky.

## **Annotation**

This master thesis deals with the design of methodology and development of a tool for efficiency improvement of logistics of construction products on construction site using BIM. The aim was to devise a comprehensive methodology and come up with a simple way to monitor the logistics process of construction products and materials. Part of the tool was developed using the programming application part was designed for the purpose of the thesis only theoretically.

## **Klíčová slova**

BIM, logistika, stavební materiál, staveniště, čárový kód

## **Key words**

BIM, logistics, building materiál, construction site, barcode

## Obsah

Úvod.....	11
1 Teoretická část: .....	12
1.1 Problematika BIM.....	12
1.1.1 Úvod do problematiky .....	12
1.1.2 Projektová dokumentace.....	13
1.1.2.1 Vícerozměrné modelování.....	14
1.1.3 Implementace BIM do zákonů státní správy .....	16
1.1.3.1 Implementace BIM v ČR.....	16
1.1.3.1.1 Normy a technické standardy .....	18
1.1.3.1.2 Pilotní projekty .....	18
1.1.3.1.3 Vzdělávání .....	19
1.1.3.1.4 Závěr .....	19
1.1.3.2 Implementace BIM v zahraničí.....	19
1.1.3.2.1 Norsko.....	20
1.1.3.2.2 Finsko.....	20
1.1.3.2.3 Nizozemsko .....	21
1.1.3.2.4 Spojené království Velké Británie a Irska .....	21
1.1.3.2.5 Francie .....	21
1.1.3.2.6 Německo .....	21
1.1.3.2.7 Dánsko .....	21
1.2 Technologie na trhu .....	22
1.2.1 Radio-frequency identification RFID.....	22
1.2.1.1 Operační frekvence .....	23
1.2.1.1.1 Nízká frekvence .....	23
1.2.1.1.2 Vysoká frekvence .....	23
1.2.1.1.3 Ultra vysoká frekvence .....	23
1.2.1.1.4 Mikrovlnná frekvence.....	23
1.2.1.2 Funkce a pravidla komunikace .....	24
1.2.1.3 Typy a funkce štítků .....	25
1.2.1.4 Čtečka .....	27

1.2.1.5	Limitace technologie RFID .....	27
1.2.1.5.1	Cena .....	27
1.2.1.5.2	Rušení .....	27
1.2.1.6	Využití RFID ve stavebnictví .....	28
1.2.1.7	Zhodnocení využitelnosti technologie RFID .....	28
1.2.2	Čárový kód .....	29
1.2.2.1	Konstrukce čárových kódů .....	29
1.2.2.2	Druhy čárových kódů.....	30
1.2.2.2.1	<i>Jednorozměrný čárový kód</i> .....	31
1.2.2.2.2	Dvourozměrný čárový kód .....	31
1.2.2.3	Základní skupiny čárových kódů.....	31
1.2.2.3.1	Kódy skupiny 2/5.....	32
1.2.2.3.2	Kód skupiny Code 39 .....	32
1.2.2.3.3	Kódy skupiny Code 93 .....	32
1.2.2.3.4	Code 128 .....	33
1.2.2.3.5	Kód EAN .....	33
1.2.2.4	Metody snímání a pořizování čárových kódů.....	33
1.2.2.4.1	Bubnové tiskárny .....	34
1.2.2.4.2	Jehličkové tiskárny .....	34
1.2.2.4.3	Laserové tiskárny .....	35
1.2.2.4.4	Termotiskárny .....	36
1.2.2.5	Využitelnost technologie ve stavebnictví .....	36
1.3	Existující programy a aplikace na trhu .....	36
1.3.1	SiteSense Web API.....	37
1.3.1.1	Výhody.....	37
1.3.1.2	Nevýhody.....	37
1.3.1.3	Zhodnocení využitelnosti v našich podmínkách.....	38
1.3.2	Autodesk Tag and Track workflow .....	38
1.3.2.1	Výhody.....	39
1.3.2.2	Nevýhody.....	39
1.3.2.3	Zhodnocení využitelnosti v našich podmínkách.....	40
2	Praktická část .....	41



2.1	Návrh metodiky logistiky stavebních výrobků od výroby až po spotřebu materiálu na staveništi.....	41
2.1.1	Obecný popis metodiky .....	41
2.1.1.1	Obecné požadavky ze strany projektanta.....	42
2.1.1.2	Obecné požadavky ze strany zhotovitele.....	42
2.1.1.3	Obecné požadavky dodavatele.....	42
2.1.2	Kontrolní body v průběhu procesu sledování materiálu.....	42
2.1.2.1	Objednání.....	43
2.1.2.2	Výroba .....	43
2.1.2.3	Skladování .....	43
2.1.2.3.1	Speciálně vyráběné prvky .....	43
2.1.2.3.2	Klasické materiály a výrobky .....	43
2.1.2.4	Expedice.....	43
2.1.2.4.1	Obecný průběh.....	44
2.1.2.5	Přebírka výrobků na staveništi.....	44
2.1.2.6	Skladování na staveništi.....	44
2.1.2.7	Sledování spotřeby materiálu a zabudování výrobků do stavby.....	44
2.1.2.7.1	Prvky vysledovatelné až po zabudování do konstrukce .....	44
2.1.2.7.2	Prvky nevysledovatelné až po zabudování do konstrukce.....	45
2.1.3	Určení rolí a odpovědností .....	45
2.1.4	Výběr sledovací technologie .....	45
2.1.4.1	Proces sledování pomocí technologie čárových kódů.....	46
2.1.4.1.1	Využití čárového kódu výrobce či vlastního čárového kódu.....	46
2.1.4.1.2	Využití vlastního čárového kódu i čárového kódu výrobce .....	46
2.1.4.2	Proces sledování pomocí technologie RFID.....	46
2.1.4.3	Proces sledování pomocí kombinace technologií.....	47
2.2	Návrh nástroje pro aplikaci části navržené metodiky .....	47
2.2.1	Funkce nástroje.....	47
2.2.1.1	Příprava projektových parametrů.....	48
2.2.1.2	Identifikace a vytvoření skládek přímo v modelu stavby .....	48
2.2.1.3	Import informací o materiálech z Excelu do modelu stavby.....	50

2.2.1.4	Výpočet skladovatelné plochy a porovnání s vkládaným množstvím.....	51
2.2.1.5	Vytvoření výkazů s aktuálními informacemi o materiálu na staveništi...	52
2.2.1.6	Vytvoření výkazu s přehledem ztratného materiálu .....	52
2.2.1.7	Zobrazení aktuálního stavu a aktualizace informací pomocí mobilní aplikace	53
2.2.2	Vývoj nástroje.....	53
2.2.2.1	Výběr způsobu provedení nástroje .....	54
2.2.2.2	Tvorba logiky nástroje .....	55
2.2.2.3	Vývoj jednotlivých Dynamo skriptů řídících procesy nástroje .....	56
2.2.2.3.1	Tvorba skládek.....	56
2.2.2.3.2	Import informací do modelu .....	59
2.2.2.3.3	Výkaz materiálů .....	68
2.2.2.3.4	Výkaz ztratného materiálu .....	70
2.2.2.3.5	Aktualizace informací v modelu.....	72
2.2.2.3.6	Aktualizace informací v excelovském souboru .....	73
2.2.2.3.7	Mobilní aplikace .....	75
2.2.3	Zhodnocení vytvořeného nástroje a aplikace .....	80
2.2.3.1	Výhody.....	80
2.2.3.2	Nevýhody .....	80
2.2.3.3	Limitace .....	80
2.3	Praktický příklad použití navržené metodiky v praxi .....	81
2.3.1.1	Použité softwary .....	81
2.3.1.2	Výběr praktického příkladu a popis vstupních parametrů projektu.....	81
2.3.1.3	Průběh metodiky na příkladu .....	82
2.3.1.3.1	Příprava informačního modelu budovy .....	82
2.3.1.3.2	Sběr dat .....	82
2.3.1.3.3	Příprava zařízení staveniště .....	82
2.3.1.3.4	Import vstupních informací .....	83
2.3.1.3.5	Proces sledování jednotlivých prvků od výroby až po doručení na staveniště	84
2.3.1.3.6	Improvizace s umístováním materiálů na skládku .....	85
2.3.1.3.7	Tvorba výkazu výměr .....	86
2.3.1.3.8	Postupné odebírání materiálů ze skládky.....	86

2.3.1.3.9	Zabudování do konstrukce.....	86
2.3.1.3.10	Analýza získaných dat.....	87
	Závěr .....	88
	Použitá literatura .....	89
	Přílohy .....	92
	Seznam použitých tabulek.....	92
	Seznam použitých obrázků .....	92
	Skript – Tvorba skládek .....	95
	Skript – Import informací .....	95
	Skript – Výkaz aktuálního množství materiálu na staveništi.....	95
	Skript – Výkaz ztratného materiálu .....	95
	Skript – Aktualizace informací v excelovském souboru.....	95

## Úvod

Téma této diplomové práce vzniklo na základě spolupráce se společností Hilti. Volbou tohoto tématu bych rád přinesl ucelený pohled na spravování, trackování a logistiku stavebního materiálu ve stavebním procesu od výroby až po zabudování do konstrukce či následné využitelnosti nabitých informací ve facility managementu. S tlakem na implementaci BIM do zákonů státní správy se toto téma stává velmi aktuálním.

V teoretické části diplomové práce jsem se zaměřil na uvedení čtenáře do BIM problematiky s důrazem na implementaci BIM do zákonů státní správy. Následně již navazuji existujícími technologiemi, doporučeními, programy a aplikacemi zabývajícími se touto problematikou.

Praktická část je opět rozdělena na více částí. V první části jsem představil svůj pohled na metodiku správy a logistiky stavebních materiálů od výroby až po zabudování do stavební konstrukce. Druhá část je zaměřena na tvorbu nástroje, který by mohl pomoci s vybranými kroky výše uvedené metodiky v této „přechodové“ době, kdy se v projekci střetává BIM projektování s klasickými již zavedenými způsoby projekce.

Závěrečná kapitola je určena ke končnému zhodnocení současného stavu na českých staveništích a doporučení, jakým směrem by se tato problematika měla vydat.

## 1 Teoretická část:

V této části mé diplomové práce se zaměřuji na uvedení čtenáře do problematiky BIM s důrazem na projekční činnost a již existující technologie, programy a aplikace. Na toto téma již bylo napsáno mnoho článků a publikací, ale se započítím implementace BIM do orgánů do zákonů státní správy dostala tato oblast nový rozměr, nové možnosti a nové problémy k řešení.

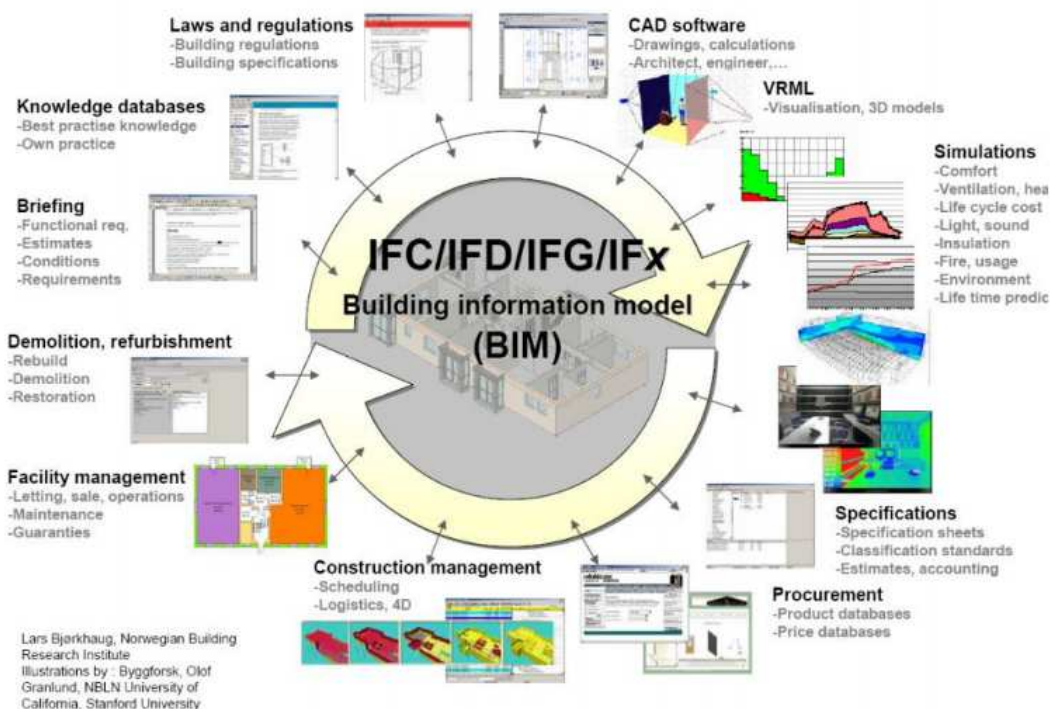
### 1.1 Problematika BIM

#### 1.1.1 Úvod do problematiky

BIM je zkratka z *Building information modeling*. Tento pojem se do češtiny nejčastěji překládá jako *Informační model budovy*. Jedná se o nástroj, který vede k sjednocení úrovně informací, zefektivnění práce s informacemi a tím pádem k odstranění zbytných procesů v průběhu celého životního cyklu stavby. [1] [2]

BIM není 3D modelování ani nástroj pro zavedení facility managementu. Přináší nový způsob vytváření, sdílení a využití informací. Základní princip je jednoduchý. Každý jeden prvek stavby je definován nejen svou geometrií, ale i informacemi, které mohou být využity po celou dobu životního cyklu stavby. Těmito informacemi mohou být například časové, finanční, rozměrové či polohové informace jednotlivých prvků. V současnosti nejsou tyto informace automatickou součástí každého projektu. Pokud ano, jedná se nejčastěji pouze o přílohy. Při použití procesů BIM je možné všechny tyto informace implementovat do jednoho modelu a vytvořit informační základ pro všechny zainteresované strany projektu. BIM je tedy nejen modelem stavby, ale jedná se i model procesů, které jsou nutné pro bezproblémový chod projektu. [1] [2]

Na obrázku č.1 můžeme vidět, kde a jak lze využít informace z BIM modelu. Ukazuje, na co všechno se dají tyto informace využít v průběhu celého životního cyklu budovy.



Obrázek 1 Kde všude je BIM [3]

### 1.1.2 Projektová dokumentace

Projektová dokumentace je nedílnou součástí každého stavebního projektu. S vývojem celého stavebnictví se vyvíjí i podoba projektové dokumentace. Z ručně vytvářené projektové dokumentace jsme přešli k informačním technologiím. To byl velký posun vpřed, zejména v rychlosti zpracování a možnosti zapracování změn do projektové dokumentace. Z dvojrozměrné dokumentace se pomalu přechází na trojrozměrnou dokumentaci. Tato změna není tak výrazná, jako přechod na informační technologie, ale dvojrozměrná interpretace trojrozměrných objektů vyžaduje velké množství různých interpretací. Všechny tyto interpretace jsou zhotoveny člověkem, takže hrozí vznik chyb vlivem lidského faktoru. S použitím trojrozměrného modelování odpadá nutnost vytváření všech interpretací jednotlivě. Všechny různé pohledy a řezy se exportují z 3D modelu. [1]

### 1.1.2.1 Vícerozměrné modelování

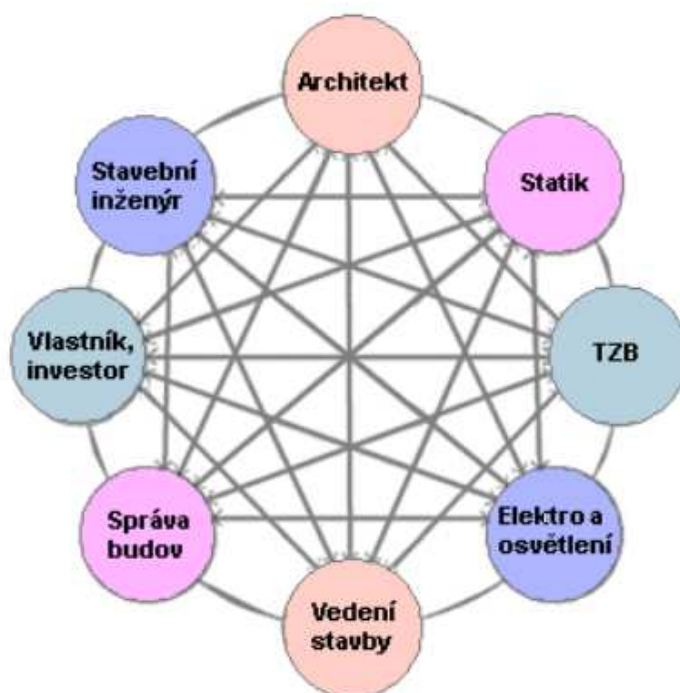
S nástupem BIM je spojováno vícerozměrné modelování. Trojrozměrné modelování bylo do příchodu BIM spojováno hlavně s vizualizacemi a návrhovou fází projektu. Myšlenka BIM přinesla nový impuls pro využití 3D modelování. Trojrozměrný model umožňuje řešit kolize v projektové dokumentaci. Tato vlastnost je využívána hlavně ke kontrole TZB rozvodů a mechanických součástí projektu. [1]

Čtvrtou dimenzí BIM projektu je čas. Etapizace či fázování výstavby. Jednotlivým stavebním prvkům je možné přiřadit časovou hodnotu. V praxi to znamená propojení 3D modelu s harmonogramem a jeho provázání s jednotlivými stavebními prvky. 4D tedy přináší snadnější řízení projektu zejména logistiku jednotlivých prvků. Tyto informace mohou být například jak dlouho probíhá instalace/konstrukce daného prvku. [1] [4]

Přiřazením peněžního parametru do jednotlivých stavebních prvků s časem vzniká 5D model. To umožňuje vytváření přesnějších podkladů, použitelných pro snadnější kontrolu průběhu výstavby. Tyto podklady mohou být vytvořeny kdykoliv v průběhu projektu a jsou tak vždy aktuální. Mezi výhody tohoto přístupu patří také možnost vidět náklady ve 3D a dostávat oznámení o provedených změnách. [1] [4]

Stavebnictví je tradičně zaměřeno na kapitál pro realizaci projektu. Pokud se zaměříme na výdaje v průběhu celého životního cyklu stavby, přichází na řadu 6D. Šestý rozměr modelu je zaměřen spíše na facility management než na dodavatele či realizační fázi projektu. Těmito daty mohou být informace o výrobcí komponenty, data o instalaci, výměně či optimálním nastavení. [4]

Obrázek č.2 ukazuje, jak probíhá komunikace mezi účastníky projektu při 2D, 3D komunikaci.



Obrázek 2 Komunikace při 2D, 3D dokumentaci [3]

Na obrázku č. 3 vidíme, jak přidání dalších dimenzí do projektu zjednodušuje komunikaci.



Obrázek 3 Při zapojení více dimenzí 4D, 5D, 6D [3]



### **1.1.3 Implementace BIM do zákonů státní správy**

Význam implementace metodiky BIM je srovnáván s Průmyslem 4.0 pro průmyslová odvětví. Podobá se revoluci, která se odehrála v devadesátých letech minulého století v odvětví výroby a která měla za výsledek výrazné zvýšení produktivity a výsledné kvality konečných výrobků. [5]

Implementace BIM do zákonů státní správy by mělo přinést efektivnější výstavbu a následnou správu budov, riziko překročení nákladů na projekt nižší a vyšší transparentnost využívání veřejných finančních prostředků. Toto všechno se, ale neobejde bez užší spolupráce všech zúčastněných stran. [5]

Evropská unie v roce 2014 vydala směrnici 2014/24/EU, o zadávání veřejných zakázek a tím umožnila zadavatelům v celé Evropské unii požadovat využití BIM při realizaci svého projektu. Tato skutečnost je v ČR umožněna zákonem č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek. [5]

#### **1.1.3.1 Implementace BIM v ČR**

BIM se stává univerzálním jazykem ve stavebnictví a předpokládá se, že BIM se stane běžným způsobem realizace zakázek ve světě. Pro udržení konkurenceschopnosti českého stavebnictví je potřeba na tento trend reagovat. [5]

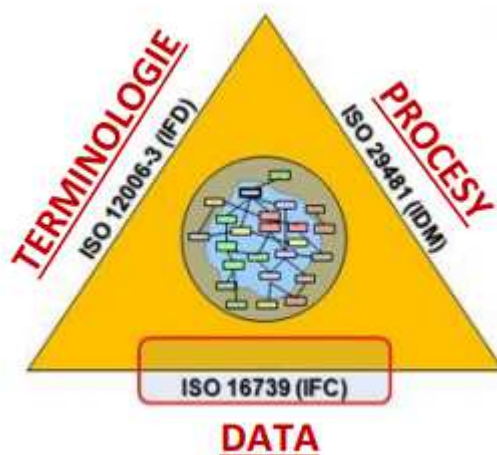
Metodiky BIM se v České republice začala probírat v roce 2011. V začátcích to bylo pouze o využití 3D modelování. O přidávání dat do modelů a následné výměně dat se zatím příliš neuvažovalo. Větší posun nastal v roce 2016, kdy vláda schválila materiál „Význam metody BIM pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení“. Gestorem pro zavádění BIM do praxe vláda jmenovala Ministerstvo průmyslu a obchodu. Dokument Koncepce zavádění metody BIM v České republice byl schválen vládou dne 13. 10. 2017. Následně byla vytvořena Pracovní skupina pro zavádění metody BIM. V tabulce č. 1 je uvedena časová osa, která byla určena pro zavedení metody BIM v ČR. [5] [6]

<b>Datum zpracování</b>	<b>Úkol</b>
II. 2017	Koncepce zavádění metody BIM v ČR schválena vládou ČR usnesením č. 682 z 25.9.2017
I.2018	Start činnosti odboru Koncepce BIM
II. 2018	Vyhlášení IFC formátu jako celostátně podporovaného pro BIM model
I.2019	Vytvoření standardu rozsahu LOI a LOD pro fáze tvorby dokumentace stavby
II. 2019	Vytvoření databáze pro požadované vlastnosti stavebních výrobků
I.2020	Tvorba standardizované metodiky použití BIM v organizacích
II. 2020	Vytvoření metodiky BIM pro postup při zadávání veřejných zakázek
2021	Promítnutí změn související legislativy v rámci zavádění metody BIM
2022	Uložení povinnosti použití BIM pro nadlimitní veřejné zakázky na stavební práce

*Tabulka 1: Časový plán pro zavedení metody BIM v ČR [6]*

### 1.1.3.1.1 Normy a technické standardy

Pro správné fungování metody BIM je potřeba zavést obecná pravidla vymezená obecně závaznými právními předpisy, technickými normami a jinými referenčními dokumenty. Technické normy pro BIM vznikají na základě buildingSMART, organizace ISO a organizace CEN. České technické normy (ČSN) jsou vytvářeny Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), kde v roce 2016 vznikla technická komise TNK 152 „Organizace informací o stavbách a informační modelování staveb (BIM)“. Pomocí technických norem je třeba vyřešit zejména tři hlavní oblasti, a to zejména terminologie, procesy a data (viz. obrázek č. 3). [5]



Obrázek 4 Hlavní oblasti technologických norem [5]

### 1.1.3.1.2 Pilotní projekty

Při implementaci BIM metody jsou pilotní projekty klíčovou aktivitou, jak zjistit připravenost trhu a otestovat určité procesy. Je potřeba s nimi začít v rané části implementace, protože rizika spojené se zahájením pilotního projektu dříve než je dopracována legislativa a metodika, jsou převážně získanými praktickými zkušenostmi a poučení z nich. [5]

Důležité je správně vytipovat pilotní projekty a fáze, ve kterých lze testovat metodu BIM. Další velmi důležitou částí před započítím pilotních projektů je připravit vzorové smluvní a provozní dokumenty. Po skončení vyhodnocení pilotních projektů proběhne aktualizace standardů na základě získaných poznatků. [5]

### 1.1.3.1.3 Vzdělávání

Implementace metody BIM ve fázi vzdělávání lze rozdělit do dvou základních kategorií.

- Současné pracovníky, kteří budou účastníky změny a měli by projít procesem change managementu. [5]
- Nové pracovníky, kteří by měli být připraveni během svých studií (střední školy, vyšší odborné školy a vysoké školy). [5]

Pro správnou implementaci je potřeba:

- Zavést systém vzdělávání pracovníků státní správy a samosprávy. Připravit je na změny jejich pracovních postupů v souvislosti s implementací metody BIM. [5]
- Zavést systém vzdělávání na středních, vyšších odborných a vysokých škol, nabídnout systém sdílení zkušeností a vytváření akreditovaných studijních oborů. [5]
- Zavést systém vzdělávání dodavatelského řetězce v problematice BIM. [5]

### 1.1.3.1.4 Závěr

Na závěr se dá říci, že implementace BIM v České republice má před sebou ještě dlouhou cestu. Je potřeba se inspirovat od zemí, kde je implementace v pokročilejším stádiu, přizpůsobit nabyté znalosti na české prostředí a poučit se z jejich chyb. První velký milník v implementaci BIM v ČR přijde v roce 2022, kdy je naplánováno spuštění povinného využití metody BIM u nadlimitních veřejných zakázek.

### 1.1.3.2 Implementace BIM v zahraničí

Implementace metody BIM není jen otázkou České republiky. Toto téma je aktuální v celé Evropě. Objevují se různé přístupy k implementaci metody BIM. Někde se zaměřují na správu veřejného majetku, jinde se soustředí na tvorbu technické legislativy. [5]

Následující obrázek č. 5 ukazuje země, které se podílejí na tvorbě technické normalizace v rámci mezinárodní komise ISO/TC59/SC13. Členové ISO jsou

vyznačeny modře, žlutě pak pozorovatelé této situace. Zároveň zde můžeme vidět státy, které mají již zavedenou povinnost využití této metody. Uvedený datum je termínem zavedení povinného používání metody BIM. [5]



*Obrázek 5 Mapa zemí zavádějících metodu BIM [5]*

#### **1.1.3.2.1 Norsko**

Norsko je jednou ze zemí, která již má ve svých požadavcích zpracování BIM modelu při zpracování veřejných zakázek. Hlavním impulsem pro zavedení této povinnosti byla správa budov. Norsku se také daří implementovat BIM i v privátním sektoru, a to dokonce i u menších projektů. Tato země se také velice aktivně zapojuje do definice IFC a vytvoření norem pro IFC. V Norsku je použití metody BIM povinné pouze v projekční části procesu. [7]

#### **1.1.3.2.2 Finsko**

Ve Finsku byla jedním z hlavních důvodů implementace metody BIM opět správa budov. Finsko byla jedna z prvních zemí, která začala s používáním metody BIM, a to již v roce 2007. [7]

#### **1.1.3.2.3 Nizozemsko**

Nizozemsko zavedlo povinné užívání metody BIM pro zakázky nad 10 mil. €. Nizozemsko přistupuje k výměně informací trochu jiným způsobem. Místo vytváření jedné databáze se soustředí na již existující databáze a pracuje na překládání a mapování jednotlivých databází mezi sebou. [7]

#### **1.1.3.2.4 Spojené království Velké Británie a Irska**

UK zavedlo povinné použití metody BIM od roku 2016. UK se snaží začlenit BIM do celkové strategie rozvoje stavebnictví. BIM není řešen jako samostatná kategorie, ale v návaznosti na ostatní záměry. Opět se začalo u veřejných zakázek. Hlavním důvodem je myšlenka, že veřejný sektor bude lepším zákazníkem. [7]

#### **1.1.3.2.5 Francie**

Francie řeší právní otázku implementace metody BIM. Řeší otázky jako vlastnictví a autorská práva dat, správa osobních údajů a odpovědnost jednotlivých účastníků procesu. [7]

#### **1.1.3.2.6 Německo**

Německo má za cíl digitalizaci přípravy a realizace staveb. Veřejný sektor by měl jít jako správným příkladem spolupráce, standardizace jednotlivých procesů. Mezi hlavní priority patří zvýšení přesnosti určení výše nákladů a optimalizace celého životního cyklu. [7]

#### **1.1.3.2.7 Dánsko**

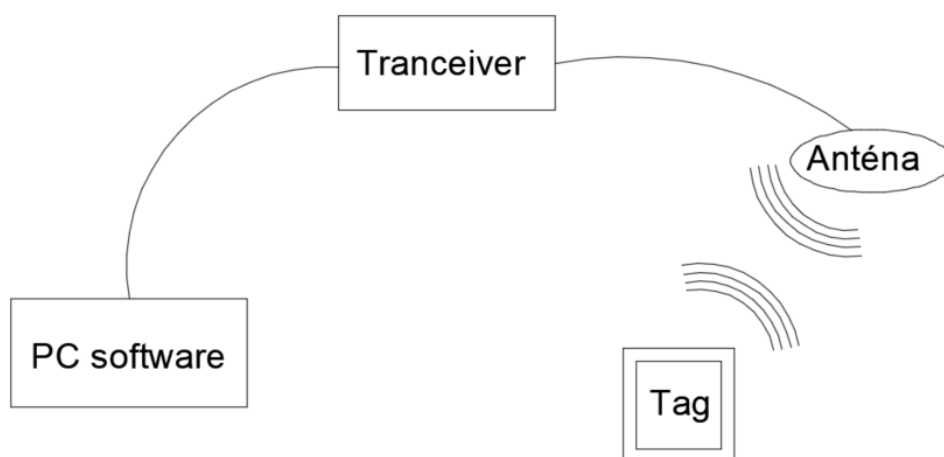
Dánsko se zaměřuje na elektronizaci celého procesu přípravy, návrhu, realizace a provozu stavby. Stejně jako většina ostatních zemí zavedlo Dánsko povinnost použití metody BIM u veřejných zakázek. [7]

## 1.2 Technologie na trhu

Na trhu existuje mnoho různorodých technologií. V této části rozeberu jednotlivé typy technologií, určím jejich silné a slabé stránky, a nakonec zhodnotím jejich přínos stavebnímu průmyslu.

### 1.2.1 Radio-frequency identification RFID

Technologie RFID využívá elektromagnetické vlny k bezkontaktní identifikaci prvků. Hlavním přínosem této technologie je celková automatizace identifikace prvků, snížení vlivu lidského faktoru a přesnější kontrola kvality. Na obrázku č.1 můžeme vidět základní schéma systému RFID. [8]



Obrázek 6 Základní schéma RFID

Systém RFID se skládá se z transceiveru (čtečky) připojeného k anténě a sady transpondérů nebo-li štítků, ve kterých jsou uloženy informace. Anténa zajišťuje komunikaci mezi transceiverem a transpondéry. V závislosti na vzdálenosti mezi vysílačem a přijímačem existují různé druhy antén a štítků. [8]

### **1.2.1.1 Operační frekvence**

Radiofrekvenční identifikace pracuje na čtyřech základních operačních frekvencích.

#### **1.2.1.1.1 Nízká frekvence**

Se označuje jako LF (Low Frequency). Nízkofrekvenční štítky pracují v rozpětí 125 – 150 kHz. Při použití LF nejsou štítky ovlivněny materiálovým rušením. Nevýhodami této frekvence jsou krátká čtecí vzdálenost, malá zapisovací paměť a limitovaná anti-kolizní schopnost. [9]

#### **1.2.1.1.2 Vysoká frekvence**

Je označována jako HF (High Frequency). Tyto štítky pracují na frekvenci 13.56 MHz. Dosah HF štítků je až do vzdálenosti 2 metrů. V porovnání s LF štítky mají HF štítky problém s materiálovým rušením, a to konkrétně s kovem. [9]

#### **1.2.1.1.3 Ultra vysoká frekvence**

Označována jako UHF (Ultra High frequency). UHF štítky využívají frekvenci 433 – 928 MHz. Štítky pracující na této frekvenci mají velmi propracovaný anti-kolizní systém umožňující simultánní načítání většího množství štítků. V dnešní době se jedná o nejpoužívanější pásmo v radiofrekvenční identifikaci, mají však podstatnou nevýhodu. UHF štítky jsou omezovány materiálovým rušením. Nepracují ideálně v blízkosti vody a kovů. [9]

#### **1.2.1.1.4 Mikrovlnná frekvence**

Označuje se jako SHF (Super High Frequency). Tyto štítky využívají frekvenci od 2,8 GHz do 5,8 GHz. Tato frekvence je dostupná pro všechny typy štítků. SHF štítky mají dosah až do 100 metrů. Tyto štítky jsou imunní vůči materiálovému rušení, ale může docházet k frekvenčnímu rušení. [9]



V tabulce č.2 najdeme přehled operačních frekvencí s rozsahem, čtecí vzdáleností a příklady použití.

<b>Operační pásma</b>	<b>Typ frekvence</b>	<b>Vzdálenost [m]</b>	<b>Příklad použití</b>
125 – 150 kHz	Nízká frekvence	< 2 m	Zemědělství
13,560 MHz	Vysoká frekvence	< 0.2 m	Přístupové čipy (security kontrola)
433 – 928 MHz	Ultra vysoká frekvence	< 100 m	Logistika
2,45 – 5,8 GHz	Mikrovlnná frekvence	< 1 m	Mýtné pro mobilní vozidla

*Tabulka 2 typy operačních pásem RFID [8]*

### 1.2.1.2 Funkce a pravidla komunikace

Nezisková organizace EPC Global zavedla takzvané třídy RFID štítků.

<b>Třída štítku</b>	<b>Popis</b>
Class 5	Class 4 + schopnost komunikace s pasivními štítky
Class 4	Class 3 + aktivní komunikace
Class 3	Class 2 + zdroj energie
Class 2	Zapisování, čtení
Class 1	Jeden zápis, čtení
Class 0	Pouze čtení

*Tabulka 3 Třídy štítků dle EPC Global [10]*

Klasifikačními hledisky jsou zdroj energie, kapacita paměti a schopnost komunikace.

Pravidla komunikace tedy takzvané protokoly, které jsou důležité pro komunikace mezi štítkem a čtečkou, můžeme rozdělit na otevřené a proprietární. Otevřené protokoly jsou připravovány normalizačními orgány, zatímco proprietární jsou vyvíjeny konkrétními výrobci pro konkrétní použití. [11]

### 1.2.1.3 Typy a funkce štítků

Jak již bylo zmíněno výše, informace vyměňované systémem RFID jsou uloženy na takzvaných štítkách. Rozsah činnosti systému je ovlivněn typem štítků připevněných k objektům.



Obrázek 7 Příklad RFID štítku [12]

První část je integrovaný obvod, který ukládá a zpracovává informace, moduluje signál a popřípadě shromažďuje energii z transceiveru. [11]

Největší částí štítku je anténa pro příjem a vysílání signálu. Spojení integrovaného obvodu a antény je nejcitlivějším místem štítku. Na trhu existuje více typů antén, ale mezi nejpoužívanější patří síťotisk a lisování fólií. [11]

O ochranu hlavních komponent štítku se stará kryt, který je vyroben z pravidla z polypropylenu, polyacetátu nebo jiného odolného materiálu. Touto ochranou se výrazně zvýší životnost štítku. Dlouhou životnost vyžadují štítky s opakovaným použitím, ale i štítky, které jsou používány v extrémních podmínkách. Extrémními faktory mohou být velmi vysoká či naopak velmi nízká teplota, zvýšená vlhkost). [11]

Nosným médiem štítku je podklad. Tento podklad by měl splňovat určité parametry. Měl by být pružný, tenký a schopný odolávat podmínkám okolního prostředí po celou dobu své životnosti. Běžně je vyroben z FR-4, PVC či PET. [11]

Posledním komponentem štítku je kryt, který chrání citlivé komponenty štítku před vnějšími vlivy a tím pádem výrazně zvyšuje životnost štítku. Nejčastějším materiálem je polypropylen. [11]

V současné době rozlišujeme tři typy těchto štítků:

- Aktivní
- Pasivní
- Polo-pasivní

Aktivní štítky mají svou vlastní baterii a vysílač. Tato baterie sice není dobíjecí, ale její životnost může činit i několik let. Pokud se kapacita baterie blíží ke konci, vyše štítek signál a upozorní tak na nízký stav baterie. Bezproblémově je lze využít až na vzdálenost 100 m, ale záleží na kvalitě baterie a vysílače. Aktivní štítky mají největší kapacitu paměti. Jejich nevýhodou je složitost, výrazně vyšší cena a skutečnost, že díky vlastnímu vysílači přispívají rádiovému šumu. [13]

Pasivní štítky na rozdíl od aktivních nemají svoji vlastní baterii. Při použití pasivních štítků vysílač v pravidelných intervalech vysílá elektromagnetické impulsy. Pasivní štítky v dosahu využijí tuto přijímanou energii k nabití a odešlou své informace zpět. Dosah těchto štítků je ale velmi omezený a to 15 metrů. Pokud pasivní štítek nepřijímá žádný signál, je neaktivní a tím pádem nepřispívá k rádiovému šumu. Pasivní štítky jsou nejlevnější variantou, ale jedná se o spotřební zboží, protože se dají použít jen jednou. [13]

Polo-pasivní štítky disponují svojí vlastní baterií. Na rozdíl od aktivních štítků nemají svůj vlastní vysílač, takže stejně jako pasivní štítky nepřispívají rádiovému šumu. Naopak v porovnání s pasivními štítky mají tyto štítky větší zapisovací paměť a větší čtecí vzdálenost a to až 50 m. Polo-pasivní čipy musí být zapnuty signálem. Tyto štítky jsou dražší a větší než pasivní štítky, ale velikost závisí na typu baterie. [13]

#### 1.2.1.4 Čtečka

Čtečka slouží ke komunikaci se štítky, které vstoupí do jejího kontrolovaného prostoru. Stará se o čtení/zápis informací z a do daných štítků a následné předání informací dále do systému. Dalším úkolem čtečky je napájení pasivních a polo-pasivních štítků. [14]



*Obrázek 8 Příklad čtecího zařízení [15]*

Důležitým atributem čteček je metrika. Metrika určuje maximální počet štítků, který daná čtečka dokáže zpracovat za jednu vteřinu. Čtečku pro svoje účely vybíráme na základě následujících atributů: zdroj energie, komunikační rozhraní, mobilita, frekvenční spektrum a protokol kódování dat. [11] [14]

#### 1.2.1.5 Limitace technologie RFID

##### 1.2.1.5.1 Cena

I přes klesající trend je stále největší nevýhodou cena RFID technologie. Cena štítků se pohybuje od 3 Kč až zhruba ke 600 Kč. Záleží na čtecím dosahu a paměti daného štítku. Čtečky se pohybují mezi 10 000 Kč až 100 000 Kč za kus. Opět v závislosti na funkcích a charakteristikách výrobku. Za fixní náklady můžeme považovat pořízení IT struktury a čteček, avšak cena štítků je velice variabilní. Záleží na množství sledovaného materiálu, podmínkách použití a velikosti prostoru.

##### 1.2.1.5.2 Rušení

Dalším podstatným omezením RFID technologie je rušení. V současné době rozlišujeme materiálové a frekvenční rušení.

Nejčastějším typem rušení je rušení materiálové. Elektromagnetické vlny, na kterých je tato technologie založena projde většinou materiálu. Existují materiály, kterými elektromagnetické vlny neprojdou. Mezi tyto materiály patří hlavně kovy a

kapaliny. Kovy tyto vlny reflektují a v nejhorším případě mohou tyto odrazy vytvořit slepé zóny ve čtecím poli. Při skutečnosti, že je kov běžným materiálem na současných staveništích, může tato vlastnost představovat velká omezení. Existují sice štítky, které jsou určeny speciálně pro kovy, ale to nás vrací zpět k vysoké ceně, protože cena takovýchto štítků může být i desetinásobná. Na druhé straně kapaliny elektromagnetický signál pohlcují. Štítek pohlcenou energii postrádá a není schopen vyslat odpověď zpět čteče. [11] [13]

Druhým typem rušení je frekvenční rušení. To nastává, pokud se střetává systém RFID s jinými bezdrátovými systémy (WPAN, Wifi, WPAN, Bluetooth). K tomuto dochází, pokud se používají stejná kmitočtová pásma, nebo pokud tyto pásma k sobě těsně přiléhají. V prostředí, kde se používá velké množství čteček je potřeba nastavit intervaly jednotlivých čteček tak, aby se navzájem nerušily. [11]

#### **1.2.1.6 Využití RFID ve stavebnictví**

Příklady použití RFID na staveništi. Radiofrekvenční identifikace má na staveništi mnoho způsobů využití. Ve velkém množství se používá na sledování strojů na staveništi. Pracovník nahraje čip ze stroje vždy, když si daný stroj bere ze skladu a vždy, když stroj vrací zpět na místo, tak je možné sledovat využitelnost, stav, ale například i zabránit ztrátě stroje. Pokud se daný stroj nevrátí zpět na místo, tak má zaměstnavatel možnost zjistit, jaký pracovník s ním pracoval jako poslední a zda ho vrátil zpět na místo či nikoliv. [16]

Dalším způsobem využitelnosti této technologie na staveništi je bezpečnost pracovníků. Pomocí čipů umístěných přímo na pracovníkovi lze zabránit jeho vstupu do nebezpečných zón, ale i do míst staveniště, kam by neměl mít přístup. Vždy, když pracovník vstoupí na „nebezpečné“ území, nejbližší čtečka přečte jeho čip a upozorní ho, že je v nebezpečném či zakázaném prostoru. [16]

Pro sledování materiálu na staveništi se používá RFID v kombinaci s GPS (Global Positioning System). Tato kombinace umožňuje výměnu informací spojenou s přesnou polohou materiálu na stavbě. [16]

#### **1.2.1.7 Zhodnocení využitelnosti technologie RFID**

RFID technologie je plně automatizovaný proces identifikace materiálu a to patří mezi největší přínosy. Dalšími výhodami jsou jednoznačně vysoká rychlost

komunikace, odolnost vůči znečištění a komunikace bez vizuálního kontaktu. Tato technologie má jistě ve stavebnictví svou budoucnost. V dnešní době se tato technologie již vyplatí použít u velkých projektů, kde vyšší cenu a složitost technologie převáží náklady spojené se ztrátou, překládkou či zpožděním materiálu.

## 1.2.2 Čárový kód

Nejlevnější a nejrozšířenější technologií automatické identifikace napříč všemi obory jsou čárové kódy. Řadí se mezi optické technologie, protože fungují na základě rozdílných vlastností tmavých a světlých ploch při ozáření čtecím zařízením. [17]

### 1.2.2.1 Konstrukce čárových kódů

Čárové kódy se skládají z čar a mezer. Na první pohled se může zdát, že jsou všechny stejné nebo že nemůže existovat tolik různých variant, aby to pokrylo celosvětovou potřebu identifikace. Jednotlivé druhy kódování mají svá specifická pravidla, jak jsou k sobě přiřazovány čáry, mezery a jejich tloušťky. Kódování probíhá pomocí kódovacích tabulek. Na obrázku č. 16 je vyobrazen příklad kódovací tabulky. [17]

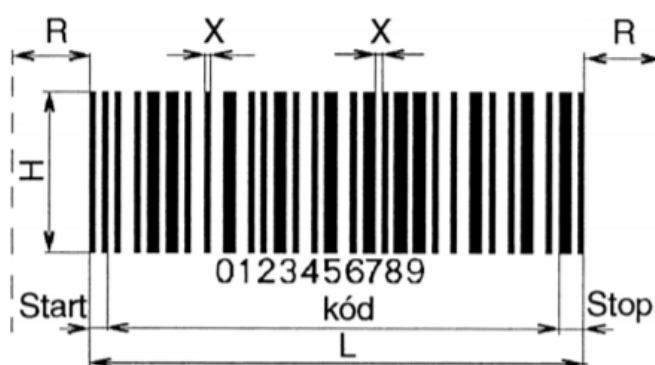
Znak	C1	C2	C3	C4	C5
0	0	0	1	1	0
1	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1
3	1	1	0	0	0
4	0	0	1	0	1
5	1	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0
7	0	0	0	1	1
8	1	0	0	1	0
9	0	1	0	1	0
Start	1	1	0		
Stop	1	0	1		

Obrázek 9 Příklad kódovací tabulky [17]

Legenda tabulky:

- Znak C1-C5 představuje čáry 1-5
- 1 - široká čára
- 0 – úzká čára

Čárové kódy mají své parametry. Základními parametry jsou šířka, výška, délka, start, stop atd. Podle znaků start, stop a dělicího znaku se dají rozeznat určité typy čárových kódů. Tyto znaky se totiž u jednotlivých druhů čárových kódů liší. Před a za každým čárovým kódem musí být světlé pásmo. Světlé pásmo slouží čtecímu zařízení ke snadnému rozpoznání startovacího a ukončovacího znaku. Do světlého pásma se nesmí umísťovat žádný text ani jiné objekty. Na následujícím obrázku jsou vyznačeny všechny tyto základní parametry. [17]



Obrázek 10 Čárový kód s vyznačenými parametry [17]

Legenda obrázku:

- $X$  - šířka modulu (nejužší element kódu)
- $R$  - světlé pásmo (Pásmo je 10x širší než šířka modulu, minimálně však 2,5 mm.)
- $H$  - výška čárového kódu
- $L$  - délka kódu
- Kód - kódovaný řetězec
- Start - Startovací znak
- Stop - Ukončovací znak

### 1.2.2.2 Druhy čárových kódů

Existuje spousta druhů čárových kódů, každý z nich je určen pro jiné využití a kóduje jiný druh informace. Obecně je rozdělujeme na jednodimenzionální (1D) a dvoudimenzionální (2D). [18]

### 1.2.2.2.1 Jednorozměrný čárový kód

Jednorozměrné (1D) čárové kódy, také označované jako lineární, mají omezenou kapacitu. Tento typ čárového kódu se používá pro numerický či alfanumerický řetězec a odkazuje tak na externí databázi, ve které se identifikovaný předmět nachází. [18]



Obrázek 11 Příklad 1D čárového kódu [19]

### 1.2.2.2.2 Dvourozměrný čárový kód

Dvourozměrné (2D) čárové kódy se postupně vyvinuly z 1D čárových kódů. 2D čárové kódy se skládají i z jiných obrazců než jen čáry. Dvoudimenzionální čárové kódy jsou stále označovány jako čárové kódy, i když se sestávají z čtverců, šestiúhelníků či bodů. Konstrukce 2D čárových kódů umožňuje vložit větší množství informací než v případě 1D čárových kódů. Informacemi uloženými v jednom 2D kódu mohou být například textová zpráva či odkaz na webové stránky. [18] [20]



Obrázek 12 Příklad 2D čárového kódu

### 1.2.2.3 Základní skupiny čárových kódů

Dále se čárové kódy dělí do šesti základních skupin. Tyto skupiny se rozlišují typem kódované informace (numerické, alfanumerické či speciální znaky). Dalším rozlišujícím parametrem je délka kódu (stálá, proměnná). Níže uvedené skupiny představují nejčastěji vyskytované.



### 1.2.2.3.1 Kódy skupiny 2/5

Do této skupiny spadají kódy 2/5 Industrial, 2/5 IATA, 2/5 Interleaved, 2/5 Matrix, Datalogic. Toto kódování se používá především pro interní aplikace. Dají se pomocí něj kódovat číslice 0 až 9. [18]



*Obrázek 13 Příklad kódu 2/5 Interleaved [18]*

### 1.2.2.3.2 Kód skupiny Code 39

Zde nalezneme Code 39 Standard a Code 39 Full ASCII. Tyto kódy se používají v automobilovém průmyslu, zdravotnictví a další odvětvích průmyslu a obchodu. Je prvním alfanumerickým kódováním a dokáže kódovat číslice 0 až 9, písmena A až Z a 7 speciálních znaků, každý z těchto znaků se skládá z pěti čar a čtyř mezer. Největší nevýhodou tohoto kódování je nízká hustota kódu. [18]



*Obrázek 14 Příklad Code 39 [18]*

### 1.2.2.3.3 Kódy skupiny Code 93

Tuto skupinu tvoří Code 93 a Code 93 Full ASCII. Code 93 je navržen na základě Code 39. Code 93 má větší hustotu kódu a tím se stává vhodnějším pro menší objekty. Pomocí tohoto kódování můžeme vložit 48 různých znaků. [21]



*Obrázek 15 Příklad Code 93 [21]*

#### 1.2.2.3.4 Code 128

Patří mezi volně použitelné čárové kódy alfanumerické data. Umožňuje kódovat 128 ASCII znaků a 11 speciálních znaků. Jednotlivé znaky jsou tvořeny 11 moduly čáry nebo mezery. [18]



*Obrázek 16 Příklad Code 128 [18]*

#### 1.2.2.3.5 Kód EAN

Do této skupiny patří kódy EAN 13, EAN 8 a dodatkové kódy EAN. Toto kódování je nejčastěji používaný pro zboží prodávané v obchodní síti, dokáže kódovat číslice 0 až 9. Každá číslice je kódována dvěma čarami a dvěma mezerami. V případě EAN 8 můžeme kódovat 8 číslic a v případě EAN 13 je to 13 číslic. První dvě či tři číslice označují zemi původu výrobku (ČR má číslo 859). Následující číslice označují výrobce, typ výrobku a poslední slouží pro kontrolu dekodování. [18]



*Obrázek 17 Příklad čárového kódu EAN 13 a EAN 8 [18]*

#### 1.2.2.4 Metody snímání a pořizování čárových kódů

Ke snímání čárových kódů se používají různé typy čteček. Jejich úkolem je přečíst informaci z čárového kódu a přenést ji do počítače či pokladny.

Dělí se podle principu snímání:

- Laserové
- Digitální

Dle účelu použití:

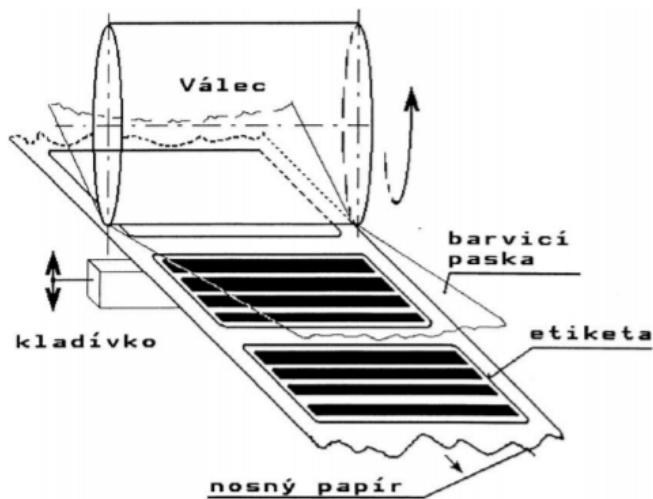
- Kancelář, zdravotnictví, maloobchod
- Lehký průmysl a logistika
- Průmysl

Pro správný výběr snímače je nutné si uvědomit, v jakém prostředí se bude čtečka používat pro jaké typy kódů.

Čárové kódy jsou pořizovány různými technologiemi. Přesný tisk je důležitým faktorem pro správně fungování čárového kódu. Při výběru vhodné metody je třeba zvážit hustotu kódu způsob použití (součást obalu / samostatná etiketa) a požadovanou životnost čárového kódu. [17]

#### 1.2.2.4.1 Bubnové tiskárny

Jeden z nejstarších typů tiskáren, který pomalu ustupuje moderním technologiím. Kladívka narážejí na tiskový buben a tímto způsobem se daný znak či čárka přenesou na papír. Výhodou tohoto typu tiskárny je tisk ve vysoké kvalitě, který je vhodný i pro vysokou hustotu kódu. Nevýhodou je malá flexibilita použití. [17]

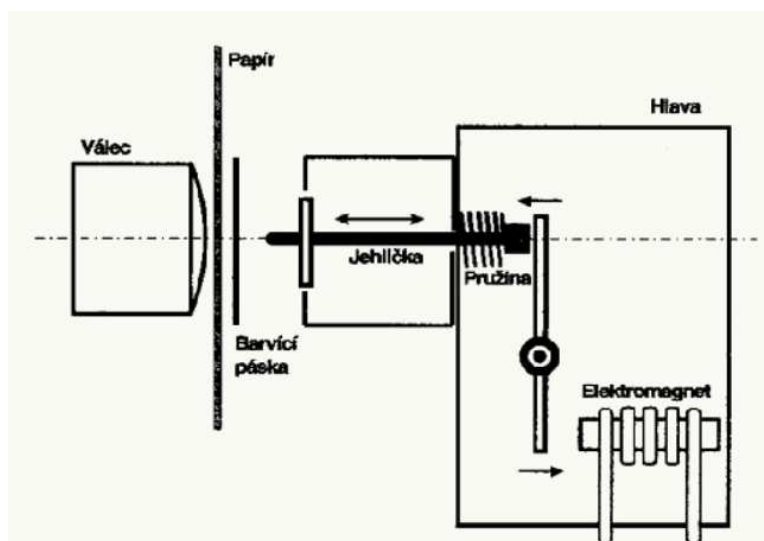


Obrázek 18 Schéma bubnové tiskárny [17]

#### 1.2.2.4.2 Jehličkové tiskárny

O tisk tohoto typu tiskárny se stará tisková hlava posázená jehličkami a barvicí páskou. Jehličky narážejí do barvicí pásky a tím dochází k tisku. Někdy se barvivo dostává do mezer čárového kódu a tím rozšíří čárky. Těmito nepřesnostmi se čárové

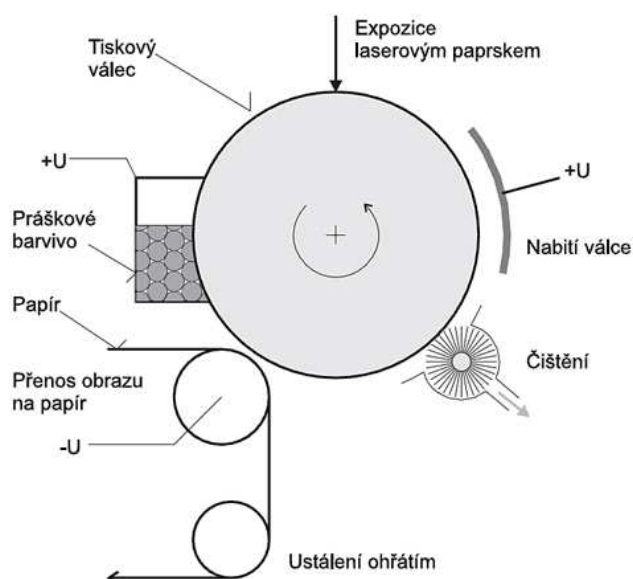
kódy mohou stát nečitelnými. Výhodou této tiskárny je vysoká flexibilita a nízká cena. Nevýhodou nízká obrysová ostrost, malá rychlost a složitost programování. [17]



Obrázek 19 Schéma jehličkové tiskárny [22]

#### 1.2.2.4.3 Laserové tiskárny

Nabíjecí jednotka nabije rotující selenový fotocitlivý válec, na jehož povrch směřuje po řádcích laserový paprsek pomocí otočného zrcadla. Elektrický náboj se vybíjí při dopadu laserového paprsku. Tonerový prášek se nanáší na vybitá místa a následně na papír. Následně se pomocí teploty a tlaku obraz na papíře stabilizuje a stane se nesmazatelný. Výhodami jsou rychlost, kvalita a nízké náklady na provoz.



Obrázek 20 Schéma laserové tiskárny [23]

#### 1.2.2.4.4 Termotiskárny

Tímto typem tiskárny jsou etikety možné tisknout např. jako etikety v rolích či skládacích pásech. Tisková hlava se ohřívá a ochlazuje. Teplo citlivý papír zčerná na místě, kde se ho dotkne teplá tisková hlava. Výhodou tohoto typu tiskárny je kvalita tisku, není potřebná barvicí páska a použití termo papíru. Nevýhodou je tepelná nestabilita a neschopnost tisknout čárové kódy s vysokou hustotou. [17]



Obrázek 21 Příklad termotiskárny [24]

#### 1.2.2.5 Využitelnost technologie ve stavebnictví

Vzhledem k tomu, že technologii čárových kódů mají implementovanou všichni výrobci stavebních materiálů, je logické tuto technologii využít i pro sledování pohybu materiálů ve stavebním procesu.

Implementace této technologie je snadno aplikovatelná a v porovnání s RFID technologií i levná. Nevýhodou je oproti RFID je rychlost čtení čárových kódů a jejich omezená kapacita. Problémem také může být čtení poškozeného čárového kódu. Největší nevýhodu představuje nemožnost aktualizace informací zakódovaných v čárovém kódu.

### 1.3 Existující programy a aplikace na trhu

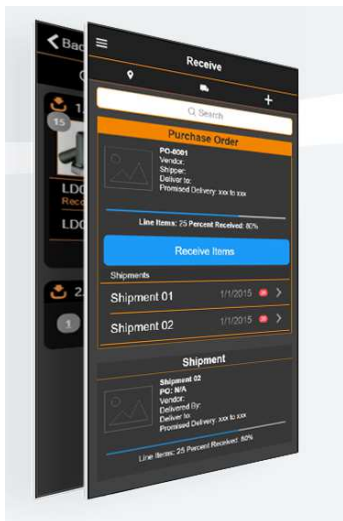
V této části se zaměřím na již existující programy a aplikace na trhu. S příchodem BIM přichází i tlak na sledování postupu prací a k tomu patří i sledování materiálu. K samotnému sledování se využívají technologie popsané v bodu 1.2. Zde se podíváme na to, pomocí čeho jsou tyto informace řízeny, shromažďovány a využívány.

### 1.3.1 SiteSense Web API

SiteSense je software od firmy Intelliwave Technologies. Tento software pro sledování materiálu využívá kombinaci čárových kódů, aktivních RFID štítků a GPS senzorů. Jeho předností je mobilní aplikace, která je schopna fungovat i v offline režimu. Přístup k internetu je na staveništi vždy velký problém. [25]

Hlavními funkcemi softwaru jsou:

- Kompletní přehled o projektu přímo v mobilním zařízení
- Možnost sledovat stav očekávaného materiálu
- Eliminace času hledání materiálu po staveništi.



Obrázek 22 Příklad uživatelského rozhraní SiteSense [25]

#### 1.3.1.1 Výhody

Mezi výhody SiteSense patří snížení úrovně prostojů mezi jednotlivými pracemi, které jsou založeny na neschopnosti nalézt požadovaný materiál a na zpoždění dodávky materiálu. S tím souvisí i snížení nákladů spojených se ztrátou materiálu a zpožděním.

#### 1.3.1.2 Nevýhody

Díky využití kombinace různých metod sledování prvků je tento software poměrně přesný, ale s tím také přichází nutnost implementovat všechny tyto technologie do workflow celé firmy, což je poměrně složité a finančně náročné.




### 1.3.1.3 Zhodnocení využitelnosti v našich podmínkách

Celkově se jedná o vysoce kvalitní software, který je přesný, využitelný prakticky ve všech podmínkách. Pro velké firmy má smysl tento software a celé workflow implementovat.

### 1.3.2 Autodesk Tag and Track workflow

Firma Autodesk přichází s velmi komplexním řešením pro spojení staveniště přímo s modelem, správu materiálu přímo ze staveniště či kontroly kolizí přímo na staveništi.

Pro dosažení celkové funkčnosti je třeba zkombinovat vícero různých programů. Přehled těchto programů můžeme najít na následujícím obrázku.

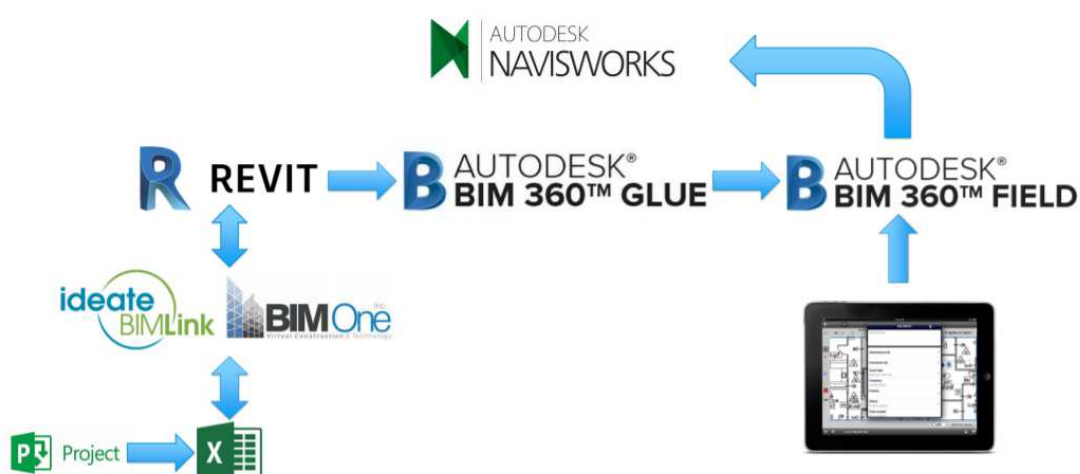
Obrázek 23 Přehled potřebných programů [26]

Celý proces by měl fungovat následujícím způsobem. Z programu, ve kterém vytvoříme harmonogram stavby, např. Microsoft Project, vyexportujeme excel. Tento excelovský soubor nahrajeme do kompletního modelu stavby. V případě Autodesku tedy do Revitu a to pomocí nějakého pluginu. Autodesk nabízí pluginy od firem BIM One a BIM Link. Tyto informace se nahrají přímo do rodin prvků, které chceme sledovat (dveře, okna, schodiště). V podstatě si každý uživatel může vytvořit vlastní parametry, které jsou relevantní pro jeho projekty. Dalším krokem je připravit Revit model pro použití BIM 360 FIELD a BIM 360 GLUE. [26]

Dříve vygenerovaná a importovaná data je třeba namapovat právě na projekt v BIM 360 FIELD. Zde je třeba vybrat sledovací parametr, pomocí kterého budeme schopni dohledat kterýkoliv prvek po celý průběh projektu. Nemůžeme tak využít originální GUID prvků, protože projekt projde v průběhu realizace různými změnami a tímto způsobem se mohou změnit i GUID různých prvků. Dalším krokem je

vygenerování a vtištění čárových kódů. Pro čtení vytvořených čárových kódů lze využít mobilní aplikaci BIM 360 Field. Pomocí ní se dají měnit stavy jednotlivých prvků. Pomocí BIM 360 rozšíření pro Revit dostaneme nejnovější informace zpět do původního modelu. [26]

Posledním krokem je analýza získaných dat. Získaná data můžeme porovnat se vstupními daty a snadno tak reportovat, kde došlo k jakému zpoždění, zjistit reálné kritické body stavby apod. Schéma kompletního workflow je znázorněno na obrázku č. 27. [26]



Obrázek 24 Základní schéma Tag and Track [26]

### 1.3.2.1 Výhody

Největším přínosem tohoto workflow je, že je velice komplexní a dokáže porýt všechny různé varianty sledování, spravování a reportování pohybu materiálů a konstrukčních prvků v průběhu celého stavebního procesu. Dalším přínosem je přístup k modelu a všem informacím přímo ze staveniště.

### 1.3.2.2 Nevýhody

Největší výhodou je prozatím pradoxně i největší nevýhoda tohoto workflow a to komplexnost celé myšlenky. Pro správnou implementaci je potřeba implementovat nejen technologii čárových kódů, ale i celou řadu softwarů. Správná implementace nezahrnuje pouze koupi licence a instalaci softwaru, ale i změnu interních postupů a školení pracovníků. Cena implementace je proto velmi vysoká.



### **1.3.2.3 Zhodnocení využitelnosti v našich podmínkách**

Autodesk přinesl ucelenou myšlenku, jak lze celá věc se sledováním jednotlivých materiálů a konstrukčních prvků pojmout. Nic nebrání využívání této technologie již dnes. Firmám, které pracují na velkých zakázkách, se jistě vyplatí přemýšlet nad implementací této metodiky a případně ji i kombinovat s jinými technologiemi. Pro normální uživatele, kteří se teprve rozkoukávají v BIM modelování je to, ale příliš nákladné a složité na implementaci.

## **2 Praktická část**

Cílem mé diplomové práce je návrh ucelené metodiky logistiky stavebních materiálů a stavebních dílců od výroby až po zabudování na stavbě. V následujícím textu se zaměřím na popis této metodiky a návrh nástroje, který pomůže implementovat vybrané body navržené metodiky.

### **2.1 Návrh metodiky logistiky stavebních výrobků od výroby až po spotřebu materiálu na staveništi**

Návrhem nové metodiky bych chtěl vyjádřit svůj názor a přinést inspiraci, jak by mohl celý cyklus sledování materiálu vypadat a probíhat. Na začátku je potřeba zdůraznit, že nevymýšlíme nic nového, sledování konstrukčních částí či obchodních předmětů probíhá už roky v jiných oblastech průmyslu a obchodu. Stavebnictví je však specifickým oborem průmyslu a je třeba vymyšlené metody a technologie výrazně upravit a přizpůsobit proměnným podmínkám stavebního průmyslu. Cílem této metodiky by tedy mělo být poskytnout v podstatě nepřetržitý přístup k aktuálním informacím o všech materiálech a konstrukčních částech objektu, automatizovat a zrychlit výměnu aktuálních informací mezi jednotlivými účastníky projektu.

#### **2.1.1 Obecný popis metodiky**

K celému procesu logistiky, sledování pohybu materiálů a využití aktuálních informací pro ušetření času a peněz se dá přistupovat z více úhlů pohledů. Hlavními pohledy jsou pohledy ze stran projektanta, zhotovitele a dodavatele. Každá z těchto stran má jiné požadavky a jiné nároky na obsah a rozsah této metodiky. Samozřejmě se nedá vyhovět všem, ale můžeme se pokusit zahrnout hlavní body každého pohledu tak, aby si ve výsledných procesech každý našel co potřebuje. Pokud se budeme soustředit jen na jednu stranu a nevytvoříme metodiku dostatečně otevřenou na to, aby každý mohl vložit část svého interního procesu pro své použití, pak se dostáváme do situace, kdy každý výrobce vyvíjí vlastní nástroj pro své výrobky. Pro zhotovitele se pak stává téměř nemožné sledovat trendy všech výrobců a používat všechny dostupné programy a aplikace i když jsou užitečné.

### **2.1.1.1 Obecné požadavky ze strany projektanta**

Ze strany projektanta je důležité hlavně sledování konstrukčních dílců na stavbě i mimo kontrolní dny. Možnost zkontrolovat jednotlivé konstrukce kdykoliv je potřeba kdykoli a odkudkoli.

Parametry, které mohou být požadovány ze strany projektanta:

- datum doručení,
- datum zabudování do konstrukce,
- dodržení technologických přestávek.

Teoreticky je možné sledovat dokonce i vyzrállost betonu v jednotlivých konstrukcích a tak určit správný čas, kdy je možné dané konstrukce odbednit.

### **2.1.1.2 Obecné požadavky ze strany zhotovitele**

Zhotovitel potřebuje vědět, kdy má jaký materiál očekávat, kolik ho bude a kam ho může složit. Pro určité konstrukční části se mu hodí i parametry zabudování prvku do konstrukce a sledování množství prvků na staveništi. Pokud má zhotovitel přehled o tom, v jaké části dodacího cyklu se konkrétní materiály nacházejí, může včas reagovat na zpoždění některého z prvků a pozměnit nadcházející plán stavby. Omezí se tak prostoje stavebních prací.

### **2.1.1.3 Obecné požadavky dodavatele**

Ze strany dodavatele je důležité implementovat do modelů parametry, které jsou využitelné pro jejich interní procesy. V poslední době se stává stále populárnější mezi dodavateli sledovat stav svých výrobků od výroby až po zabudování do konstrukce (vyexpedováno, doručeno, zpracováno / chybějící materiál).

## **2.1.2 Kontrolní body v průběhu procesu sledování materiálu**

Kontrolní body se budou trochu lišit mezi prvky speciálně vyrobenými pro konkrétní stavbu (prefabrikované prvky, speciální výrobky) a klasickým stavebním materiálem (zdící prvky, potrubí, okna), který již byl vyroben v době našeho objednání. Dalším parametrem upravujícím kontrolní body je následná využitelnost prvku ve facility managementu. U těchto prvků je také vhodné sledovat kdy a kým byl daný prvek zabudován do konstrukce. V následujícím textu jsou popsány základní kontrolní body pro sledování celého cyklu stavebního materiálu a jiných částí stavby.

### **2.1.2.1 Objednání**

Prvním kontrolním bodem celého procesu je objednání navrženého prvku či materiálu. K základním informacím a datu objednání také přidáme datum předpokládaného doručení na stavenišť. Tímto získáme výchozí bod a výchozí informace pro sledování oběhového cyklu jednotlivých prvků.

### **2.1.2.2 Výroba**

Tento kontrolní bod je jen pro výrobky vyráběné speciálně pro potřeby našeho projektu. U těchto prvků je potřeba sledovat následující stádia:

- Vstupní kontrola výrobku – započítí prací na výrobku.
- Výstupní kontrola výrobku – dokončení prací na výrobku.

Hladký průběh výroby má zásadní vliv na plnění harmonogramu projektu. Sledováním průběhu výrobního procesu jsme schopni včas reagovat na případná zpoždění a minimalizovat tak dopad na průběh celého projektu.

### **2.1.2.3 Skladování**

Dalším kontrolním bodem procesu je skladování. Informace o tomto bodu jsou relevantní pro všechny sledované prvky.

#### **2.1.2.3.1 Speciálně vyráběné prvky**

V tomto případě sledujeme:

- Datum uložení
- Místo uložení
- Odpovědnou osobu

#### **2.1.2.3.2 Klasické materiály a výrobky**

Informace o tom, zda je daný výrobek či materiál na skladě a v jakém množství, je u většiny výrobců a prodejců veřejně dostupná, proto ji můžeme využít hned na začátku procesu jako výchozí informaci sledovaného prvku. Stejně tak v případě data předpokládaného doručení zboží.

### **2.1.2.4 Expedice**

Průběh sledování procesu expedice je jedna z věcí, u které se můžeme inspirovat od zásilkových společností. V podstatě se dá říci, že pro naše potřeby

využijeme stejný princip. Konkrétní průběh se bude lišit na základě zvolené technologie sledování a způsobu využití získaných informací.

#### **2.1.2.4.1 Obecný průběh**

Počet kontrolních bodů v rámci expedice se bude lišit na základě složitosti dopravy mezi výrobcem a stavenišťem. Základními body procesu jsou:

- Převzetí prvku
- Předání prvku

Tyto dva body se opakují tolikrát, kolikrát je prvek během expedice překládán.

#### **2.1.2.5 Přebírka výrobků na staveništi**

Přebírka výrobků na staveništi zakončuje proces expedice prvku na stavenišťe. V průběhu tohoto kontrolního bodu je důležité si materiál zkontrolovat, zjistit, zda jsme dostali správný prvek v neporušeném stavu a v množství, ve kterém jsme si ho objednali.

#### **2.1.2.6 Skladování na staveništi**

Polohy jednotlivých materiálů a prvků jsou již předem určeny ve výkresech zařízení stavenišťe. Pro plynulý chod výstavby je vhodné a potřebné tyto výkresy dodržovat. V tomto kontrolním bodě je tedy důležité obdrženy prvek umístit na správné místo.

Pokud je potřebná skládka stále obsazena předchozím materiálem, je třeba vybrat jinou volnou skládku a změnu skládky zaznamenat do sledovacího systému, aby byla možnost na tuto změnu včas reagovat a nenastal na staveništi chaos s hledáním potřebného materiálu a skladováním následně příchozích prvků či materiálů.

#### **2.1.2.7 Sledování spotřeby materiálu a zabudování výrobků do stavby**

Tento kontrolní bod můžeme rozdělit na dvě části, a to pro prvky vysledovatelné až po zabudování do konstrukce a prvky nevysledovatelné či nepotřebné sledovat.

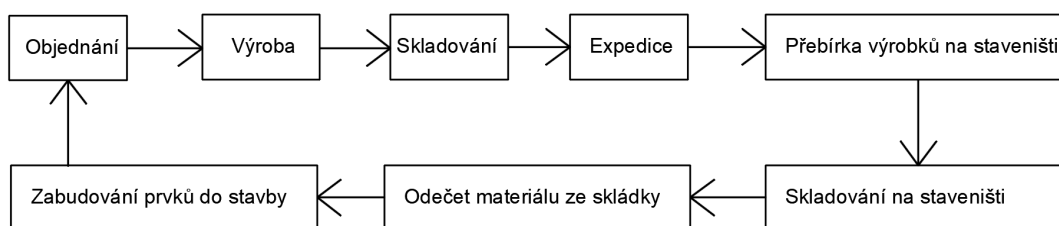
##### **2.1.2.7.1 Prvky vysledovatelné až po zabudování do konstrukce**

Mezi tyto prvky patří prvky využitelné ve facility managementu, prefabrikované prvky a speciální prvky stavby. Všechny tyto prvky obsahují po celou

dobu sledovací značku a tak mohou být označeny i po vyzvednutí ze skladu či skládky na a zabudování do konstrukce.

### 2.1.2.7.2 Prvky nevysledovatelné až po zabudování do konstrukce

Těmito prvky jsou všechny prvky, které nemá smysl sledovat kus po kusu např. zdící prvky, betonářskou výztuž či střešní krytinu. U těchto prvků je posledním kontrolním bodem postupné odebírání množství ze skládky. Toto sledování je užitečné pro plánování dalšího průběhu výstavby, doobjednávání zboží a případné změny v rozmístění materiálu na skládkách.



Obrázek 25 Schéma průběhu kontrolních bodů

### 2.1.3 Určení rolí a odpovědností

Přesné rozdělení odpovědností a rolí pro každého účastníka stavebního procesu je zcela zásadní pro hladký průběh projektu. Můžeme mít sebelepší systém, ale pokud jeden článek řetězce neplní svou roli, tak přicházíme o celkový efekt a benefit celého našeho snažení.

Na začátku musí být dáno jakým způsobem chceme prvky sledovat. V tomto bodě by měl každý přinést parametry materiálů a konstrukcí, které jsou z jeho pohledu nezbytné sledovat v průběhu realizace stavby. Na základě těchto informací pak můžeme upravit sledovací technologii tak, aby vyhovovala všem požadavkům.

### 2.1.4 Výběr sledovací technologie

V dnešní době si můžeme vybrat z různých technologií. Mezi nejrelevantnější patří osvědčené čárové kódy a RFID technologie. Tyto technologie se dají navzájem kombinovat a lze přidat například i GPS systém. Popis technologií se všemi parametry je uveden v kapitole 1.2.

Výběr technologie nemá až tak zásadní vliv na základní myšlenku sledování oběhu materiálů a konstrukčních částí stavby. Tento výběr má vliv na cenu a složitost implementace. Velký vliv má také na celkovou automatizaci procesu. Při použití

čárových kódů je třeba lidského faktoru pro načítání prvků v jednotlivých kontrolních bodech. Naopak v případě RFID technologie je tento krok zcela automatický.

V tomto kroku je třeba zvážit všechna pro a proti všech různých kombinací a vybrat správnou variantu pro potřebu konkrétního projektu či konkrétní firmy.

#### **2.1.4.1 Proces sledování pomocí technologie čárových kódů**

Proces sledování pomocí technologie čárových kódů je nejsnazší a nejlevnější možnou variantou. Jedná se také o nejrozšířenější technologii ve všech odvětvích obchodu a průmyslu. To znamená, že většina dodavatelů již tuto technologii využívá ke svým interním procesům a nemusí ji tak složitě implementovat a zaučovat své pracovníky.

Dalším krokem je výběr vhodného způsobu spolupráce s dodavatelem na procesu sledování. Tuto spolupráci můžeme zajistit následujícími způsoby použití technologie čárových kódů.

##### **2.1.4.1.1 Využití čárového kódu výrobce či vlastního čárového kódu**

Využití čárového kódu, který pro daný materiál využívá výrobce. Tento způsob se dá využít pro výrobky vyráběné speciálně pro potřeby našeho projektu. Po domluvě s výrobcem zakódujeme naše potřebné informace do jednoho čárového kódu spolu s informacemi výrobce. Toho se dá dosáhnout, pokud výrobce používá čárový kód s vyšší kapacitou, než potřebuje anebo pokud je otevřen ke změně typu čárového kódu. Na druhou stranu se také dá zaslavnit použití našeho vlastního čárového kódu do kterého si výrobce přidá své informace, které jsou pro něj nezbytné.

##### **2.1.4.1.2 Využití vlastního čárového kódu i čárového kódu výrobce**

Pomocí generátoru čárových kódů vygenerujeme originální kód pro každý materiál a stavební výrobek použitý v našem projektu. Tyto čárové kódy odešleme výrobcí či prodejci, aby je přidali na zboží před odesláním. Tímto způsobem je pak možné v potřebných kontrolních bodech nahrát oba čárové kódy a zapsat tak informace do obou systémů. Takto můžeme sledovat všechny typy materiálů i stavebních výrobků potřebných pro provedení našeho projektu.

#### **2.1.4.2 Proces sledování pomocí technologie RFID**

Technologie Radio-frekvenční identifikace je automatizovaný způsob identifikace, hojně používaný v jiných odvětvích průmyslu. Jedná se o vysoce

sofistikovaný způsob identifikace, který si ale žádá složitější a dražší implementaci. Je potřeba správně vyhodnotit všechny parametry staveniště a podle toho nastavit aplikace RFID technologie, tak aby nevznikala slepá místa.

Pomocí této technologie se dají sledovat všechny procesy stejně jako pomocí čárových kódů a dokonce i složitější procesy jako je např. vyzrávání betonu důležitých konstrukcí a tak určit správný čas, kdy je možno tyto konstrukce odbednit.

#### **2.1.4.3 Proces sledování pomocí kombinace technologií**

Pro nejhladší sledování prvků a materiálů je ideální použít kombinaci obou výše popsaných technologií. Tato možnost sice kombinuje všechny nevýhody obou technologií, ale přináší i nové výhody. Pro sledování procesu od objednání až po doručení na staveniště je vhodné použít technologii čárových kódů. Tato technologie je ideální, protože ji využívají i dodavatelé. Naopak pro pohyb po staveništi se hodí RFID technologie. Tato technologie je plně automatická, takže nezdržuje pracovníky na stavbě s načítáním čárových kódů při odebírání materiálů ze skládek.

## **2.2 Návrh nástroje pro aplikaci části navržené metodiky**

Tato část je zaměřena na vývoj nástroje vhodného pro implementaci části výše navržené metodiky. Specializuje se na zprostředkování komunikace mezi modelem, excelem a staveništem. Rád bych překlenul neproblematičtější části celé metodiky.

Svémi funkcemi se jedná o nástroj určený do této „přechodové“ doby, kdy se střetávají 3D modelování s klasickým 2D způsobem projekce. Některé projekty už jsou vedeny směrem k BIM modelování, ale ne všichni projektanti již změnili své interní procesy a zaučili se v nových softwarech, potřebných k provádění těchto zakázek. Například tvorba výkresů staveniště je jeden z příkladů, který se stále tvoří převážně klasickým způsobem. Tento nástroj by tedy měl působit jako takový výměnný nástroj mezi 2D výkresem staveniště a vícerozměrným modelem stavby.

### **2.2.1 Funkce nástroje**

Jedná se o velice jednoduchý nástroj zrychlující a zjednodušující přenos potřebných informací do modelu stavby. Je navržen pro modely projektované v softwaru Autodesk Revit. Základními funkcemi nástroje jsou:

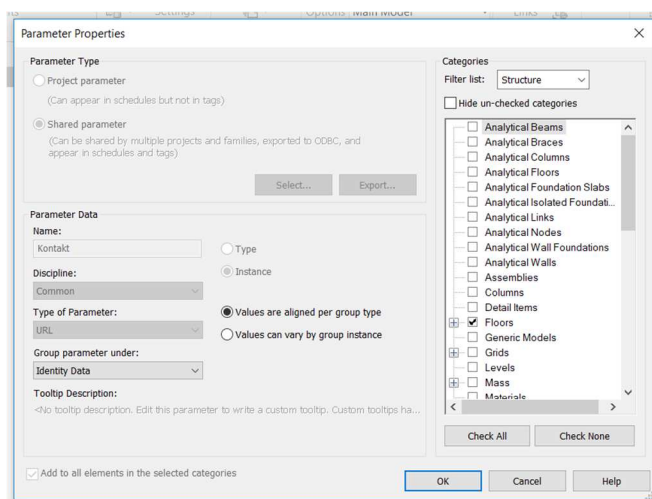
- Identifikace a vytvoření skládek přímo v modelu stavby.



- Import informací o materiálech z excelu do modelu stavby.
- Výpočet skladovatelné plochy a porovnání s vkládaným množstvím.
- Vytvoření výkazů s aktuálními informacemi o materiálu na staveništi.
- Vytvoření výkazu s přehledem ztratného materiálu.
- Zobrazení aktuálního stavu a aktualizace informací pomocí mobilní aplikace.

### 2.2.1.1 Příprava projektových parametrů

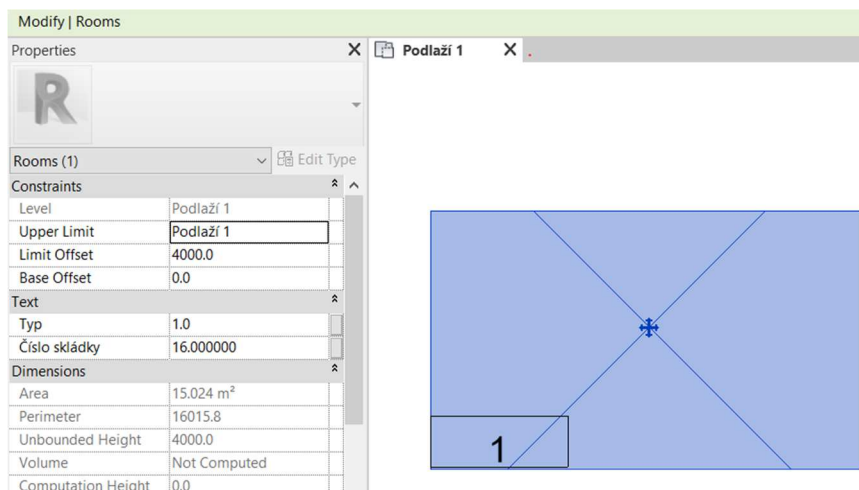
Na začátku celého procesu je potřeba vložit projektové parametry z předem vytvořeného souboru sdílených parametrů. Soubor se základními sdílenými parametry je součástí nástroje. Do modelu vkládáme projektové parametry instance. Potřebuje, aby daný parametr mohl mít jinou hodnotu podle dané instance, kde se nachází. Na následujícím obrázku můžeme vidět, jak vypadá příklad nastavení při vkládání jednoho ze sdílených parametrů.



Obrázek 26 Příklad vložení projektového parametru

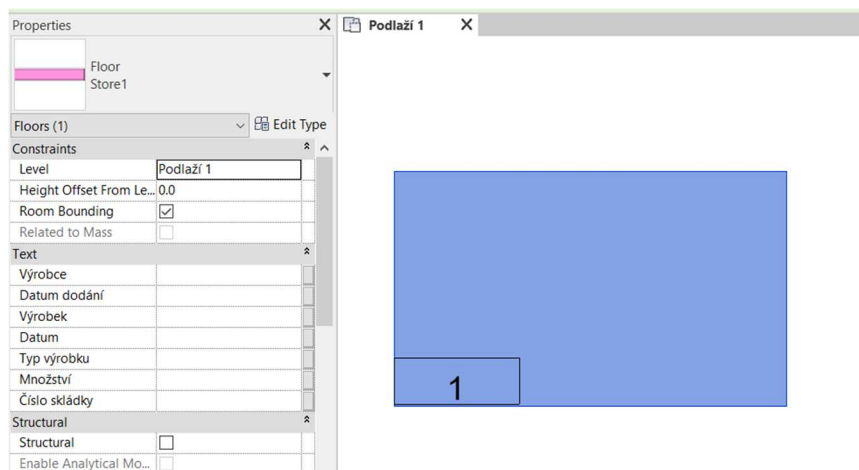
### 2.2.1.2 Identifikace a vytvoření skládek přímo v modelu stavby

Výkres staveniště vytvořený v jiném softwaru nahrajeme do našeho modelu. Navržené skládky obtáhneme oddělovačem místností a použijeme funkci místnost pro vyplnění těchto ploch. Ve vlastnostech skládky pak vyplníme typ skládky a její číslo. Typ skládky určuje, jaké materiály mohou být na jaké skládce skladovány. Tento parametr je důležitý pro případnou improvizaci s umístěním materiálu na staveništi. Číslo skládky je reference na původní výkres staveniště.



Obrázek 27 Připravená plocha skládky s rozlišujícími parametry

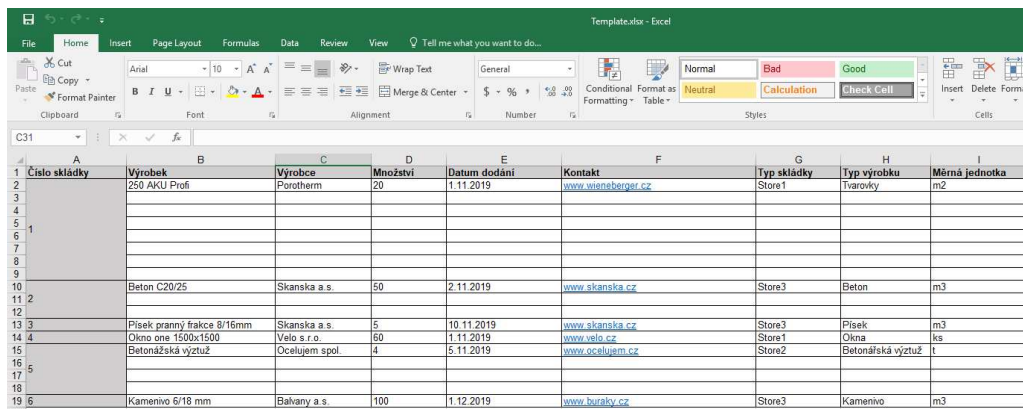
Samotná funkce vytvoření skládek se spouští pomocí dynamo skriptu „Tvorba skládek“. Výsledkem spuštění skriptu je rozpoznání polohy skládek a vytvoření daného typu rodiny skládky podle vyplněného parametru „typ skládky“. Po vytvoření skládek zvolíme popisec podlahy a vložíme ho do jednotlivých skládek. Tento popisec nám přímo ve pracovním prostoru brazuje jméno výrobku a aktuální množství nacházející se na staveništi. Na následujícím obrázku je vidět výsledná skládka s připravenými prázdnými parametry.



Obrázek 28 Příklad vytvořené skládky s připravenými parametry

### 2.2.1.3 Import informací o materiálech z Excelu do modelu stavby

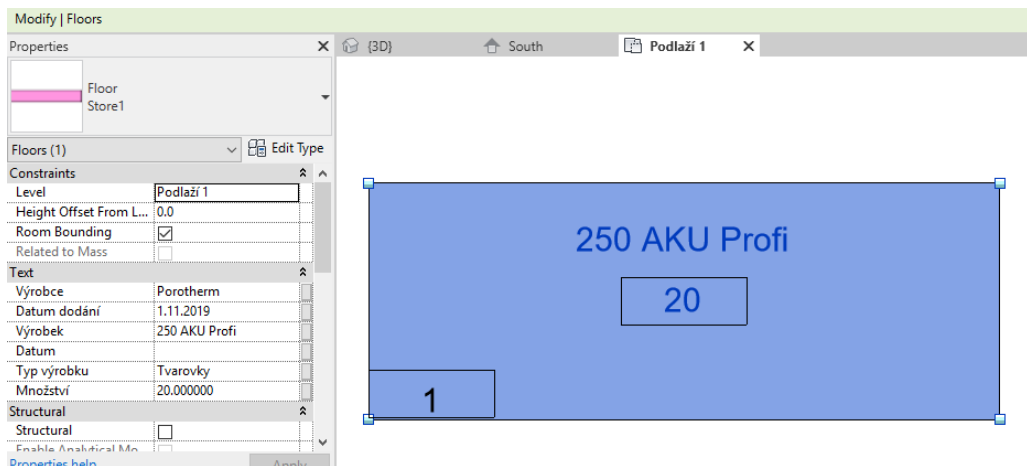
Informace o konkrétních materiálech vyplníme do připraveného vzorového souboru. Vzorový excelovský soubor se dá vyplnit například i pomocí softwaru Microsoft Project.



Císlo skládky	Výrobek	Výrobce	Množství	Datum dodání	Kontakt	Typ skládky	Typ výrobku	Měrná jednotka
	250 AKU Profi	Porotherm	20	1.11.2019	www.wiseneberger.cz	Store1	Tvarovky	m2
	Beton C20/25	Skanska a.s.	50	2.11.2019	www.skanska.cz	Store3	Beton	m3
	Písek pranný frakce 8/16mm	Skanska a.s.	5	10.11.2019	www.skanska.cz	Store3	Písek	m3
	Okno one 1500x1500	Velo s.r.o.	60	1.11.2019	www.velo.cz	Store1	Okna	ks
	Betonářská výztuž	Ocelujem spol.	4	5.11.2019	www.ocelujem.cz	Store2	Betonářská výztuž	t
	Kamenivo 6/18 mm	Bahvany a.s.	100	1.12.2019	www.bahvany.cz	Store3	Kamenivo	m3

Obrázek 29 Vzorový Excelovský soubor pro import informací.

Vyplněný vzorový soubor nahrajeme do modelu pomocí Dynamo skriptu „Import informací do modelu“. Na základě polohy informací o daných materiálech ve vzorovém souboru přiřadí skript informace do konkrétních skládek v modelu.

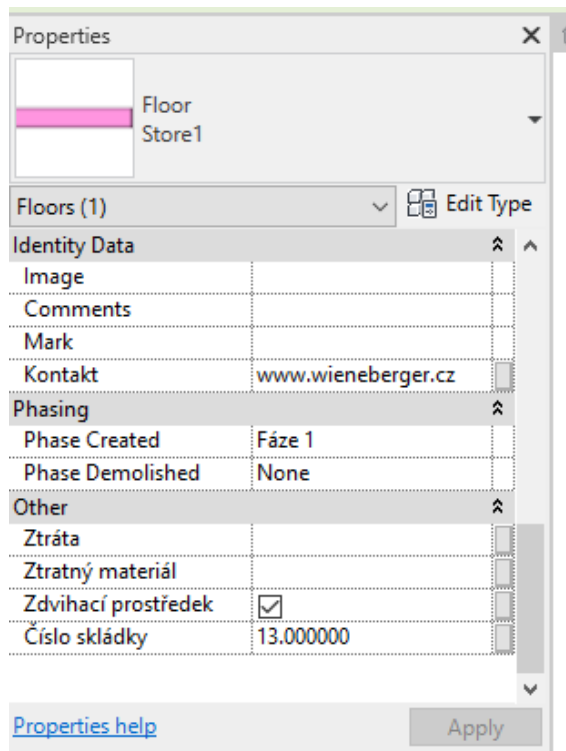


Obrázek 30 Příklad vyplněných vstupních parametrů

Tímto máme splněný základ pro sledování oběhového cyklu materiálu. Máme připraveny všechny parametry a vloženy aktuální informace.

#### 2.2.1.4 Výpočet skladovatelné plochy a porovnání s vkládaným množstvím

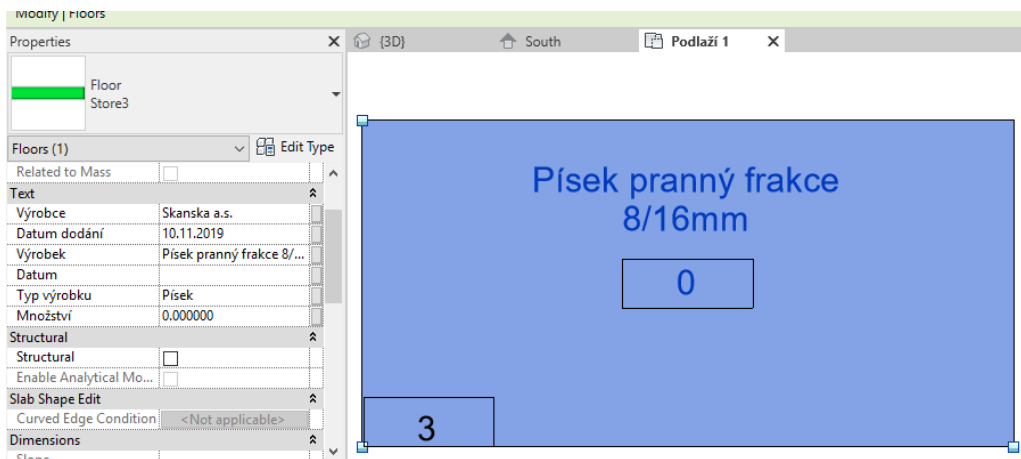
Tato funkce probíhá zároveň s importem informací z Excelu do modelu. Do parametrů je zahrnut parametr ANO/NE „Zdvihací prostředek“.



Obrázek 31 Omezující parametr Zdvihací prostředek

V rámci tohoto parametru nastavujeme, jestli máme na staveništi přítomný zdvihací prostředek, který by nám umožnil skladovat materiál ve více úrovních. Podle toho se pak řídí vzorec použitý pro výpočet skladovatelného objemu skládky. V rámci první verze nástroje je tato možnost dostupná pouze pro prvky jejichž základní jednotkou jsou  $m^2$  a jsou skladovány na paletách. Tato kontrola probíhá před vyplněním informace o množství materiálu z předchozího bodu.

Pokud je skladovatelná plocha skládky větší nebo rovna množství materiálu, pak je hodnota množství vyplněna. Pokud je skladovatelná plocha skládky menší než skladovatelná plocha materiálu, pak se do pole množství materiálu vyplní chybová hláška. V první verzi nástroje je to „0000000“.



Obrázek 32 Chybová hláška

### 2.2.1.5 Vytvoření výkazů s aktuálními informacemi o materiálu na staveništi.

Další funkcí je vytvoření výkazů materiálů pomocí skriptu „Výkaz materiálů“. Pomocí tohoto skriptu se vytvoří výkaz materiálů „Aktuální stav staveniště“, který obsahuje:

- Výrobek
- Aktuální množství
- Objednané množství
- Výrobce
- Kontakt

<Výkaz materiálů - Aktuální množství na staveništi>					
A	B	C	D	E	F
Výrobek	Výrobce	Množství	Datum dodání	Kontakt	Material: Area
Beton C20/25	Skanska a.s.	123456	2.11.2019	www.skanska.	13 m <sup>2</sup>
Písek pranný frakce 8/16mm	Skanska a.s.	0	10.11.2019	www.skanska.	32 m <sup>2</sup>
Betonářská výztuž	Ocelujem spol.	123456	5.11.2019	www.ocelujem.	4 m <sup>2</sup>
250 AKU Profi	Porotherm	20	1.11.2019	www.wieneber	24 m <sup>2</sup>
Okno one 1500x1500	Velo s.r.o.	123456	1.11.2019	www.velo.cz	15 m <sup>2</sup>

Obrázek 33 Výkaz materiálů s aktuálním stavem na staveništi

### 2.2.1.6 Vytvoření výkazu s přehledem ztrátého materiálu

Pomocí skriptu „Výkaz ztrátého materiálu“ vytvoříme výkaz materiálů, který zobrazuje předpokládané množství ztrátého materiálu pro každý materiál uložený na staveništi. Informace uvedené ve výkazu výměr vychází z empirických vzorců k jednotlivým materiálům. Empirické vzorce pro výpočet ztrátého materiálu jsou zaintegrované do vzorového souboru pro import materiálů do informačního modelu.

Tabulka empirických vzorců není uzamčena, a tak si každý uživatel může měnit procentuální hodnoty změn dle jeho zkušeností či dle zaběhlých procesů ve firmě. Ve výkazu jsou obsaženy tyto informace:

- Číslo skládky
- Výrobek
- Výrobce
- Množství
- Ztratné

<Výkaz ztratného materiálu>					
A	B	C	D	E	F
Výrobek	Výrobce	Množství	Typ výrobku	Ztráta	Ztratný materiál
Beton C20/25	Skanska a.s.	5	Beton	0	0
Písek pranný frakce 8/16mm	Skanska a.s.	30	Písek	0	0
Betonářská výztuž	Ocelujem spol.	6	Betonářská výztuž	1	60
250 AKU Profi	Porotherm	20	Tvarovky	15	4
Okno one 1500x1500	Velo s.r.o.	123456	Okna	0	0

Obrázek 34 Příklad výkazu ztratného materiálu

### 2.2.1.7 Zobrazení aktuálního stavu a aktualizace informací pomocí mobilní aplikace

Součástí popisovaného nástroje je i mobilní aplikace, která zobrazuje aktuální stav skládek na staveništi. Další funkcí je možnost improvizovat s umístěním materiálu na jinou skládku, než je popsána ve výkresu staveniště. Aplikace je určena pro zaměstnance na stavbě, aby měli rychlý přístup k přehledu materiálů na staveništi a jejich aktuálním polohám. Kompletní funkce a vývoj aplikace jsou uvedeny v jedné z následujících kapitol.

### 2.2.2 Vývoj nástroje

Tato část diplomové práce je věnována celému procesu vývoje nástroje pro implementaci části navržené metodiky. V následujícím textu je popsán výběr řešení, tvorba logiky a detailní popis technického řešení jednotlivých skriptů. Navržený nástroj se skládá ze dvou základních částí:

- Dynamo skripty řídící procesy přímo v informačním modelu stavby.
- Mobilní aplikace zprostředkující informace lidem na staveništi.

V rámci mé diplomové práce jsem prakticky vytvořil první část tj. soubor Dynamo skriptů řídící tok informací mezi účastníky projektu a informačním modelem stavby. Druhá část zahrnující mobilní aplikaci je navržena z časových důvodů pouze teoreticky. Prakticky bude naprogramována v průběhu návazných prací na tomto projektu mimo záběr diplomové práce.

### 2.2.2.1 Výběr způsobu provedení nástroje

Pro vytvoření tohoto nástroje jsem měl na výběr mezi dvěma možnostmi.

- Naprogramovat Revit plugin od samého začátku pomocí programovacího jazyku.
- Použít programovací aplikaci

Naprogramování pluginu klasickou cestou je vždy lepší způsob. Je potřeba mít vyšší než uživatelskou znalost programování a dostatek času. Vzhledem k omezenému času a mým omezeným znalostem programování, jsem se rozhodl jít cestou programovacích aplikací.

Existují obecné aplikace pomáhající lidem bez znalostí programování vytvořit různé jednoduché programy či aplikace. Pro mne, jako uživatele softwaru Autodesk Revit, je k dispozici jedna z nejlepších aplikací v tomto směru a to je aplikace Dynamo.



*Obrázek 35 Logo aplikace Dynamo [27]*

Dynamo je otevřená platforma určená pro grafické programování. Pro moji práci jsem použil variantu přidanou jako rozšíření do softwaru Autodesk Revit, pomocí které je možné programovat dodatečné funkce. Tradičně se tato aplikace používá mezi uživateli softwaru Autodesk Revit pro zkracování často se opakujících operací např. tvorba výkazů či tvorba nových pohledů a jejich počáteční nastavení nebo přejmenování místností v celém projektu.

Tímto výběrem jsem omezil použití mého nástroje pouze pro práci s informačním modelem vytvořeným softwaru Autodesk Revit. Vzhledem k potřebám

diplomové práce a k tomu, že nemám příliš hluboké znalosti ostatních projekčních softwarů je tato aplikace dostačující. V případě potřeby vytvoření tohoto nástroje mimo prostředí Autodesk Revit, mohou programátoři přebrat logiku vytvořenou v Dynamo skriptech a naprogramovat ji klasickou cestou.

#### **2.2.2.2 Tvorba logiky nástroje**

Logika vytvořeného nástroje je založena na výše popsané metodice a znalostech vnitřních procesů programu Autodesk Revit. V průběhu vývoje procházel celý způsob provedení nástroje celou řadou změn. Všechny procesy a funkce prováděné tímto nástrojem jsou vytvořeny jedním člověkem a tak některé věci vznikaly způsobem pokus omyl, ale základní smysl nástroje zůstal stejný.

Prvním pudem pro práci v softwaru Autodesk Revit je vždy pro každý typ prvku vytvořit svou vlastní rodinu. Rodiny jsou nativním parametrickým souborem, typickým pro Autodesk Revit. Začal jsem tedy vyvířet rodiny skládek a skladišť na staveništi. Po rozsáhlých pokusech se mi však nepodařilo vytvořit dostatečně intuitivní rodinu, tak aby sama rozpoznala plochu skládky a přizpůsobila svou orientaci a rozměry této ploše. Není problém vytvořit rodinu, tak aby se vložila na požadované souřadnice a převzala plochu jiného prvku. Problémem je zkoordinovat všechny tyto aspekty dohromady. Základním úskalím bylo, že je celý tento projekt postaven na vloženém výkresu vytvořeném v jiném softwaru.

V průběhu těchto pokusů o tvorbu vhodné rodiny v kombinaci s tvorbou Dynamo skriptů pro vkládání této rodiny na správné místo jsem zjistil, že je možné a překvapivě snadné pomocí Dynama vytvořit podlahu, která vyplní předdefinované hranice. Místo rodin jsem tak existenci skládek na staveništi založil na vlastních typech podlah.

Další věcí, která několikrát v průběhu vývoje nástroje ovlivnila celou jeho logiku, bylo neustálé přidávání nových funkcí a vylepšování již vytvořených procesů na základě nově nabitých informací získaných dalším vývojem nástroje. Každá tato změna měla vždy za následek úpravu všech Dynamo skriptů, tak aby jejich output odpovídal požadované změně, či přidávání sdílených parametrů a jejich následné zapracování do všech již vytvořených postupů. Jako příklad můžeme uvést přidání funkce porovnávání vkládaného množství s maximálním skladovatelným množstvím na dané skládce. Tento krok si vyžádal přidání sdíleného parametru zjišťujícího



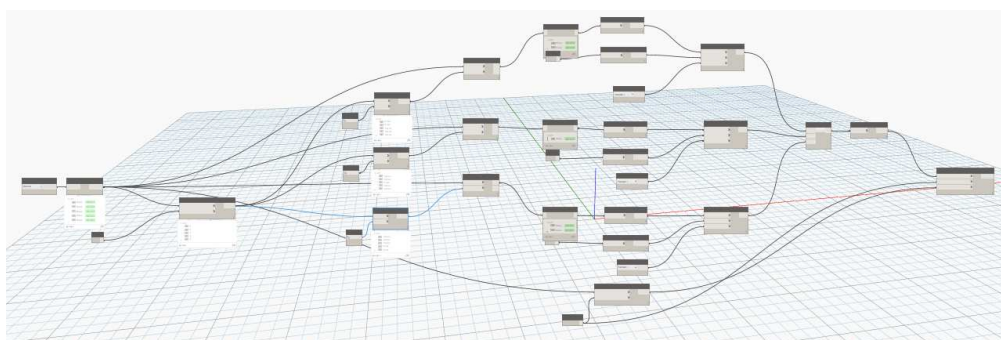
přítomnost zdvihacího prostředku na staveništi a kompletní změnu Dynamo skriptů vkládajících informace z Excelu do modelu. Tato změna bude detailně popsána v následujícím textu.

### 2.2.2.3 Vývoj jednotlivých Dynamo skriptů řídicích procesy nástroje

V této části budou představeny a popsány základní části skriptů. Kompletní podobu všech skriptů naleznete v přílohách k tomuto textu.

#### 2.2.2.3.1 Tvorba skládek

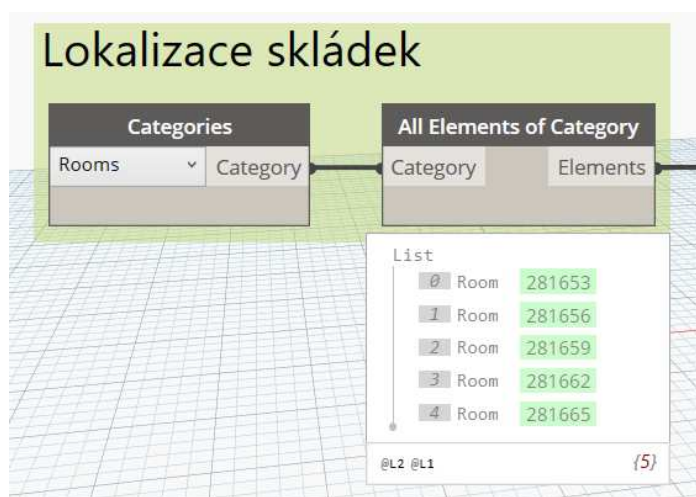
Úkolem tohoto skriptu je identifikovat typ, polohu a rozměry skládek a následně tyto skládky fyzicky v informačním modelu stavby vytvořit. Na obrázku č. 36 je pro představu naznačeno kompletní schéma tohoto skriptu. Detailněji ho rozebereme v následujícím textu.



Obrázek 36 Kompletní schéma skriptu Tvorba skládek

#### Lokalizace skládek

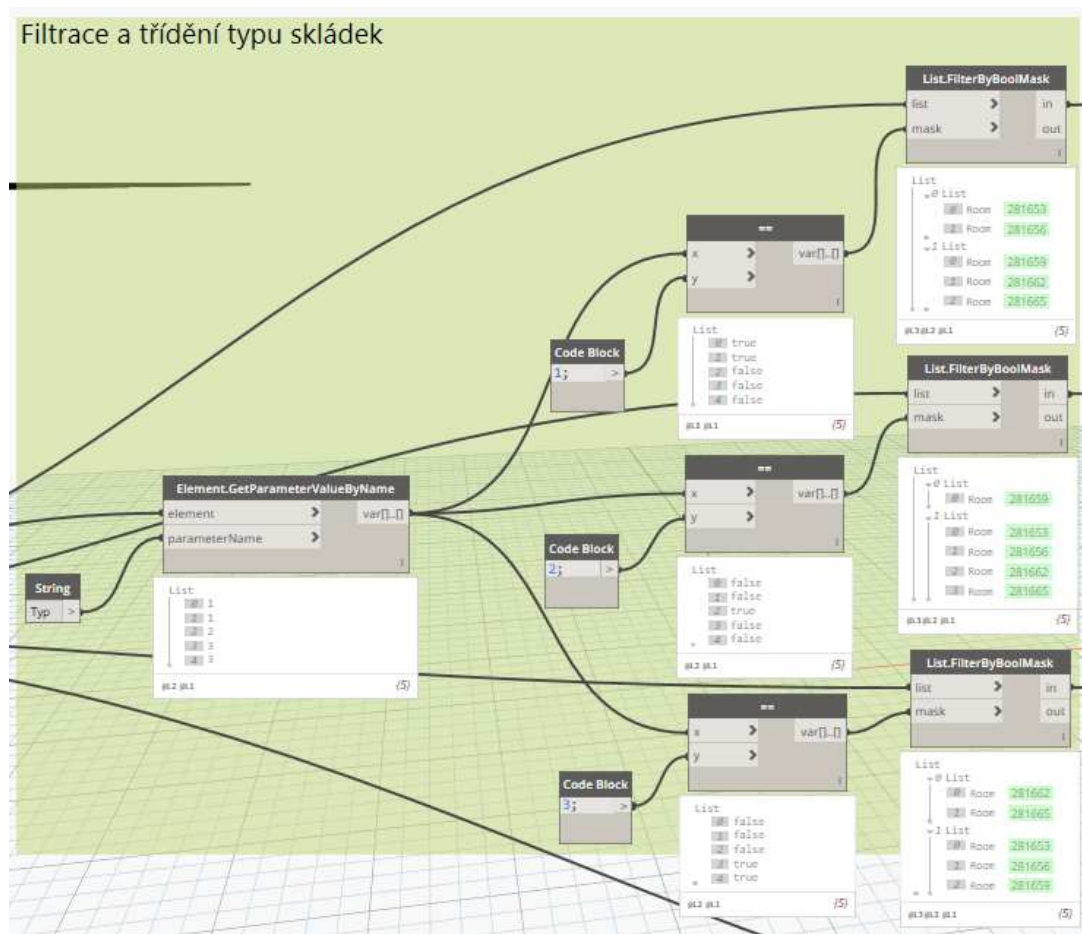
Část skriptu zobrazená na obrázku č. 36 vyhledává v aktuálním projektu všechny vytvořené místnosti a zobrazuje jejich seznam.



Obrázek 37 Lokalizace skládek

## Filtrace a třídění typu skládek

Seznam vytvořený v předchozí části je pomocí této skupiny uzlů filtrován a tříděn. Seznam obsahující všechny místnosti v projektu filtrujeme na základě nenulového parametru Typ skládky. Vyfiltrovaný seznam obsahující pouze místnosti, které označují skládky na staveništi je dále tříděn. V tomto kroku tedy rozdělujeme jednotlivé typy skládek do různých kanálů, které budou dále zpracovávány odděleně.

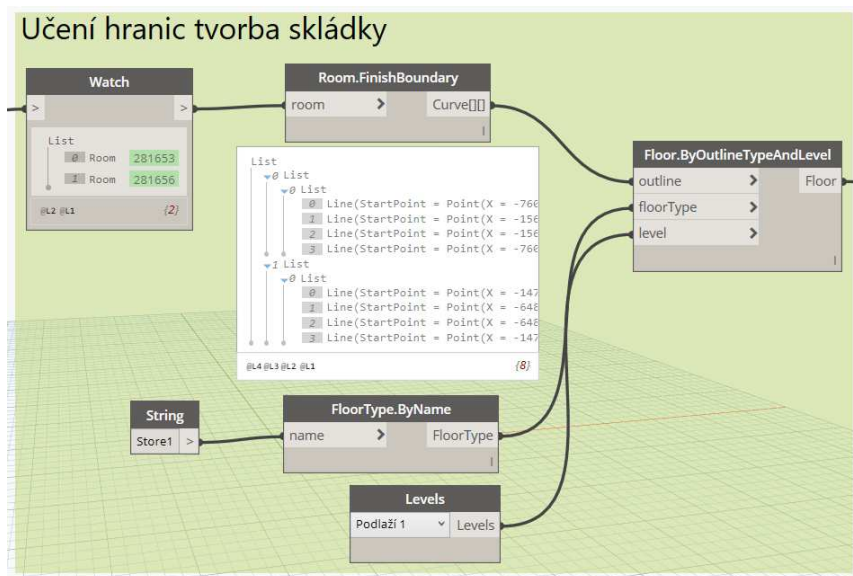


Obrázek 38 Filtrace a třídění místností

## Určení hranic a tvorba skládky přímo v modelu stavby

Následující sestava uzlů přebírá rozřazený seznam skládek a provádí následující kroky pro samotnou tvorbu skládky v modelu. Z jednotlivých místností získává jejich hranice, načítá předdefinovaný typ podlahy vytvořený pro tuto aplikaci, určuje podlaží, do kterého se nakonec samotná skládka vytvoří. Výstupem je fyzicky vytvořená skládka přesně na požadovaném místě, se správnými rozměry a připravenými předem stanovenými parametry pro následné sledování materiálů skladovaných na konkrétních skládkách. Na následujícím obrázku je zobrazena tato

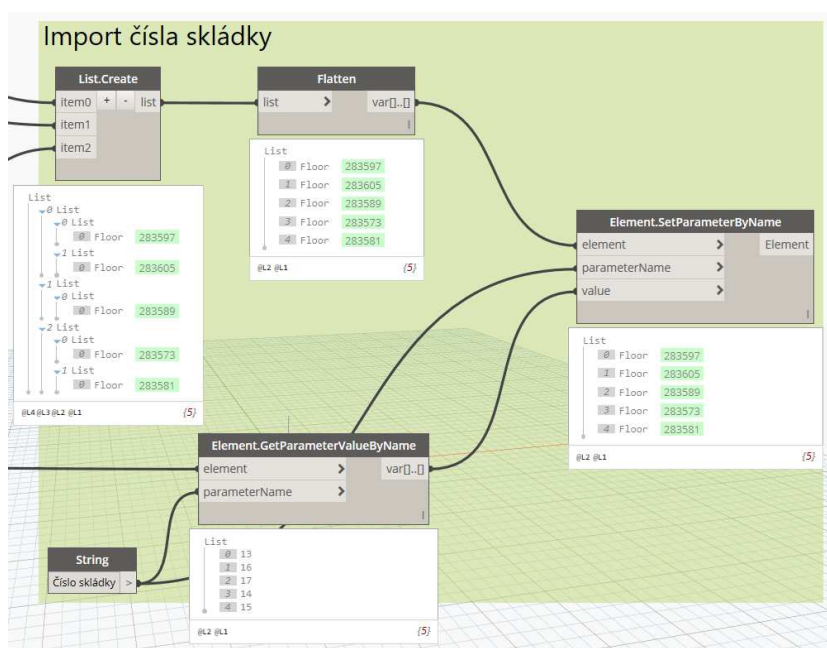
skupina uzlů pro jeden typ skládky. Ve výsledném skriptu se tato skupina opakuje v každém kanálu pro jednotlivé typy skládek.



Obrázek 39 Určení a tvorba hranic

### Import čísla skládky

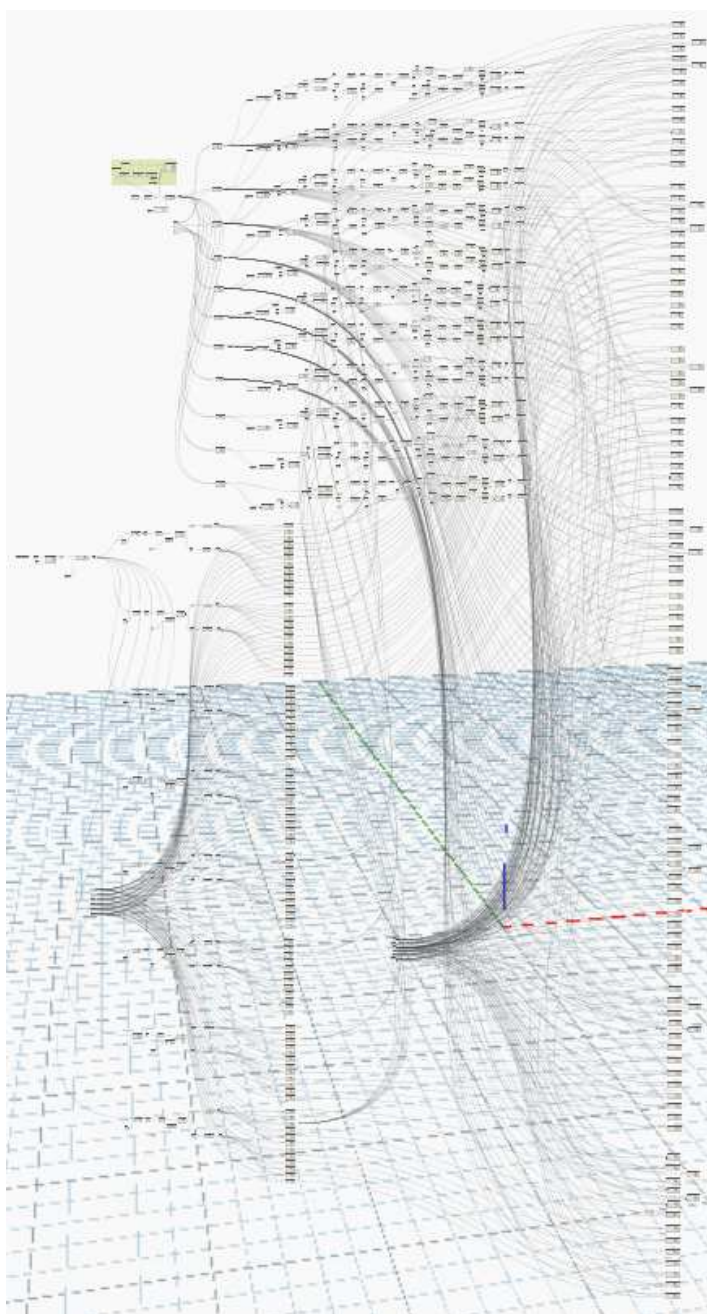
Import čísla skládky z původní místnosti je popsán na obrázku č.39. Pro import čísla skládky je třeba spojit kanály, které jsme rozdělili v předchozích bodech opět dohromady. Vytvoříme tak seznamy jednotlivých typů skládek a spojíme je opět do jednoho. Následně jsme schopni do tohoto seznamu nahrát informace vytažené z původních místností.



Obrázek 40 Import čísla skládky

### 2.2.2.3.2 Import informací do modelu

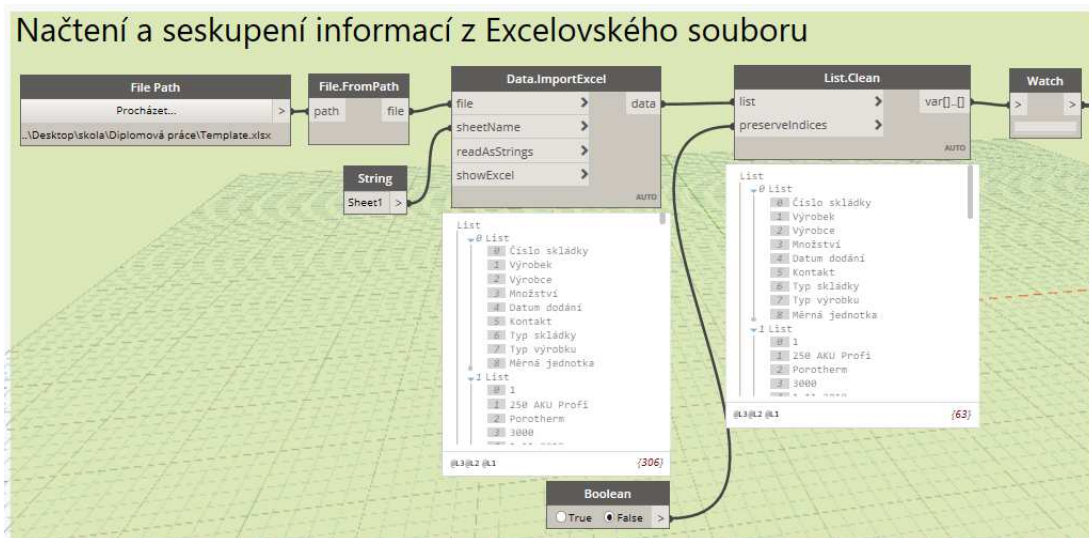
Skript Import informací je určen pro vkládání informací z připraveného excelovského souboru do informačního modelu stavby. Tyto informace jsou pomocí skriptu rozpoznány a vkládány do příslušných parametrů. Například hodnota množství je i pomocí vzorce přepočítávána. Zjišťuje se, jestli je reálně možné na tuto skládku uložit požadované množství. Na následujícím obrázku je náhled na kompletní skript. Detailněji bude rozebrán v následujícím textu. V plné velikosti je dostupný v přílohách k tomuto textu.



Obrázek 41 Schéma skriptu Import informací

## Načtení informací z Excelovského souboru

Tato skupina uzlů načítá excelovský soubor vytvořený na základě předpřipraveného vzoru, promazává prázdné řádky a seskupuje vložené informace. Jedná se tedy o vstupní úpravu informací.



Obrázek 42 Načtení a seskupení informací

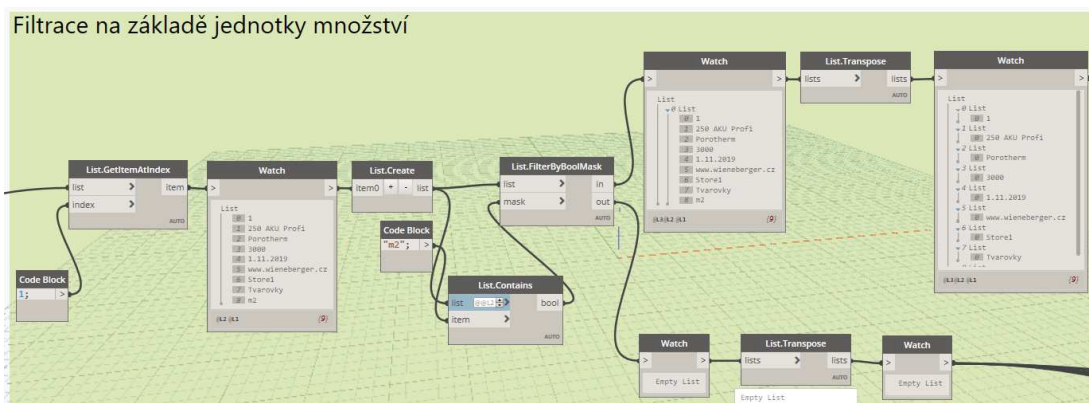
## Filtrace na základě jednotky množství

Touto skupinou uzlů prochází každý vkládaný materiál či prvek samostatně. Technicky každý řádek připraveného excelu s výpisem materiálů prochází touto skupinou samostatně. Ze seskupeného seznamu prvků z předchozího bodu vyfiltrujeme jeden materiál, který následně prochází filtrem jednotky množství. Pokud je jednotkou množství  $m^2$  prochází tento materiál kontrolou objemu skladovatelného množství. Pokud se jedná o jinou jednotku množství pokračuje tento materiál přímo k dalším bodům procesu importu informací do informačního modelu stavby.

V rámci první verze je funkce kontroly vkládaného množství omezena pouze na materiály dodávané v  $m^2$ . Tato funkce bude rozšiřována v rámci dalších prací na tomto projektu mimo záběr diplomové práce.

Rovněž je v první verzi Nástroje omezen i celkový počet materiálů, který může být sledován na staveništi. Maximální počet materiálů na staveništi v jednom čase je 10. I toto bude řešeno v rámci následných prací na tomto projektu.

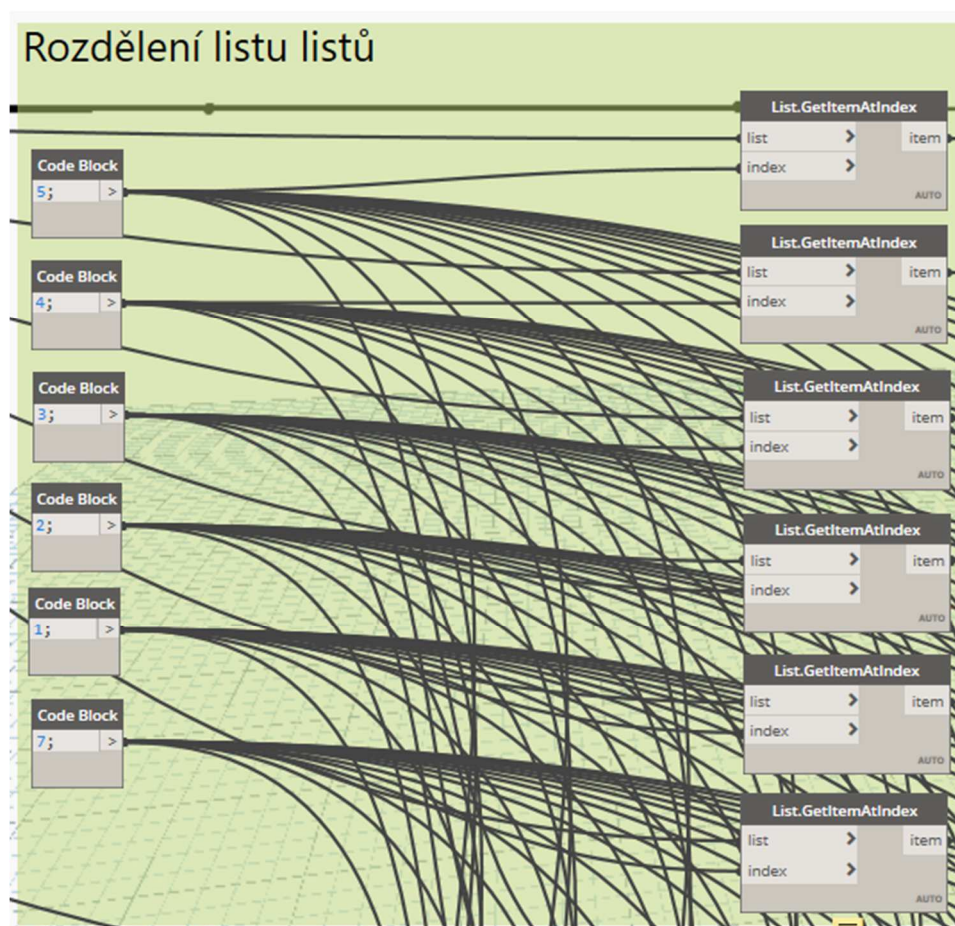
Na obrázku č. 43 je náhled tohoto dělicího skriptu. Tato skupina uzlů je ve skriptu 10x. Pro každý typ materiálu totiž potřebujeme vlastní skupinu.



Obrázek 43 Filtrace na základě jednotky množství

### Rozdělení parametrů do různých kanálů

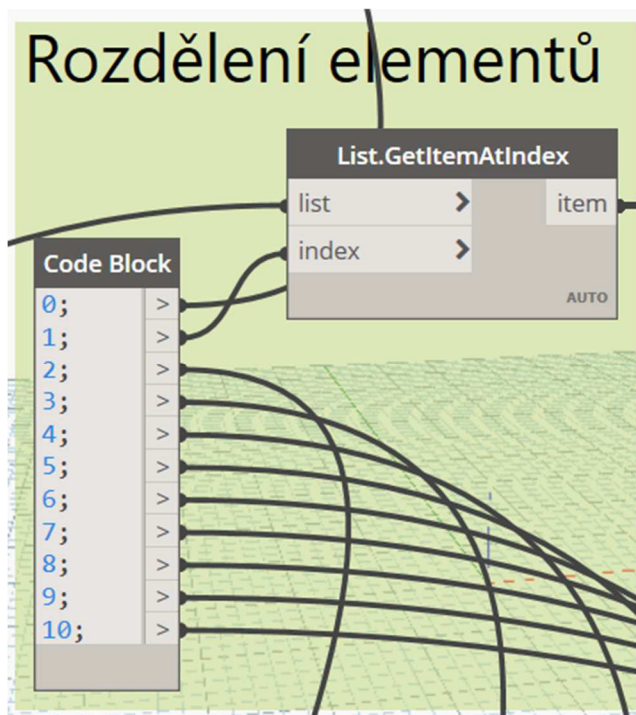
Roztřízený list listů z předchozího bodu rozdělíme pomocí indexů na jednotlivé parametry, které se pak řídí samostatně. Každá tato hodnota je na základě polohy ve vstupním excelu importována do příslušné skládky a příslušného parametru této skládky.



Obrázek 44 Rozdělení listu listů na jednotlivé parametry

## Rozdělení elementů

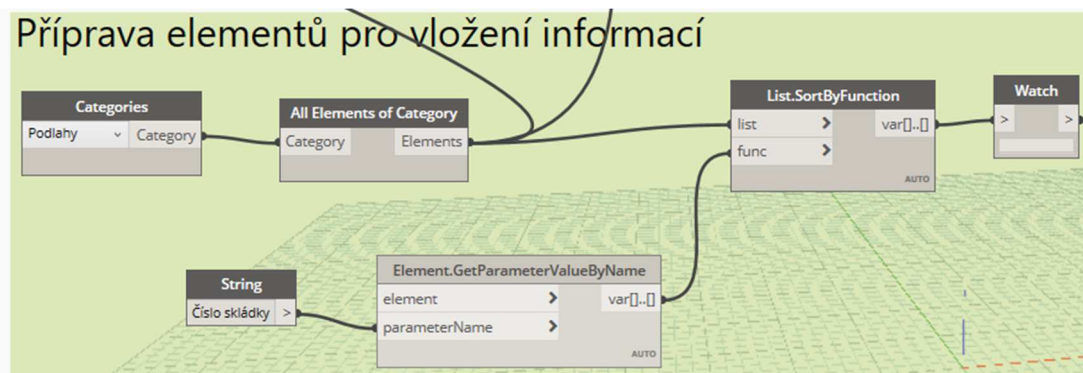
Výsledný list z předchozího bodu rozdělíme do jednotlivých kanálů. Seřazené pořadí, tak jak potřebujeme jsme provedli již při tvorbě vzorového excelovského souboru.



Obrázek 45 Rozdělení načtených elementů

## Příprava elementů pro vložení informací

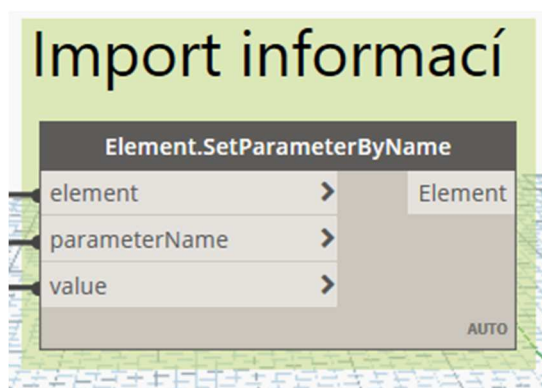
Tato část skriptu načítá skládky vytvořené předchozím skriptem Tvorba skládek a vytváří z nich seřazený seznam dle čísla skládky. Seřazení je důležité z hlediska následujících kroků.



Obrázek 46 Příprava elementů pro import informací

## Import parametrů

Posledním krokem zpracování informací z excelovského souboru je samotné vložení informací do informačního modelu stavby. K tomu slouží programovací uzel vyobrazený na následujícím obrázku. Do tohoto uzlu vstupují jako imputy element, parameter Name a value. Jako element vstupuje již vyfiltrovaná skládka, na kterou patří vkládaná informace. Parametr Name je uzel se jménem parametru, tak jak je uveden ve sdílených parametrech a představuje tak přesnou lokaci, kam se tato informace nahraje na výše zmíněné skládce. Posledním imputem je value. Tento imput představuje vlastní informaci, kterou chceme vložit.



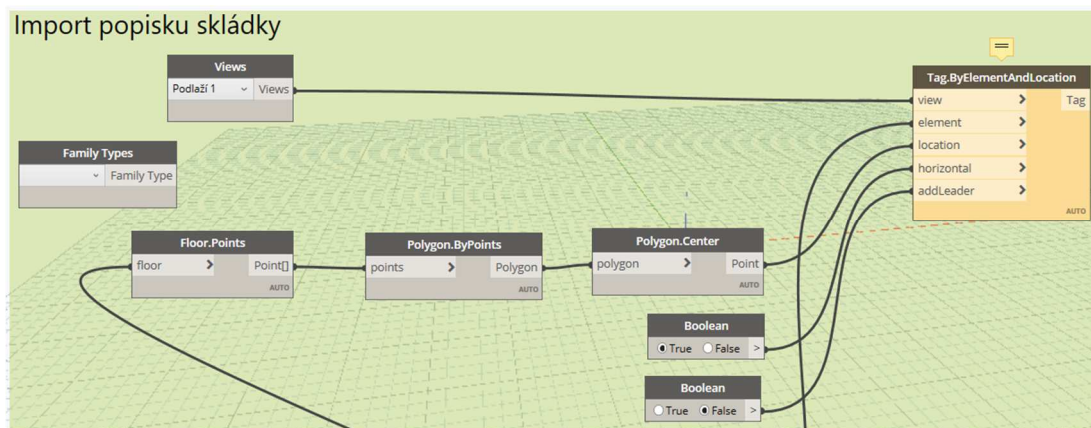
Obrázek 47 Programovací uzel importující informace do modelu

Tento uzel se ve skriptu nachází pro každý jeden vkládaný parametr i každou možnou variantu vložení tohoto parametru, i když ji zrovna nevyužíváme. Musí být zahrnuta, protože se tato varianta může při vkládání našich deseti možných materiálů vyskytnout.

## Import popisku skládky

Tato část skriptu vkládá popisek skládky do vytvořených skládek v informačním modelu stavby. Tento popisek obsahuje název výrobku a aktuální množství na staveništi. Vložení tohoto popisku je nastaveno tak, že se pokaždé vloží vodorovně a zarovná se stylem střed - střed. V případě potřeby je toto základní nastavení možno změnit. Dále si také můžeme zvolit do jakého výkresu či podlaží se nám tento popisek vloží. Pro změnu tohoto nastavení není potřeba otevírat a editovat samotný skript, ale postačí tento skript spustit v požadovaném podlaží. Po spuštění dostaneme upozornění, že ve skriptu je něco v nepořádku a objeví se nám okno s lokací popisku (zobrazí se programovací uzel Views). Zde stačí změnit název podlaží, kam se má výsledný popisek vložit.





Obrázek 48 Schéma skupiny uzlů vkládající popis skládky

Informace z předchozích bodů se neimportují do popisku skládky. Popisek skládky pouze zobrazuje informace umístěné v parametrech jednotlivých skládek.

Tímto bodem byla dokončena cesta skriptu pro vložení informací bez porovnání vkládaného množství s maximálním skladovatelným množstvím. V následujícím textu bude vysvětlena cesta s provedením zmíněné kontroly.

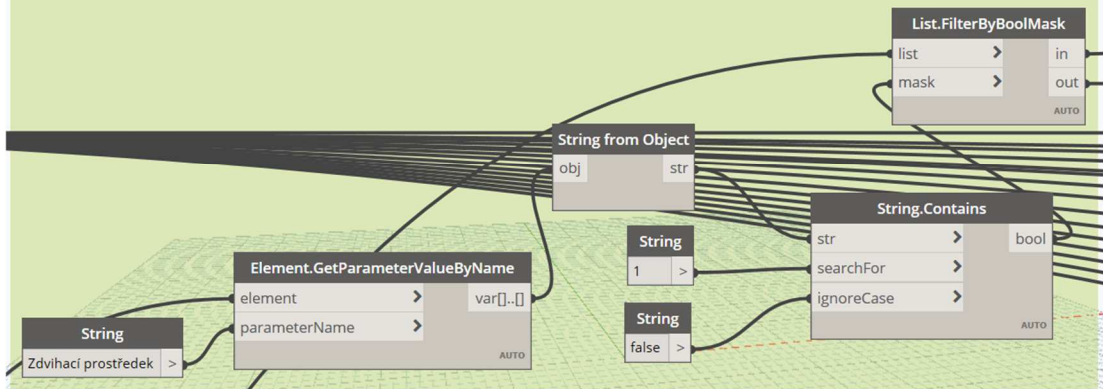
### Filtr na základě zdvihacího prostředku

V následující skupině uzlů načítáme list z bodu „Rozdělení parametrů do jednotlivých kanálů“. Z tohoto listu vyfiltrujeme hodnotu parametru „Zdvihací prostředek“. Parametr může dosahovat hodnot 0 nebo 1. Tato hodnota rozhoduje o další importu této informace do samotného informačního modelu stavby.

Hodnota parametru 0 znamená, že na staveništi není přítomen zdvihací prostředek a tak skladujeme tento materiál pouze v jedné úrovni. Naopak při dosažení hodnoty 1 je na staveništi přítomen zdvihací prostředek a tak nástroj při provádění této kontroly počítá se skladováním ve dvou výškových úrovních.

Na následujícím obrázku č. 47 je vyobrazena popisovaná skupina programovacích uzlů. Filtrovací uzel List.FilterByBoolMask představuje křížovátku pro následující kroky provedení kontroly vkládaného množství.

## Filtr na základě zdvihacího prostředku

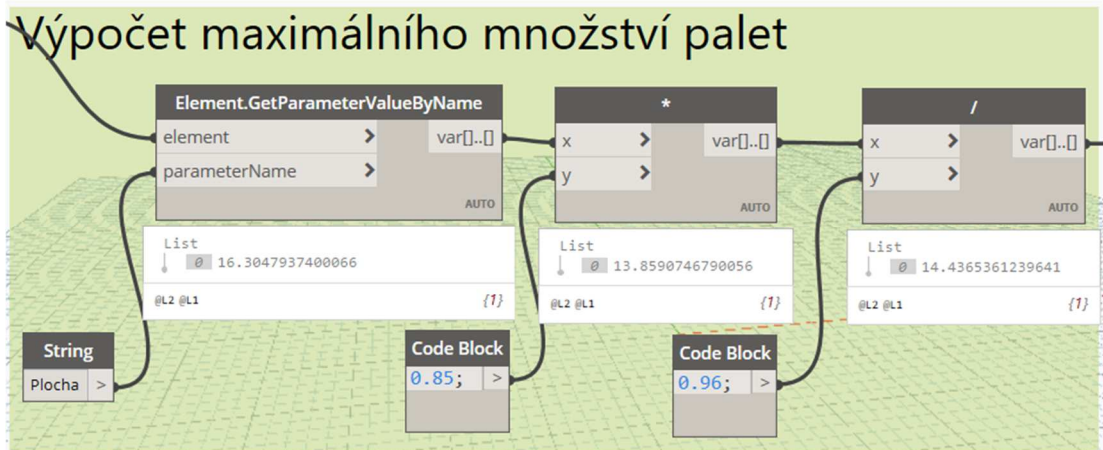


Obrázek 49 Filtr na základě přítomnosti zdvihacího prostředku na staveništi

## Výpočet maximálního množství palet

Tato část skriptu zjišťuje, kolik maximálně palet se vejde na kontrolovanou skládku. První koeficient 0,85 zmenšuje celkovou plochu skládky z důvodu skladovatelnosti palet. Tento koeficient zahrnuje minimální vzdálenosti palet od kraje skládky a samotné mezery mezi skládkami. Následující hodnota 0,96 představuje plochu europalety. Normovaná europaleta má rozměry 1200x800x144 mm.

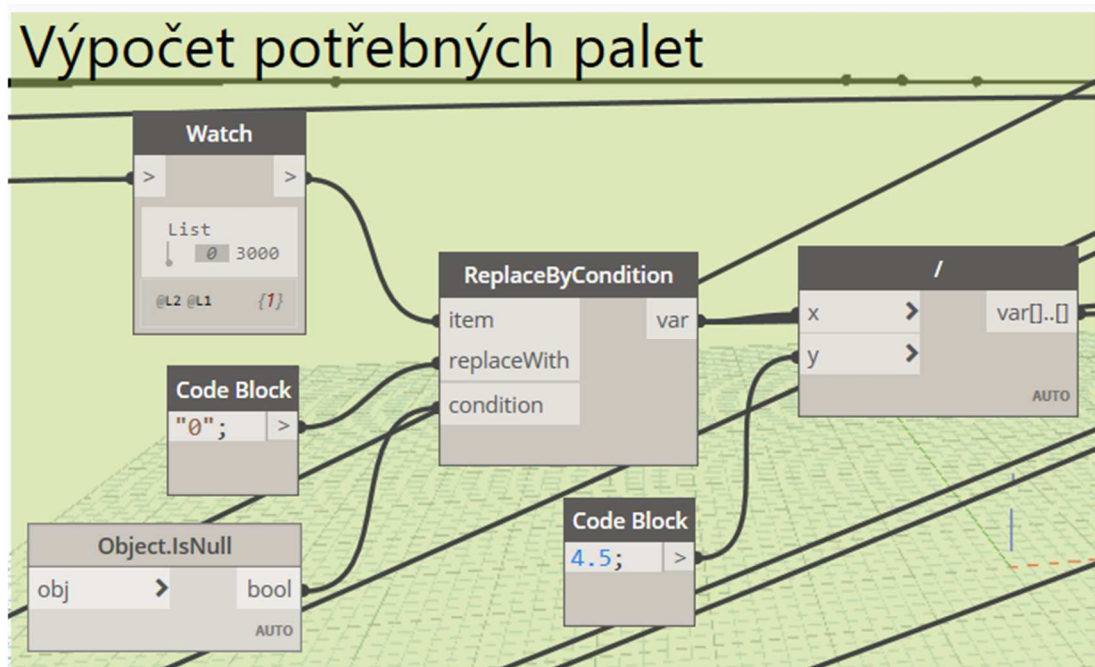
Touto skupinou uzlů začínají obě možné cesty materiálu, jak skladování v jedné výškové úrovni, tak skladování ve dvou výškových úrovních.



Obrázek 50 Výpočet maximálního množství palet

## Výpočet vkládaných palet pro jednořadé skladování

V této části skriptu dochází k výpočtu potřebných palet na základě vkládaného množství materiálu. Jako průměrná hodnota množství materiálu na paletě je brána hodnota 4,5 m<sup>2</sup>. V dalších verzích Nástroje se počítá s možností nastavení této hodnoty podle aktuálního materiálu. Vkládané množství se vydělí průměrnou hodnotou materiálu na paletě, a tak získáme množství palet, které potřebujeme uložit na skládku. Pro případ, kdy se vkládaný materiál nedostane až do tohoto bodu, je zde implementován systém pro příklad, kdy importovaná hodnota je prázdný uzel. Do prázdného uzlu je vkládána hodnota 0 pro správné fungování následujících procesů.

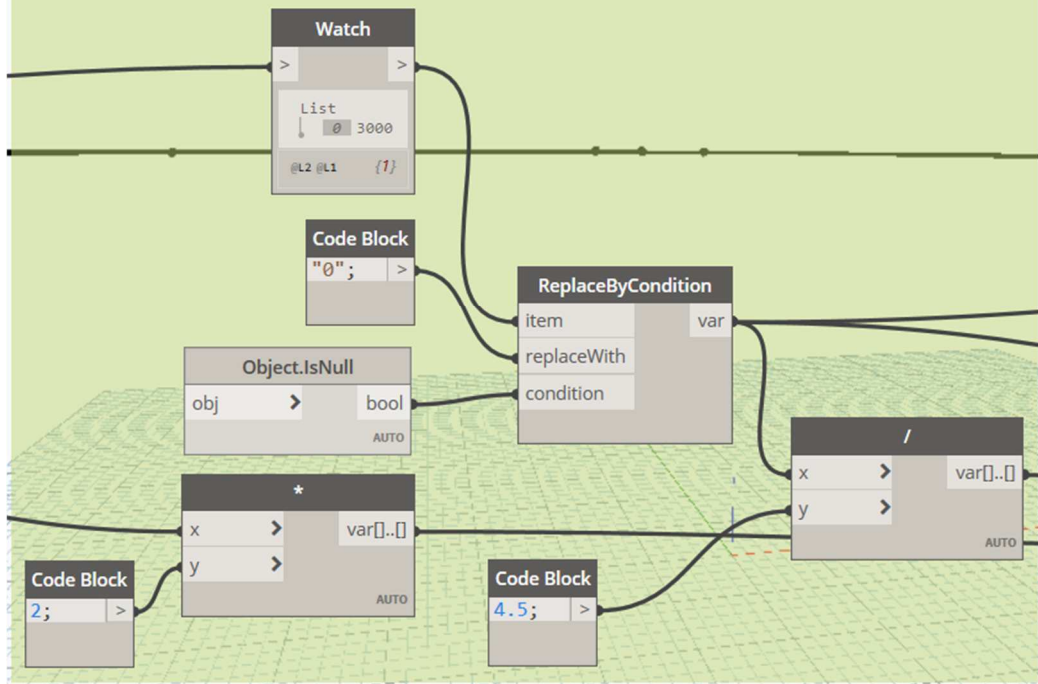


Obrázek 51 Výpočet vkládaných palet – jednořadé skladování

## Výpočet vkládaných palet pro dvouřadé skladování

Jedná se o tu samou skupinu uzlů jako v předchozím případě. Opět je zjišťována hodnota potřebných palet pro uložení vkládaného materiálu. Vkládané množství je děleno průměrnou hodnotou 4,5 m<sup>2</sup>. Rozdíl mezi předchozí skupinou a touto skupinou je, že množství palet, které je možné uložit na skládku na staveništi je přenásobeno dvěma. Opět je zde implementována pojistka proti případnému prázdnému uzlu, ve smyslu vložení nulové hodnoty.

## Výpočet potřebných palet

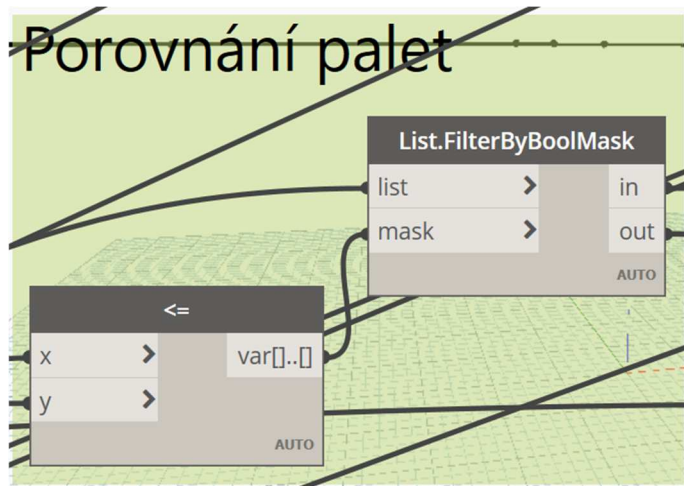


Obrázek 52 Výpočet vkládaných palet – dvouřadé skladování

### Porovnání maximálního možného množství palet s vkládaným množstvím palet

Tato skupina načítá hodnoty získané v minulých bodech a porovnává je mezi sebou. Opět rozděluje následující kroky. Pokud je skladovatelná hodnota palet větší nebo rovna vkládané hodnotě palet, pak je hodnota množství materiálu z původního excelovského souboru načítána přímo do parametrů v informačním modelu stavby.

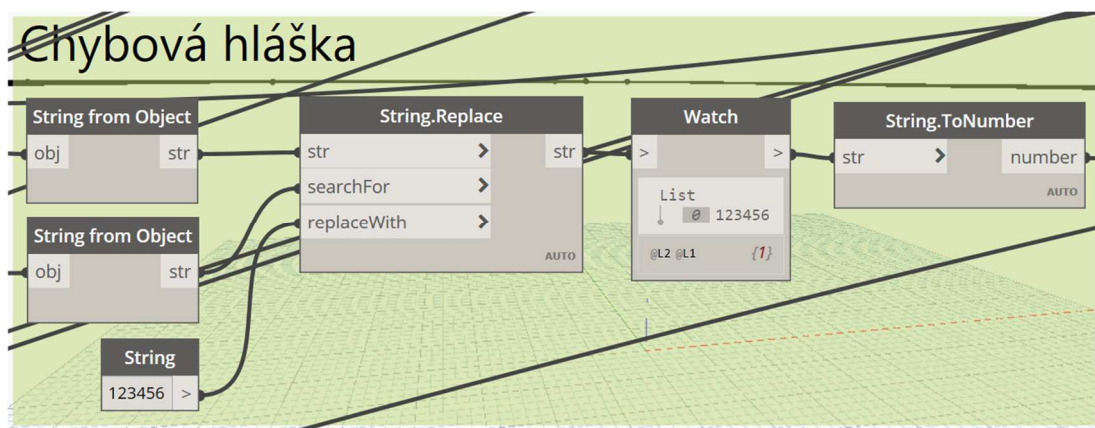
Pokud je počet vkládaných palet větší, než počet skladovatelných palet, potom tato informace prochází ještě další skupinou.



Obrázek 53 Porovnání číselných hodnot palet

## Import chybové hlášky

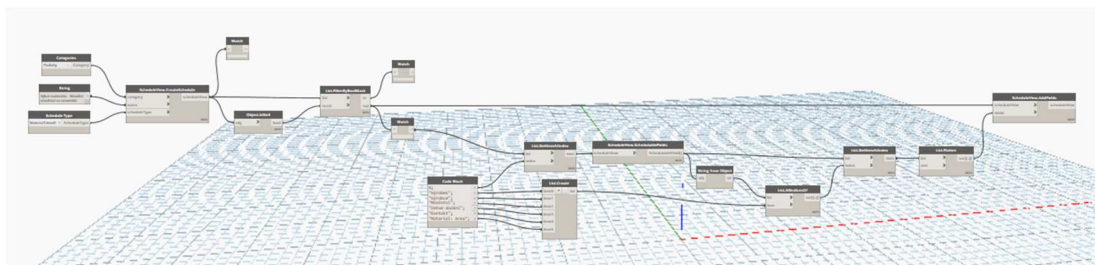
V případě, kdy je plocha skládky nedostačující Nástroj do informačního modelu stavby importuje chybovou hlášku. V první verzi nástroje je tato chybová hláška „123456“. V dalších verzích se počítá s textem jako chybovou hláškou. To však potřebuje složitější programování, jelikož nástroj v dalších funkcích s tímto parametrem počítá, a tak je potřeba mít celý tento parametr jako číslo.



Obrázek 54 Import chybové hlášky

### 2.2.2.3.3 Výkaz materiálů

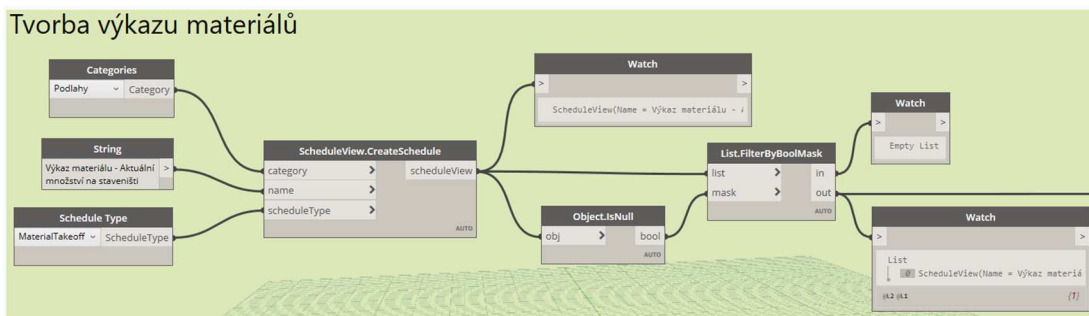
Pomocí skriptu Výkaz materiálů vytvoříme výkaz s aktuálním množstvím prvků a materiálů na staveništi. Tento výkaz se po vytvoření stále aktualizuje. Pokud chceme uchovávat kopie jednotlivých fází je třeba tyto fáze vyexportovat jako excel ven z informačního modelu stavby. V dalších verzích Nástroje se uvažuje přidání funkce automatického archivování vytvořených výkazů materiálů. Exportu výkazu jako excelovského souboru a uložení pod názvem výkazu plus aktuálního data. V následujících bodech bude tento skript detailně rozebrán.



Obrázek 55 Schéma výkazu materiálů s aktuálním stavem materiálu na staveništi

## Tvorba výkazu materiálů

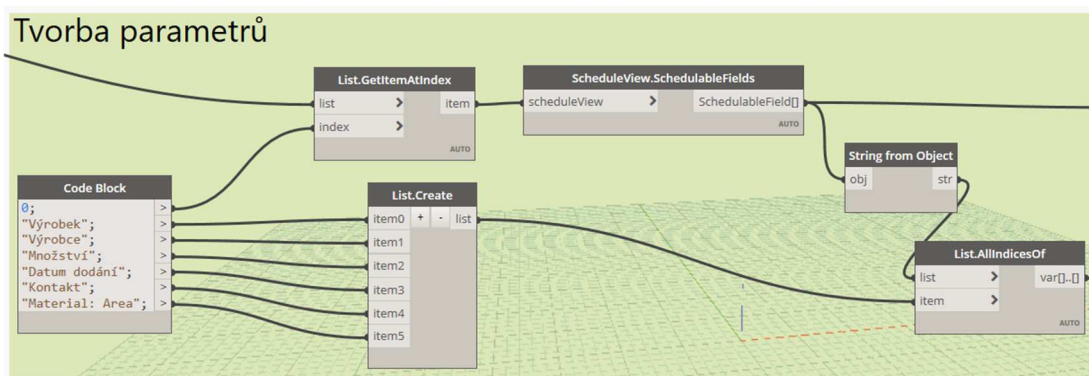
Tato skupina programovacích uzlů vytváří samotný výkaz materiálu se jménem Výkaz materiálu – Aktuální množství na staveništi. Dále je potřeba vložit požadovaný obsah výkazu materiálů.



Obrázek 56 Tvorba výkazu materiálů

## Tvorba seznamu zobrazovaných parametrů

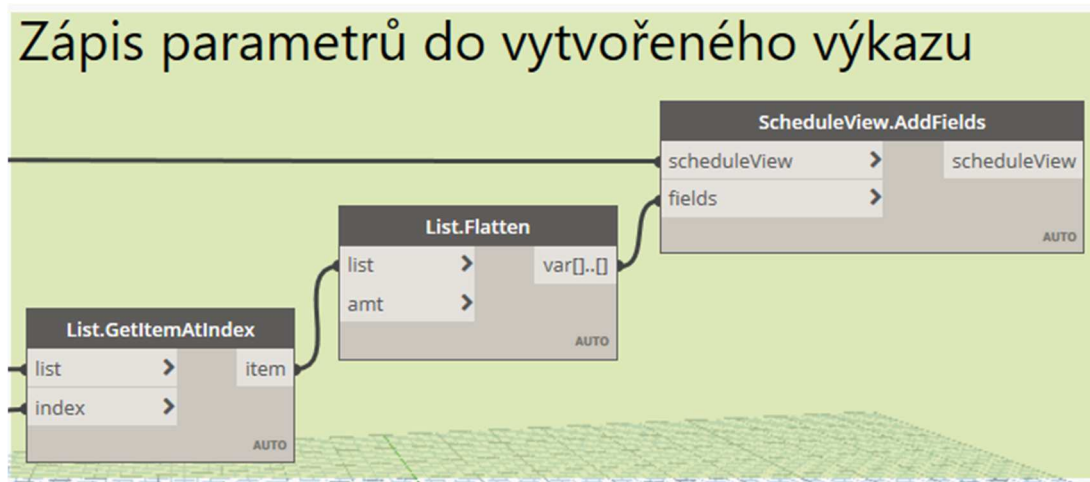
Dalším krokem je volba informací zobrazovaných ve výkazu materiálů. V první verzi je přednastaven výkaz s názvem výrobku, výrobcem, množstvím, datem dodání, kontaktem na výrobce či dodavatele a plochou skládky. Tento skript, ale opět není uzavřený, a tak je možné tyto parametry ručně upravit a doplnit. Jediné, co je potřeba je doplnit název parametru do Code bloku s názvy načítaných parametrů a u programovacího uzlu List.Create přidat tolik listů kolik přidáváme parametrů. Stejným způsobem je možné měnit pořadí sloupců zobrazovaných ve výsledném výkazu materiálů.



Obrázek 57 Tvorba obsahu výkazu

## Zápis parametrů do vytvořeného výkazu

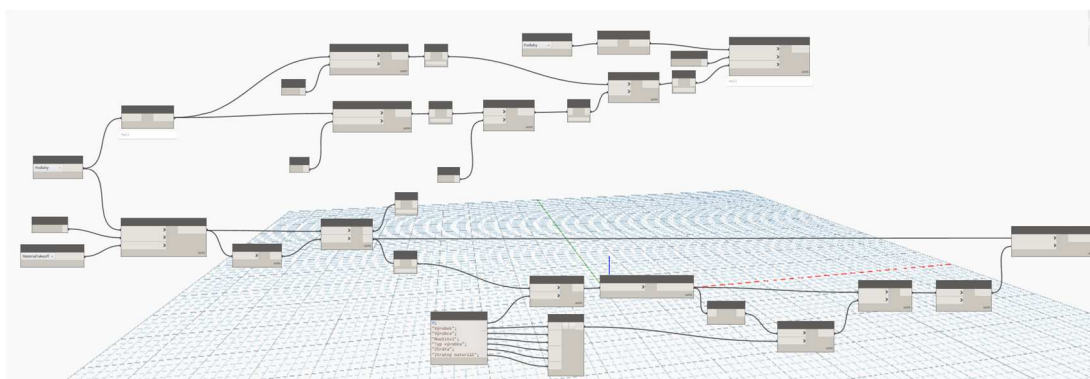
Vytvořený seznam z předchozího bodu pomocí následující skupiny programovacích uzlů nahrajeme do připraveného výkazu materiálů. Toto nastavení je přednastavení není konečné. Sloupce vložené do výkazu se dají upravovat nativním způsobem aplikace Autodesk Revit.



Obrázek 58 Zápis parametrů do vytvořeného výkazu

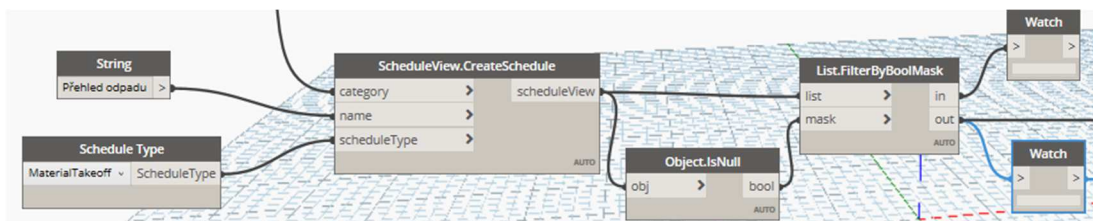
### 2.2.2.3.4 Výkaz ztratného materiálu

Následující skript zobrazuje předpokládané množství ztratného materiálu z aktuálních materiálů dostupných na staveništi.

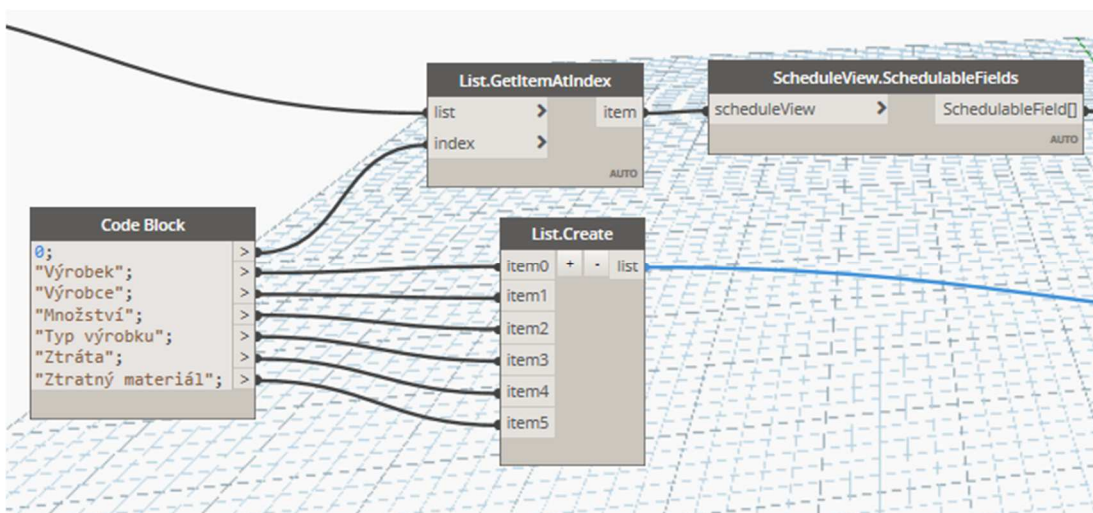


Obrázek 59 Schéma výkazu předpokládaného odpadu

Tento skript v sobě obsahuje i skript předchozí. Rozdílem jsou jiný název vytvářeného výkazu a rozdílné přednastavení výchozích sloupců výkazu. Na obrázcích č. 60 a č. 61 jsou vidět výše zmíněné rozdíly. Názvem tohoto skriptu je Přehled odpadu. Sloupce nastavenými ve výchozím nastavení jsou: Výrobek, Výrobce, Množství, Typ výrobku, Ztráta, Ztratný materiál.



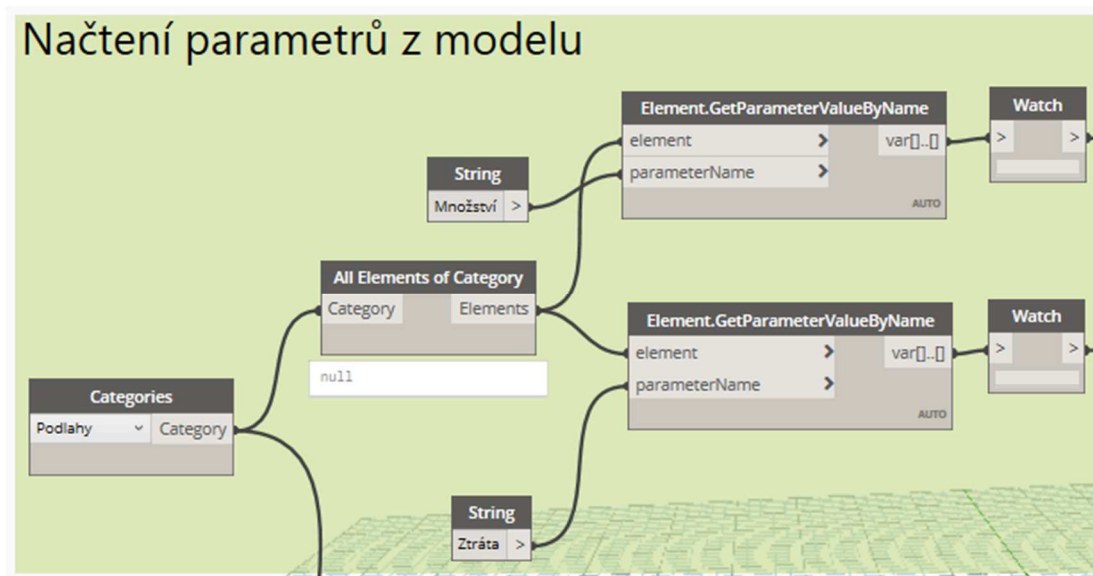
Obrázek 60 Jméno výkazu předpokládaného odpadu



Obrázek 61 Seznam parametrů ve výkazu odpadů

## Načtení parametrů z informačního modelu stavby

Pomocí následující skupiny programovacích uzlů Nástroj načítá informace uložené v informačním modelu stavby a vytváří seznamy těchto informací. Načítá parametry Množství a Ztráta, pomocí kterých se následně výsledná hodnota ztratného materiálu vypočítává.

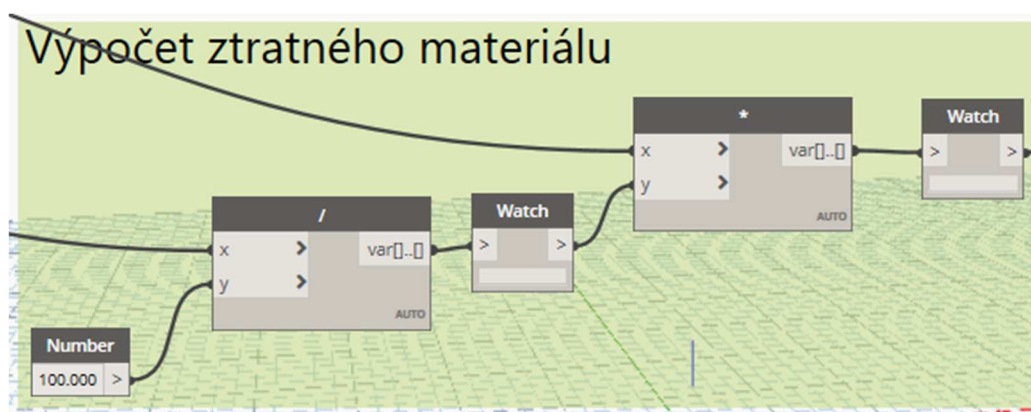


Obrázek 62 Načtení parametrů z informačního modelu stavby



## Výpočet ztratného materiálu

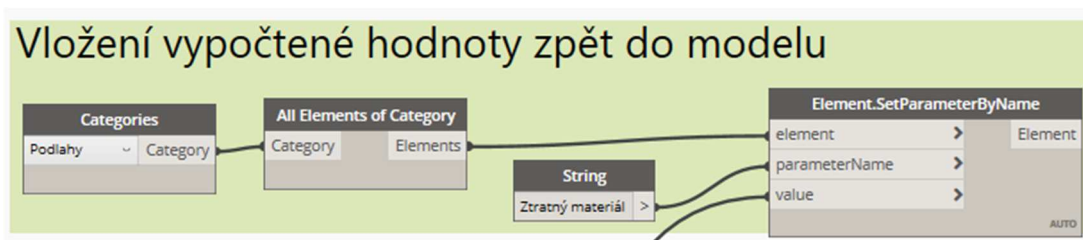
Předpokládaná ztráta materiálu je pomocí následující skupiny programovacích bodů převedena na desetinné číslo. Načtené množství posuzovaného materiálu je pak přenásobeno tímto desetinným číslem. Výslednou hodnotou je předpokládané množství ztratného materiálu.



Obrázek 63 Výpočet ztratného materiálu

## Vložení množství ztratného materiálu zpět do informačního modelu stavby

Vypočtenou hodnotu z předchozího bodu nahrajeme do informačního modelu stavby. K tomu slouží skupina programovacích uzlů vyobrazená na následujícím obrázku. Hodnota se importuje do předem připraveného parametru Ztratný materiál.



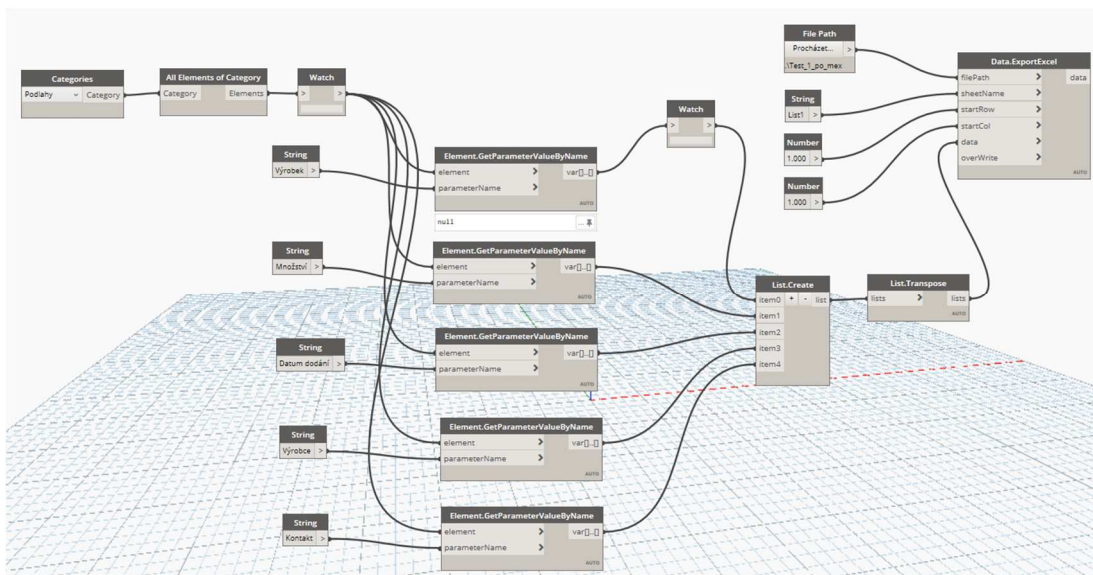
Obrázek 64 Import vypočtené hodnoty do modelu

### 2.2.2.3.5 Aktualizace informací v modelu

Aktualizace informací v informačním modelu stavby je zajišťována opět načtením Excelovského souboru. Pro tuto funkci není třeba vytvářet nový skript. Můžeme použít opět skript Import informací do modelu. Jen je třeba po spuštění skriptu změnit cestu k Excelovskému souboru obsahujícímu aktuální data. Tento excel musí být opět vytvořen na základě připraveného vzoru.

### 2.2.2.3.6 Aktualizace informací v excelovském souboru

Tento skript je pro případ, kdy provedeme změny přímo v informačním modelu stavby. Tyto změny potřebujeme promítnout zpět do Excelovského souboru a tím umožnit aplikaci na staveništi načíst tyto informace.



Obrázek 65 Základní schéma aktualizace informací

### Identifikace skládek v modelu

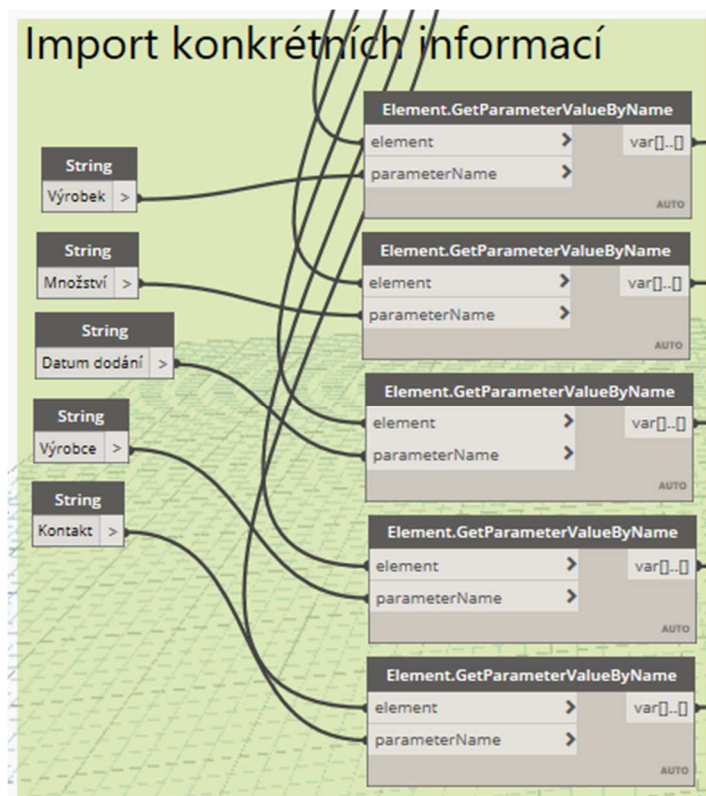
Prvním krokem pro export informací z modelu je identifikace používaných skládek v modelu stavby. Následující skupina programovacích uzlů identifikuje skládky a vytváří jejich seznam.



Obrázek 66 Identifikace skládek z modelu stavby

### Import konkrétních parametrů

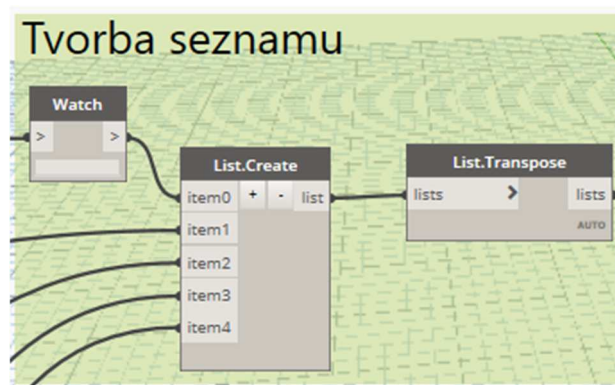
Na následujícím obrázku č. 67 je vidět seznam parametrů exportující své hodnoty do Excelu. Tento seznam se dá opět upravit přímo na míru každému zákazníkovi. V tomto případě je, ale potřeba tento skript otevřít a ručně přepsat jména požadovaných parametrů.



Obrázek 67 Import konkrétních parametrů

### Tvorba seznamu

Informace načtené z jednotlivých parametrů spojíme do jednoho seznamu. V tomto seznamu prohodíme osy x a y, tak aby odpovídaly originálnímu excelovému seznamu. Takto upravené informace jsou připraveny k exportu ven z modelu.

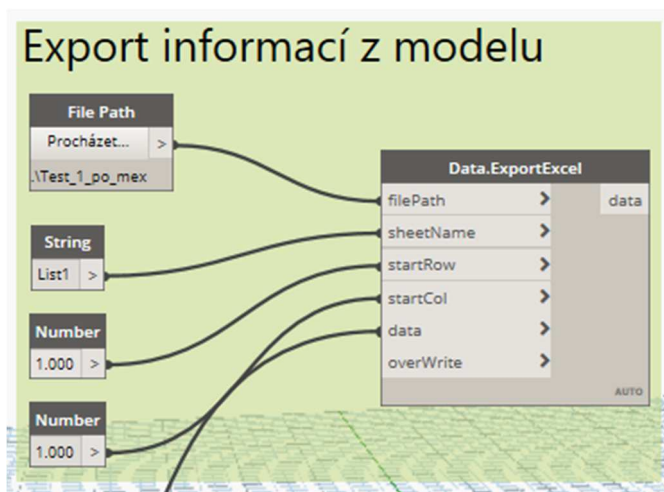


Obrázek 68 Tvorba seznamu

### Export informací z modelu

V první verzi nástroje se počítá s tím, že si uživatel vytvoří prázdný excelovský sešit podle vlastních pravidel pojmenování. Do tohoto sešitu se pak pomocí

popisovaného nástroje importují informace z informačního modelu stavby. K tomu slouží skupina programovacích uzlů zobrazená na následujícím obrázku.



Obrázek 69 Export informací z modelu

#### 2.2.2.3.7 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace má za úkol držet pracovníky na staveništi v aktuálním obraze. Jejím přínosem je také možnost improvizace s ukládáním nově příchozího materiálu přímo na staveništi. Návrh této aplikace je pro potřeby této diplomové práce pouze teoretický. Reálně bude naprogramována v rámci pokračujících prací na tomto projektu mimo záběr diplomové práce.

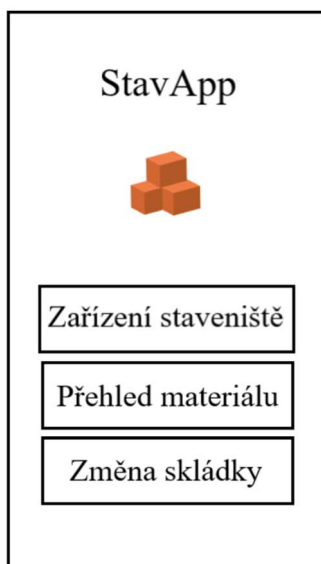
Základní princip aplikace je načítání a změna informací ve sdíleném souboru. Tento soubor mění informace v aplikaci i v informačním modelu stavby. Pokaždé když aplikace mění informace ve sdíleném souboru uloží jeho kopii se jménem a datem změny. Jednotlivé funkce aplikace budou detailněji popsány v následujícím textu.

#### Úvodní obrazovka

V první verzi je aplikace bez přihlášení a bez možnosti přepínání mezi jednotlivými projekty. Aplikace načítá soubor z předem nastavené složky a ukládá ho zpět na své místo. V následujících verzích se počítá s vytvořením osobních účtů a možností přepínání mezi více projekty.

Úvodní obrazovka první verze tedy obsahuje rozcestník mezi jednotlivými funkcemi. Nabízenými funkcemi jsou:

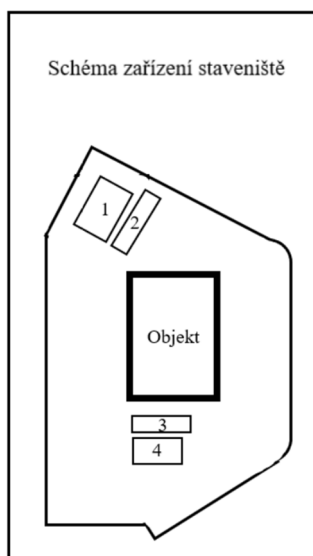
- Zařízení staveniště
- Přehled materiálu
- Změna skládky



Obrázek 70 Úvodní obrazovka

### **Zařízení staveniště**

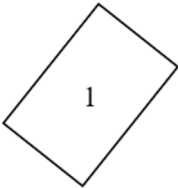
Pod ikonou Zařízení staveniště se ukrývá schéma zařízení staveniště. Tedy velice zjednodušený výkres zařízení staveniště, kde jsou vyobrazeny navržené skládky, objekty stavby a jejich označení.



Obrázek 71 Schéma zařízení staveniště

Následujícím krokem je vybrání jedné ze skládek. Zvolením jedné skládky se dostáváme do okna, které je vyobrazeno na obrázku č. 72. Zobrazí se nám detail vybrané skládky se všemi dostupnými informacemi.

Skládka: 1



Výrobek	25 AKU Z
Výrobce	Porotherm
Množství	50 m2
Kontakt	<a href="http://www.wienerberger.cz">www.wienerberger.cz</a>
Datum dodání	01.11.2019
Ztratný materiál	10 m2

Obrázek 72 Detail skládky

### Přehled materiálu

Další základní funkcí dostupnou z úvodní obrazovky je Přehled materiálů. Pomocí této funkce se dostaneme na okno zobrazené na obrázku č. 74. V tomto oknu se zobrazuje vždy aktuální seznam materiálů dostupný na staveništi. U každého materiálu jsou zobrazeny všechny dostupné informace z informačního modelu stavby.

Přehled materiálů

Číslo skládky	Výrobek
1	250 AKU Profi
2	Beton C20/25
3	Písek pranný frakce
4	Okno one 1500x1500
5	Betonářská výztuž
6	Kamenivo 6/18 mm

Obrázek 73 Přehled materiálu

Tabulka s přehledem materiálu je editovatelná. Takže pokud se na staveništi vyskytnou nějaké změny mohou být zaneseny do systému rovnou pomocí aplikace. Takto se změny dostanou rychle k pracovníkovi, který je může aktualizovat i v informačním modelu stavby. Tímto způsobem jsou udržovány všichni účastníci stavebního procesu v aktuálním obraze.

### Změna skládky

Poslední možnou variantou, kam se vydat z úvodního okna aplikace je funkce Změna skládky. Tato funkce je určena pro případ, kdy na staveništi dorazí materiál určen pro skládku, která je stále obsazena předchozím materiálem. Na obrázku č. 74 je vyobrazeno okno s přehledem obsazenosti staveništi. Pokud je skládka obsazena je zvýrazněna červeně. Bílé skládky jsou volné a dostupné pro uložení příchozího materiálu. Vysvětlivky jsou uvedeny pod schématem zařízení staveništi v legendě obsazenosti staveništi. Kromě skládek jsou v tomto schématu vyobrazeny i všechny stavební objekty.



Obrázek 74 Změna skládky

Dotykiem vybereme volnou skládku a dostaneme se do tabulky přehledu materiálu, který má být v tomto období dostupný na staveništi. Tento seznam vychází z informací získaných z harmonogramu stavby. Příklad tohoto seznamu je vidět na následujícím obrázku č. 75.

Výpočet

Vyberte ukládaný materiál

Číslo skládky	Výrobek
1	250 AKU Profi
2	Beton C20/25
3	Písek pranný frakce
4	Okno one 1500x1500
5	Betonářská výztuž
6	Kamenivo 6/18 mm

Obrázek 75 Přehled variant ukládaného materiálu

Po výběru ukládaného materiálu provede aplikace na základě všech dostupných informací kontrolu plochy skládky, jestli je možné vybraný materiál na tuto konkrétní skládku umístit. Po provedení výpočtu dostaneme jedno z následujících oken.

- Informaci o provedení úspěšné kontroly a následné změně informací ve sdíleném souboru.
- Informaci o negativním výsledku kontroly se žádostí o výběr jiné volné skládky.

<p>Zkontrolováno</p> <p>Změny byly uloženy do sdíleného souboru</p>	<p>Nevyhovělo</p> <p>Vyberte jinou skládku</p>
---	--

Obrázek 76 Výsledky výpočtu plochy



### **2.2.3 Zhodnocení vytvořeného nástroje a aplikace**

Tato část diplomové práce je zaměřena na hodnocení navrženého nástroje a aplikace. Budou zde shrnuty všechny výhody, nevýhody a limitace tohoto řešení.

Úvodem je třeba říci, že se jedná o první verzi nástroje a aplikace. Některé funkce budou přidány následujícími verzemi a stávající funkce jsou stále ve vývoji a velkým přínosem k vývoji budou také zpětné vazby od prvních uživatelů.

#### **2.2.3.1 Výhody**

Mezi výhody vytvořeného nástroje a aplikace patří hlavně jednoduchost. Nástroj přináší automatizaci do manuálních procesů, a tak značně zrychluje aktualizaci informací v informačním modelu stavby.

Přínosem aplikace je zpřesnění a zrychlení komunikace mezi staveništěm a ostatními účastníky stavebního procesu. Další výhodou aplikace je i propojení improvizací na staveništi přímo s informačním modelem stavby. Pokud je pro výběr nové skládky na staveništi využita aplikace či jsou změny zapsány do přehledu materiálu. Pak se tyto informace automaticky dostávají ze staveniště do informačního modelu stavby.

#### **2.2.3.2 Nevýhody**

Hlavní nevýhodou vytvořeného nástroje je omezení použití pouze na software Autodesk Revit. S tím souvisí i další nevýhoda, nástroj není samostatný. Je vytvořený v programovací aplikaci, a tak jeho funkčnost závisí na funkčnosti programovací aplikace. Jednoduchá úprava funkce jakéhokoliv programovacího uzlu může zničit kompletní skripty nástroje.

Nevýhodou aplikace je, že stále zůstává pouze v teoretické rovině. Zbylé nevýhody se ukáží až při testování na praktických příkladech.

#### **2.2.3.3 Limitace**

Největší nevýhoda a největší limitací nástroje je omezení použití pouze na softwaru Autodesk Revit. První verze nástroje i aplikace je limitována i v mnoha ohledech. Například jde použít pouze pro staveniště s maximálním počtem deseti materiálů zároveň. Funkce kontroly skladovatelného množství probíhá pouze pro

materiály skladovatelné v jednotce m<sup>2</sup>. Při exportu z plánovacího programu je potřeba upravit export podle vzoru.

## 2.3 Praktický příklad použití navržené metodiky v praxi

Následující část je zaměřena na praktickou ukázkou navržené metodiky za použití navrženého nástroje a aplikace. Bude popsán celý průběh procesu a vše co je potřeba pro implementaci výsledků této diplomové práce.

### 2.3.1.1 Použité softwary

Pro použití navrženého nástroje a aplikace ve stavebním procesu je potřeba následující skupina softwarů. Některé z uvedených softwarů se dají nahradit jinou variantou stejného typu softwaru. Softwary, které však nelze nahradit jsou Autodesk Revit a Microsoft Excel. V tabulce č. 3 jsou uvedeny použité softwary a jejich hlavní funkce v procesu.

Software	Funkce
Microsoft Project	Časové plánování – vstupní informace.
Microsoft Excel	Hostí sdílený soubor pro výměnu informací mezi všemi formáty.
Autodesk Revit	Hostí informační model stavby
Dynamo	Programovací aplikace – skripty
StavApp	Aplikace – výměna informací mezi událostmi na staveništi a informačním modelem stavby.

*Tabulka 4 Použité softwary*

### 2.3.1.2 Výběr praktického příkladu a popis vstupních parametrů projektu

Jako praktický příklad uvedu celý proces na příkladu stavebního výrobku, který je vhodné sledovat až po zabudování do konstrukce a příkladu stavebního materiálu, u kterého končí proces sledování odběrem stavebního materiálu ze skládky.

Pro svůj praktický příklad jsem zvolil jako stavební výrobek na míru vytvořená okna, a jako stavební materiál příklad zdícího materiálu.

Vstupní parametry se můžou lišit projekt od projektu. Tyto parametry jsou potřeba ujasnit před započítáním projektu. Základní vstupní parametry dostáváme z časového harmonogramu stavby.

### 2.3.1.3 Průběh metodiky na příkladu

Následující text obsahuje jednotlivé body procesu krok za krokem.

#### 2.3.1.3.1 Příprava informačního modelu budovy

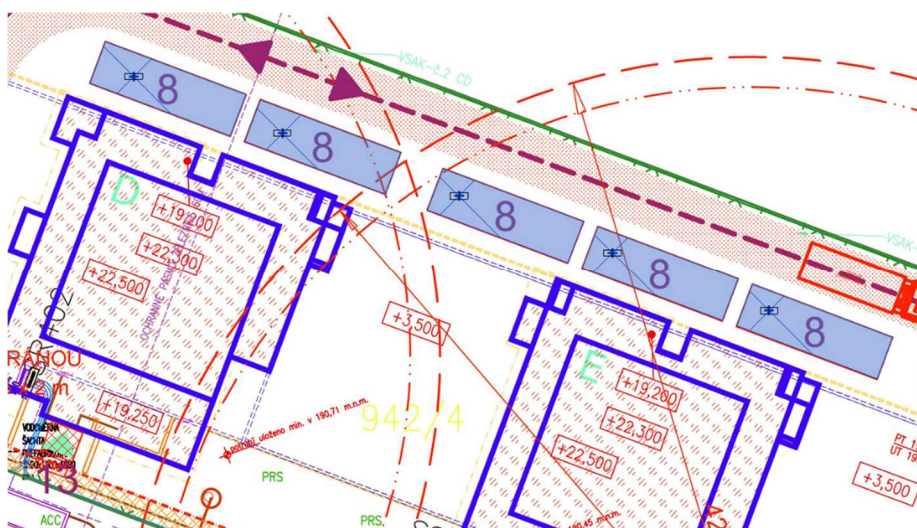
Před započítáním sledovacího procesu je na něj informační model třeba připravit. Připravíme soubor s potřebnými sdílenými parametry. V rámci první verze nástroje je vytvořen i soubor se základními sdílenými parametry potřebnými pro sledování. Tyto parametry nahrajeme jako projektové parametry do informačního modelu stavby. Jak je popsáno v bodě 2.2.1.

#### 2.3.1.3.2 Sběr dat

Data jsou sbírána z různých zdrojů časové informace z plánovacího softwaru, informace o výrobcích přímo od výrobců či dodavatelů, technologické postupy a předpisy od technologů. Data jsou sbírána do základního excelovského souboru. Kde jsou vyplněna podle potřeb nástroje.

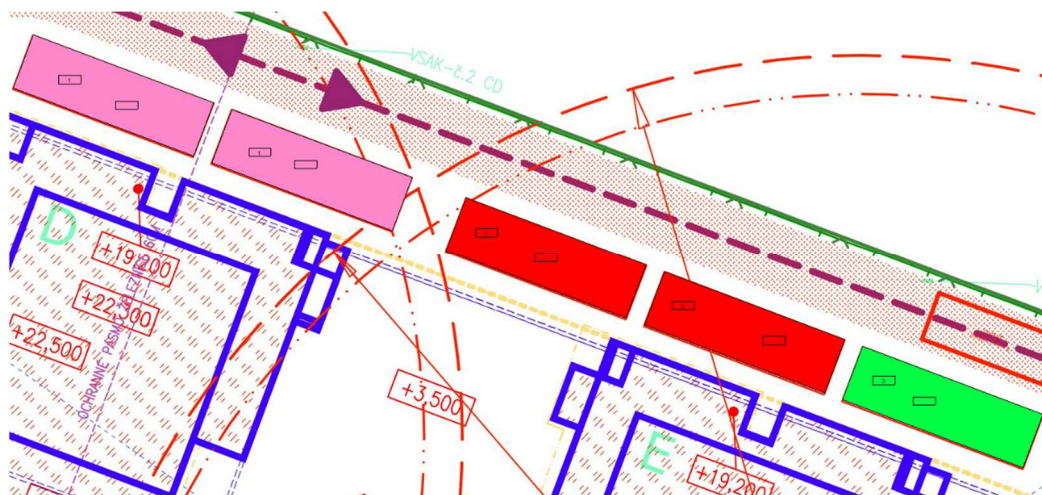
#### 2.3.1.3.3 Příprava zařízení staveniště

Vytvořený výkres zařízení staveniště importujeme do informačního modelu stavby. Pomocí oddělovače místností obtáhneme skladovací prostory, tyto prostory pak vyplníme místnostmi. Ve vlastnostech vytvořených místností vyplníme typ skládky a číslo skládky.



Obrázek 77 Vytvořené místnosti na plochách skládek

Pro vytvoření fyzických skládek v informačním modelu stavby je třeba spustit skript Tvorba skládek. Princip a funkce tohoto skriptu jsou popsány v bodě 2.2.2.3.1. Pomocí tohoto skriptu se ve výkresu zařízení staveniště vytvoří různé typy skládek s připravenými prázdnými parametry pro import informací o ukládaných stavebních prvcích a materiálech.



Obrázek 78 Vytvořené prázdné skládky

#### 2.3.1.3.4 Import vstupních informací

Import vstupních informací do informačního modelu stavby je zajištěn pomocí skriptu Import informací do modelu. Funkce tohoto skriptu jsou popsány v bodě 2.2.2.3.2. Základní informace o všech navržených materiálech mohou být připraveny v excelovském souboru již před samotným importem do informačního modelu stavby.



Obrázek 79 Importované informace do modelu stavby

### 2.3.1.3.5 Proces sledování jednotlivých prvků od výroby až po doručení na stavenišťě

Pro vlastní sledování jednotlivých prvků je třeba vytvořit unikátní čárové kódy pro každý sledovaný materiál či stavební prvek. Pro potřeby diplomové práce jsou vytvořeny čárové kódy ve free generátoru čárových kódů. Pro případ speciálního okna vytvořeného přímo na míru našeho projektu je to QR kód vyobrazený na následujícím obrázku. Po načtení tohoto kódu na různých stanovištích procesu sledování

#### Generování statického QR kódu zdarma

Text     Vizitka     SMS     E-mailová zpráva  
 Přístup k wifi     Odkaz na webovou stránku

Zakódujte do QR kódu jakýkoli požadovaný text. Text se zobrazí na obrazovce, jakmile se QR kód naskenuje.

Výrobek: Okno [1500x1110mm](#)  
Výrobce: [Oknonemame](#)  
Množství: [10ks](#)  
Datum dodání: 1.11.2019  
Kontakt: [www.oknonemame.cz](#)

388

Obrázek 80 Tvorba čárových kódů



Obrázek 81 Příklad vygenerovaných čárových kódů pro testované materiály

Takto vytvořené čárové kódy odešleme spolu s objednávkou a instrukcemi o sledovacím procesu výrobcí či dodavateli. Před samotným objednáním je třeba se s dodavateli domluvit, zda jsou schopni a ochotni kromě svého sledovacího procesu používat i náš sledovací proces.

V případě prvků vytvářených přímo pro potřeby našeho projektu jsou stádia sledování stavebního prvku:

- Objednání
- Započetí prací na výrobě stavebního prvku
- Dokončení výroby stavebního prvku
- Uložení do skladu
- Expedice ze skladu
- Předání prvku dopravci
- Převzetí na staveništi
- Vyzvednutí ze skládky na staveništi
- Zabudování do konstrukce

V případě prvků, které nejsou potřeba sledovat až po zabudování do konstrukce:

- Objednání
- Expedice ze skladu
- Předání materiálu dopravci
- Převzetí materiálu na staveništi
- Zabudování do konstrukce

Při každém načtení čárového kódu se ve sdíleném souboru změní status sledovaného materiálu, a tak jsme schopni sledovat aktuální polohu materiálů v procesu. Na základě těchto informací jsme schopni reagovat na případná zpoždění včas.

#### **2.3.1.3.6 Improvizace s umístováním materiálů na skládku**

V případě, kdy není možné uložit materiál na požadovanou skládku je potřeba vybrat adekvátní náhradu. K tomu slouží funkce aplikace Změna skládky, která je popsána v bodě 2.2.2.3.7.

### 2.3.1.3.7 Tvorba výkazu výměr

Pomocí skriptu Výkaz aktuálního stavu materiálů vytvoříme aktuální výkaz materiálů nacházejících se na staveništi se všemi potřebnými informacemi.

<Výkaz materiálu - Aktuální množství na staveništi>						
A	B	C	D	E	F	G
Číslo skládky	Výrobek	Výrobce	Množství	Datum dodání	Kontakt	Material: Area
1	Beton C20/25	Skanska a.s.	5	2.11.2019	www.skanska.cz	57 m <sup>2</sup>
2	Betonářská výztuž	Ocelujem spol.	123456	5.11.2019	www.ocelujem.cz	57 m <sup>2</sup>
3			123456			57 m <sup>2</sup>
4	25 AKU Z	Porotherm	50	1.11.2019	www.wieneberger	57 m <sup>2</sup>
5	Okno 1500x1110	Oknonemame	10	1.11.2019	www.oknonema	57 m <sup>2</sup>

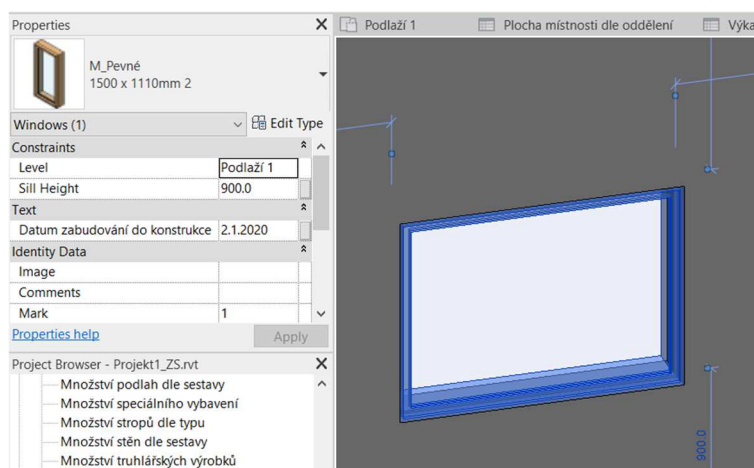
Obrázek 82 Výkaz aktuálního množství materiálu na staveništi

### 2.3.1.3.8 Postupné odebírání materiálů ze skládky

V případě materiálů sledovaných až po zabudování do konstrukce sledují toto odebírání opět čárové kódy jako při celém předchozím procesu sledování. Naopak v případě materiálů, které nesledujeme až po zabudování do konstrukce je postupné odebírání sledováno pomocí mobilní aplikace. Mistr či stavbyvedoucí by vždy měli mít přehled kdo co odebírá z jednotlivých skládek, a tak jednoduše vždy odebírané množství zaznamená do navržené aplikace.

### 2.3.1.3.9 Zabudování do konstrukce

Posledním krokem sledování materiálu je samotné zabudování do konstrukce. Po dokončení prací na daném prvku je načten jeho čárový kód, a tak je jeho proces ukončen. QR kód tuto informaci přenesení do informačního modelu stavby. Tato konečná informace je importována do samotné rodiny sledovaného prvku. Příklad je vyobrazen na obrázku č.83.



Obrázek 83 Datum zabudování do konstrukce

#### **2.3.1.3.10 Analýza získaných dat**

Díky ukládání všech změn ve sdílených souborech, můžeme po skončení projektu, nebo i v průběhu projektu analyzovat různé aspekty projektu. Dají se například vytvořit grafy zobrazující zpoždění dodávek materiálů na stavenišťe či samotné zabudování prvků do stavebních konstrukcí a jejich vliv na dokončení celého projektu.



## Závěr

Cílem mé diplomové práce byl návrh metodiky a vývoj nástroje pro zefektivnění logistiky stavebních materiálů a stavebních výrobků na staveništi. Nástroj a aplikace vytvořené v rámci této diplomové práce mají primárně sloužit k překlenutí této „přechodové“ doby, kdy projekční kanceláře začínají používat myšlenku BIM, ale realizační část stavebního procesu většinou zůstává u klasického projektování.

Časovým skluzem dochází na českých staveništích k zmatkům s umístováním stavebních materiálů na konkrétní skládky. Většinou se výsledky této improvizace nedostanou zpět do projektové dokumentace a tím pádem se tento chaos jen posouvá dál v průběhu celé realizační fáze projektu. Toto by mělo být odbouráno pomocí navržené aplikace, která změnu ihned předá směrem k informačnímu modelu stavby.

Data získané sledováním oběhu materiálů se také dají využít k proaktivnímu objednávání materiálu. Nemusíme čekat až materiál dojde nebo až materiál nedorazí včas na staveništi, ale můžeme zareagovat předem a tím ušetřit zpoždění výstavby. Po dokončení projektu lze vyhodnotit získaná data a získat tak rizikové části projektu, ve kterých jsme ztratili čas či finance. Z těchto analýz se následně můžeme poučit do následujících projektů. Informace uložené pomocí nástroje mohou být pro určité prvky později využity i ve facility managementu.

V ideálním světě budou jasně dána všechna pravidla pro fungování v rámci BIM. Bude jedno pomocí jakého softwaru, od jaké společnosti budou jednotlivé části projektu naprojektovány, protože bude jasně definován výměnný formát tak, aby nedocházelo ke ztrátám informací a bylo možné jednotlivé projekční části snadno přebírat a spojovat.

Doporučoval bych všem společnostem zainteresovaným do stavebního procesu, aby začaly s implementací BIM do svých interních procesů co nejrychleji, tak aby došlo k digitalizaci stavebnictví a tím k zrychlení výměny informací a k zpřesnění procesů výstavby.

## Použitá literatura

- P. Matějka, E. Hromada, N. Anisimova, J. Dobiáš, P. Kovář a I. Kozáková, Základy implementace BIM na českém stavebním trhu, Praha: B. Kadeřábková FINECO, 2012. ISBN: 978-80-86590-10-3.
- 1] Z. Rudovský, „PREZI,“ 2016. [Online]. Available: <https://prezi.com/m4utsp9ghoz0/bim-uvod-do-problematiky/>. [Přístup získán 16 11 2019].
- 2] Š. Tomanová, „CKAIT,“ 19 4 2016. [Online]. Available: [http://www.ckait.cz/sites/default/files/princi\\_metodiky\\_bim.pdf](http://www.ckait.cz/sites/default/files/princi_metodiky_bim.pdf). [Přístup získán 16 11 2019].
- 3] R. McPartland, „NGS,“ 10 7 2017. [Online]. Available: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>. [Přístup získán 17 11 2019].
- 4] Ministerstvo průmyslu a obchodu, „MPO,“ 10 2017. [Online]. Available: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>. [Přístup získán 23 11 2019].
- 5] Centrum pro podporu počítačové grafiky ČR s.r.o., „Centrum pro podporu počítačové grafiky ČR s.r.o.,“ [Online]. Available: <http://www.cegra.cz/bim/zavadeni-bim-v-cr/>. [Přístup získán 23 11 2019].
- 6] „czBIM,“ Představenstvo spolku Odborná rada pro BIM z.s., [Online]. Available: <http://bimin.cz/2261-vse-o-bim-bim-ve-svete.aspx>. [Přístup získán 24 11 2019].
- 7] E. Valero, A. Adán a C. Cerrada, „PMC,“ 3 7 2015. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4541864/>. [Přístup získán 1 12 2019].
- 8]

9] M. Mazánek, P. Pechač a J. Vrba, *Základy antén, šíření vln a mikrovlné techniky*, Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2018. ISBN: 978-80-01-03997-7.

10] „GS1,“ [Online]. Available: <https://www.gs1.cz.org/media/volne-dostupne-brozury/publikace-epc-rfid.pdf>. [Přístup získán 1 12 2019].

11] N. C. Karmakar, *Handbook of Smart Antennas for RFID systems*, Hoboken: John Wiley & Sons, 2010. ISBN: 978-0-470-38764-1.

12] „Svět etiket,“ 14 2 2018. [Online]. Available: <https://www.svetetiket.cz/technologie/efektivni-funkce-rfid-stitku/>. [Přístup získán 2 12 2019].

13] F. Zheng a T. Kaiser, *Digital Signal Processing for RFID*, Chinchester: John wiley & Sons, 2016. ISBN: 978-1-118-82431-3.

14] J. Banks, D. Hanny, M. Pachano a L. Thompson, *RFID Applied*, Hoboken: John Wiley & Sons, 2007. ISBN: 978-0-471-79365-6.

15] „Logistic Center,“ [Online]. Available: [https://www.logiscenter.at/1128-eu-bt-uhf-a1-tsl-1097-wearable-rfid-reader?gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7cGLt4mcmWr51MhPQcsaVg5ofPjk10F\\_UP5ONuq60xCXXc6YJyvgeUaAngcEALw\\_wcB](https://www.logiscenter.at/1128-eu-bt-uhf-a1-tsl-1097-wearable-rfid-reader?gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7cGLt4mcmWr51MhPQcsaVg5ofPjk10F_UP5ONuq60xCXXc6YJyvgeUaAngcEALw_wcB). [Přístup získán 2 12 2019].

16] J. Volf, „Digitální knihovna ČVUT,“ 2019. [Online]. Available: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/81122/F1-DP-2019-Volf-Jakub-DP\\_Volf\\_RFID\\_Text.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/81122/F1-DP-2019-Volf-Jakub-DP_Volf_RFID_Text.pdf?sequence=-1&isAllowed=y). [Přístup získán 2 12 2019].

17] A. Benadiková, Š. Mada a S. Weinlich, *Čárové kódy: Automatická identifikace*, Praha: Grada, 1994. ISBN: 80-85623-66-8.

18] „Kodys,“ 12 01 2011. [Online]. Available: <https://www.kodys.cz/technologie/carovy-kod>. [Přístup získán 3 12 2019].

- 19] „ESP mibile you!“, [Online]. Available: <https://esp.cz/cs/identifikacni-technologie/carovy-kod>. [Přístup získán 07 12 2019].
- 20] „QR KÓDY“, 9 4 2009. [Online]. Available: <http://www.qrkody.info/>. [Přístup získán 7 12 2019].
- 21] „Barcode island“, 2006. [Online]. Available: <http://www.barcodeisland.com/code93.phtml>. [Přístup získán 7 12 2019].
- 22] V. Revenda, „Multi-media kvalitne“, 2009. [Online]. Available: <http://www.multi-media.kvalitne.cz/multimedia/obraz/print1.html>. [Přístup získán 8 12 2019].
- 23] M. Koláček, „Svět hardware“, 5 11 2008. [Online]. Available: <https://www.svethardware.cz/technologie-laserovych-tiskaren/24978>. [Přístup získán 8 12 2019].
- 24] „Profiprint“, PROFIPRINT spol. s r.o., [Online]. Available: <https://eshop.profiprint.cz/Termotiskarna-Printronix-T8206-203-DPI-d296.htm>. [Přístup získán 8 12 2019].
- 25] „INTELLIWAVE TECHNOLOGIES“, Inteliwawe Technologies, [Online]. Available: <https://www.intelliwavetechnologies.com/site-materials-management/>. [Přístup získán 8 12 2019].
- 26] S. Rudge, „Autodesk“, 2018. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Tag-and-Track-Building-Components-Through-Utilization-BIM-360-Field-2018#presentation>. [Přístup získán 8 12 2019].
- 27] „Dynamo“, Autodesk, Inc, [Online]. Available: <https://developer.dynamobim.org/>. [Přístup získán 30 12 2019].

## Přílohy

### Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Časový plán pro zavedení metody BIM v ČR [6].....	17
Tabulka 2 typy operačních pásem RFID [8] .....	24
Tabulka 3 Třídy štítků dle EPC Global [10] .....	24
Tabulka 4 Použité softwary .....	81

### Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Kde všude je BIM [3] .....	13
Obrázek 2 Komunikace při 2D, 3D dokumentaci [3] .....	15
Obrázek 3 Při zapojení více dimenzí 4D, 5D, 6D [3] .....	15
Obrázek 4 Hlavní oblasti technologických norem [5] .....	18
Obrázek 5 Mapa zemí zavádějících metodu BIM [5] .....	20
Obrázek 6 Základní schéma RFID .....	22
Obrázek 7 Příklad RFID štítku [12] .....	25
Obrázek 8 Příklad čtecího zařízení [15] .....	27
Obrázek 9 Příklad kódovací tabulky [17] .....	29
Obrázek 10 Čárový kód s vyznačenými parametry [17].....	30
Obrázek 11 Příklad 1D čárového kódu [19].....	31
Obrázek 12 Příklad 2D čárového kódu .....	31
Obrázek 13 Příklad kódu 2/5 Interleaved [18] .....	32
Obrázek 14 Příklad Code 39 [18].....	32
Obrázek 15 Příklad Code 93 [21].....	32
Obrázek 16 Příklad Code 128 [18].....	33
Obrázek 17 Příklad čárového kódu EAN 13 a EAN 8 [18] .....	33

Obrázek 18 Schéma bubnové tiskárny [17] .....	34
Obrázek 19 Schéma jehličkové tiskárny [22] .....	35
Obrázek 20 Schéma laserové tiskárny [23] .....	35
Obrázek 21 Příklad termotiskárny [24] .....	36
Obrázek 22 Příklad uživatelského rozhraní SiteSense [25] .....	37
Obrázek 23 Přehled potřebných programů [26] .....	38
Obrázek 24 Základní schéma Tag and Track [26] .....	39
Obrázek 25 Schéma průběhu kontrolních bodů .....	45
Obrázek 26 Příklad vložení projektového parametru .....	48
Obrázek 27 Připravená plocha skládky s rozlišujícími parametry .....	49
Obrázek 28 Příklad vytvořené skládky s připravenými parametry .....	49
Obrázek 29 Vzorový Excelovský soubor pro import informací. ....	50
Obrázek 30 Příklad vyplněných vstupních parametrů .....	50
Obrázek 31 Omezující parametr Zdvihací prostředek .....	51
Obrázek 32 Chybová hláška .....	52
Obrázek 33 Výkaz materiálu s aktuálním stavem na staveništi .....	52
Obrázek 34 Příklad výkazu ztratného materiálu .....	53
Obrázek 35 Logo aplikace Dynamo [přidat zroj] .....	54
Obrázek 36 Kompletní schéma skriptu Tvorba skládek .....	56
Obrázek 37 Lokalizace skládek .....	56
Obrázek 38 Filtrace a třídění místností .....	57
Obrázek 39 Určení a tvorba hranic .....	58
Obrázek 40 Import čísla skládky .....	58
Obrázek 41 Schéma skriptu Import informací .....	59
Obrázek 42 Načtení a seskupení informací .....	60
Obrázek 43 Filtrace na základě jednotky množství .....	61

Obrázek 44 Rozdělení listu listů na jednotlivé parametry .....	61
Obrázek 45 Rozdělení načtených elementů .....	62
Obrázek 46 Příprava elementů pro import informací.....	62
Obrázek 47 Programovací uzel importující informace do modelu .....	63
Obrázek 48 Schéma skupiny uzlů vkládající popis skládky .....	64
Obrázek 49 Filtr na základě přítomnosti zdvihacího prostředku na staveništi .....	65
Obrázek 50 Výpočet maximálního množství palet .....	65
Obrázek 51 Výpočet vkládaných palet – jednořadé skladování.....	66
Obrázek 52 Výpočet vkládaných palet – dvouřadé skladování .....	67
Obrázek 53 Porovnání číselných hodnot palet.....	67
Obrázek 54 Import chybové hlášky .....	68
Obrázek 55 Schéma výkazu materiálů s aktuálním stavem materiálu na staveništi.....	68
Obrázek 56 Tvorba výkazu materiálů .....	69
Obrázek 57 Tvorba obsahu výkazu .....	69
Obrázek 58 Zápis parametrů do vytvořeného výkazu.....	70
Obrázek 59 Schéma výkazu předpokládaného odpadu.....	70
Obrázek 60 Jméno výkazu předpokládaného odpadu .....	71
Obrázek 61 Seznam parametrů ve výkazu odpadů .....	71
Obrázek 62 Načtení parametrů z informačního modelu stavby .....	71
Obrázek 63 Výpočet ztratného materiálu.....	72
Obrázek 64 Import vypočtené hodnoty do modelu .....	72
Obrázek 65 Základní schéma aktualizace informací.....	73
Obrázek 66 Identifikace skládek z modelu stavby .....	73
Obrázek 67 Import konkrétních parametrů .....	74

Obrázek 68 Tvorba seznamu.....	74
Obrázek 69 Export informací z modelu .....	75
Obrázek 70 Úvodní obrazovka.....	76
Obrázek 71 Schéma zařízení staveniště .....	76
Obrázek 72 Detail skládky .....	77
Obrázek 73 Přehled materiálu .....	77
Obrázek 74 Změna skládky .....	78
Obrázek 75 Přehled variant vkládaného materiálu.....	79
Obrázek 76 Výsledky výpočtu plochy .....	79
Obrázek 77 Příklad čárového kódu z free generátoru .....	84

### **Skript – Tvorba skládek**

### **Skript – Import informací**

### **Skript – Výkaz aktuálního množství materiálu na staveništi**

### **Skript – Výkaz ztratného materiálu**

### **Skript – Aktualizace informací v excelovském souboru**