

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra informačních technologií

Procesní analýza a simulace

Analýza a simulace ve výrobním procesu vyrábějící betonovou střešní
krytinu

Bakalářská práce

Autor: Tomáš Kotrč
Studijní obor: Aplikovaná informatika

Vedoucí práce: doc. Ing. Hana Tomášková, Ph.D.
Odborný konzultant: Ing. Ludvík Chvojka, Petr Kotrč

Prohlášení:

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně pod odborným vedením doc. Ing. Hany Tomáškové, Ph.D. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Hradci Králové dne 29.4.2022

vlastnoruční podpis

Jméno a Příjmení

Děkuji vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Haně Tomáškové, Ph.D. za metodické vedení práce, za cenné podněty, připomínky a odborné rady při vedení mé práce.

Poděkování patří i konzultantům bakalářské práce Ing. Ludvíku Chvojkovi a Petru Kotrčovi za cenné rady a obětavý přístup.

Velký dík patří mé rodině za psychickou podporu během celého mého studia.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá optimalizací výrobního procesu betonové střešní krytiny ve firmě BESK s r.o. Teoretická část uvádí postupný vývoj firmy až do dosavadního stavu. Dále se zabývá rozborem výrobních materiálů, které jsou použity při výrobě, jejich technických parametrů a charakteristických vlastností. Současně jsou zde popsány i aktuální výrobky, jejich rozmanitost, ale i technické uspořádání střechy. Praktická část hledá řešení ke zvýšení produktivity práce, bez dopadu na finanční situaci firmy, při kterém by byly ulehčeny pracovní úkony zaměstnanců. Pro vymodelování výrobního procesu se využívá software Enterprise Architect, ve kterém je využívána grafická notace BPMN 2.0. Výsledkem práce je zhodnocení současných postupů a návrh změn, které pomohou k dosažení stanoveného cíle.

Annotation

Processual analysis and simulation of concrete roof covering manufacturing process.

Submitted bachelor thesis focuses on optimization of the manufacturing process of concrete roof covering by the company BESK s.r.o. The theoretical part introduces the gradual evolution of the company to its current state. Furthermore, the theoretical part is concerned with the analysis of building materials used during manufacturing, their technical parameters, and their characteristic properties. Current products, their variability, and the technical structure of the roof are described there as well. The practical part searches for a way to increase work productivity and simplify work tasks without affecting the company's financial situation. Software Enterprise Architect, which uses graphical notation BPMN 2.0, is used to model the manufacturing process. The result of this bachelor thesis is an evaluation of current processes and proposition of changes, which could help achieve the set goal.

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíl práce.....	10
3	Procesní modelování	11
3.1	Procesní modelování.....	11
3.2	BPMN	11
4	Firma Besk s r.o.....	14
5	Výrobní materiály	18
5.1	Cement pro výrobu betonové směsi.....	18
5.1.1	Charakteristické vlastnosti.....	18
5.1.2	Technické parametry	18
5.1.3	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	18
5.2	Písek pro výrobu betonové směsi	19
5.2.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	19
5.2.2	Složení	19
5.3	Barva pro výrobu betonové směsi.....	20
5.3.1	Barva černá.....	20
5.3.2	Barva červená	20
5.4	Voda pro výrobu betonové směsi	21
5.5	Barva pro finální nástřik betonové střešní krytiny	21
5.5.1	Složení	22
5.5.2	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	22
5.6	Formový olej.....	22
5.6.1	Charakteristické vlastnosti.....	23
5.6.2	Technické parametry	23
5.7	Nezbytné doplňky k výrobě betonové střešní krytiny	23

6	Současná výroba,	25
6.1	Nabídka základní betonové střešní krytiny	25
6.2	Nabídka betonových střešních doplňků	28
6.3	Technické uspořádání střechy	28
6.4	Požadavky na kvalitu výrobku	30
7	Analýza výrobní praxe	31
7.1.1	Technologický postup při výrobě betonové tašky	31
7.2	Analýza výrobní praxe v grafické notaci BPMN 2.0	34
8	Optimalizace výrobního procesu	35
8.1	Již provedené optimalizace	35
8.1.1	Usnadnění přesunu výrobku z linky do klece	35
8.1.2	Usnadnění přesunu výrobku z klece na linku	36
8.2	Možnosti další optimalizace	36
8.2.1	Zvýšení výrobního objemu	36
8.2.2	Usnadnění přesunu hotové tašky z linky na europaletu	37
9	Shrnutí výsledků	38
10	Závěry a doporučení	39
11	Seznam použité literatury	40
12	Přílohy	41

Seznam obrázků

Obrázek 1 Základní taška	25
Obrázek 2 Barevná škála matných tašek	26
Obrázek 3 Barevná škála lesklých tašek.....	27
Obrázek 4 Délka krokví a rozmístění latí	30
Obrázek 5 Postup přesunu výrobku z linky do klece před optimalizací	35
Obrázek 6 Postup přesunu výrobku z klece na dopravník před optimalizací.....	36
Obrázek 7 Paletování	37
Obrázek 8 Model výrobního procesu firmy BESK s r. o.	41

Seznam tabulek

Tabulka 1 Symboly BPMN 2.0	12
Tabulka 2 Aktivity BPMN 2.0	13
Tabulka 3 Výrobní přehled – podklady Ing. Chvojky.....	16

1 Úvod

V dnešní době je hospodářský obor stavebnictví nezbytný pro náš způsob života a o to více je důležité se zaměřit na optimalizace výrobních procesů, které nám je umožní ulehčit, či zefektivnit. Pomocí různých vylepšení nebo upgradů lze docílit toho, že uspokojíme všechny zúčastněné strany, majitele, zaměstnance i zákazníky.

Díky stavebnictví je zajišťována výstavba. Jedná se o stavbu nových budov a domů, modernizaci a rekonstrukci starých budov, ale i budování mnoha zajímavých objektů a staveb. Nedílnou součástí stavby je stavební materiál, který prochází určitým vývojem.

Současná optimalizace výrobního procesu stavebních materiálů je velmi důležitou součástí stavební praxe, kam patří i výroba betonové střešní krytiny.

V dnešní dynamicky se rozvíjející době, kde se stále zvyšují požadavky na produktivitu, na kvalitu a spolehlivost i šetrnost výroby k životnímu prostředí, se objevuje mnoho nových a moderních metod na výrobu střešní krytiny. Cílem všech metod je ulehčit, zkvalitnit i zvýšit produkci výroby. Na stávajícím obchodním trhu je mnoho firem, které se zabývají modernizací i renovací těchto metod se snahou zaujmout například skvělým designem, kvalitou ale i kvantitou a nízkou cenovou dostupností svého produktu nebo i šetrností k životnímu prostředí.

V mé bakalářské práci budu analyzovat celou výrobu základní střešní krytiny ve firmě BESK s r.o. V úvodu se zaměřím na historii firmy, na výrobní proces v minulosti i současnosti. Nedílnou součástí bude výrobní (poloautomatizované stroje) i pomocná přístrojová technika, používané materiály i doplňky výrobního procesu. Podrobná procesní analýza současné výrobní praxe, která je ovládaná pomocí programovatelných logických automatů (dále jen PLC), se stane hlavní částí práce. Částečně se budu zabývat i statistickými údaji v oblasti materiálové, výrobní ale i výrobních nákladů. Nesmí chybět ani kontrolní činnosti zaměřené na standardy kontroly kvality a na standardy revizní kontroly strojů.

V závěrečné části je mým úkolem graficky znázornit výrobní proces krok za krokem pomocí notace BPMN 2.0 a navrhnout možné zlepšení.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je:

- zanalyzovat proces výroby betonové střešní krytiny od počátku firmy až po současnost a zaměřit se především na analýzu výrobní praxe,
- získat znalosti o procesu výroby a znázornit ho pomocí BPMN 2.0, zachytit případné nedostatky a uvědomit si potřebné změny,
- návrh změny, která prospěje firmě z hlediska nákladů, rychlosti výroby a usnadní zaměstnancům pracovní náplň,
- zhodnotit, jak se změnila výroba základní střešní krytiny, případně jakým způsobem a čím to bylo ovlivněno.

3 Procesní modelování

3.1 *Procesní modelování*











Procesní modelování slouží k vytváření procesních modelů, pomocí kterých získáme informace a přehledný pracovní postup libovolné společnosti. Pro správný výsledný model procesu je důležité dodržet určitá pravidla a zvolit vhodný modelovací jazyk. Na základě výsledných modelů firemních procesů lze navrhnout a realizovat různé optimalizace, které usnadní a zefektivní procesy výroby. V této bakalářské práci je pro procesní modelování vybraná moderní grafická notace BPMN 2.0. (altaxo.cz, 2022; Koch, 2004)

3.2 *BPMN*


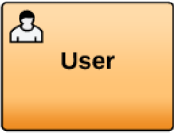


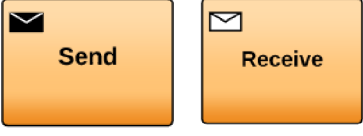


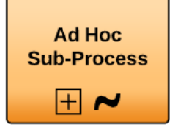
Business Process Model and Notation (BPMN) je standart, známý již od roku 2004, sloužící pro modelové znázornění činností procesů specifických pro jednotlivé podniky nebo spolupracující podniky v BPD (Business Process Diagram), který je jednoduchým znázorněním činnosti a výstupu jednotlivých společností, vzájemné spolupráce společností na vyšší úrovni (B2B) i jejich společných výstupů. Vše zpracováno co nejjednodušěji a nejprehledněji tak, aby každý spolupracovník v procesu i mimo něj pochopil, o co se jedná, kde je jeho pozice a k čemu je dobrá. Díky BPMN je možno rychleji a efektivněji hledat mezery v efektivitě. Díky jednoduchosti provedení diagramu a jednoduchému pochopení je možná rychlá komunikace mezi týmy zasazujícími se o teoretické zefektivnění výroby a týmy provádějící praktické zefektivnění. Tímto se dosáhne urychlení celého procesu zefektivnění. (omg.com, 2022; lucidchart.com, 2022)

Jednoduchosti na pochopení vděčí BPMN hlavně BPD, kde jsou standardizované tokeny, a proto je velice jednoduché je pochopit. Výčet všech použitých tokenů v bakalářské práci jsou uvedeny v tabulkách níže i s popisem.

Tabulka 1 Symboly BPMN 2.0 (vlastní zpracování dle lucidachart.com)

	<p>Start event – událost, která spustí proces</p>
	<p>Intermediate event – událost, která se stane uvnitř procesu</p>
	<p>End event – událost, která proces ukončí</p>
	<p>Timer – událost se spustí v předem definovaný čas nebo v určitém časovém intervalu</p>
	<p>Link – propojuje dvě aktivity místo sequence flow, pro zpřehlednění diagramu</p>
	<p>Conditional – spouští událost při splnění libovolné podmínky</p>
	<p>Exclusive gateway – neboli logický XOR, na vstupu nebo výstupu nastane právě jedna možnost</p>
	<p>Parallel gateway – neboli logický AND, na vstupu nebo výstupu musí nastat všechny variant pro pokračování</p>
	<p>Complex gateway – slouží k vytvoření komplexnější podmínky</p>
	<p>Sequence flow – zobrazuje pořadí činností, které mají být provedeny</p>

Tabulka 2 Aktivita BPMN 2.0 (vlastní zpracování dle lucidachart.com)

	<p>Task – úkol, zadání pokynů, aktivita, proces</p>
	<p>User task – aktivita, kterou vykonává lidská obsluha</p>
	<p>Service task – aktivita, kterou splní automatizovaný systém nebo stroj</p>
	<p>Loop task – opakující se aktivita</p>
	<p>Send task – aktivita, která se odešle jinému procesu Recive task – aktivita, která je přijata jiným procesem</p>
	<p>Sub-process – aktivita, která se dá rozdělit na menší aktivity</p>
	<p>Parallel process – aktivita, která může běžet souběžně s jinou aktivitou</p>
	<p>Ad Hoc – aktivita, u které není jasné, pořadí vnitřních aktivit</p>

4 Firma Besk s r.o.

Jako první přišel s nápadem vyrábět betonovou střešní krytinu, tehdy mechanizátor ACHP, Ing. Ludvík Chvojka a bylo to v roce 1991. Výroba měla být náhradou za klesající poptávku služeb ACHP pro zemědělské závody. Nejprve byl proveden průzkum trhu, který ukázal, že o výrobek bude zájem. Začali proto pracovat na výrobní technologii včetně tvaru střešní tašky.

V této době v Československu vyráběly betonové tašky pouze Cihelny v Hodoníně. Vzhledem k tomu, že nebyl internet a moderní informační zdroje, musely se shánět firmy (závody) zabývající výrobou strojírenských technologií telefonicky. To bylo velmi pomalé a složité. Měli ale štěstí a spojili se s pracovníkem Výzkumného ústavu stavebních hmot v Brně, který seznámil Ing. Chvojku se zástupci firmy VORTEX HYDRA z Itálie. Tato firma v této době (září 1991) vystavovala svoje výrobky na MBV (Mezinárodní brněnský veletrh) Brno. Výrobní technologii na výrobu tašek vyráběli jako jedna z mála firem v Evropě. ACHP si vybrali tu nejlevnější variantu a zaplatili zálohu ve výši 750 000Kč.

Pan inženýr navrhl název firmy BESK (betonová střešní krytina) a podnikl kroky k registraci v obchodním rejstříku. Ty byly tehdy uspišeny tím, že plán státního živnostenského úřadu byl zvýšit registrační poplatek při zřízení firmy ze 100 000Kč na 200 000Kč. Firma BESK byla proto zaregistrována 23.12.1991 pod identifikačním číslem osoby (IČO) 44444 001. Tato registrační částka byla v této době obrovská, proto se staly společníky firmy další dvě osoby, každá z nich s jiným vstupním podílem.

- ACHP Hradec Králové 40 000Kč
- Ing. Ludvík Chvojka 20 000Kč
- Ing. Josef Novák 20 000Kč
- Václav Klapka 20 000Kč

Rozdělili si úkoly ve firmě dle svých možností a dovedností. Pan inženýr Chvojka a pan inženýr Novák navštívili firmu VORTEX HYDRA, kde byla dohodnuta dodávka strojního zařízení a doplatek ceny za dodané výrobní stroje ve výši cca. 2 miliony korun. Částka byla financována z úvěru od Agrobanky, kde byl stanovený úrok cca 16 % a ručilo se nakoupeným strojním zařízením.

Sídlo firmy bylo vybráno a dohodnuto na místě zaniklého střediska ACHP v Pražské kačce. Objekt byl později v restituci předán původním majitelům, se kterými firma BESK má nájemní smlouvu dodnes. Návrh na odkoupení objektu byl majiteli odmítnut.

Prvotní výroba tašek začala v dubnu 1992 v provizorních podmínkách a všechny úkony byly prováděny ručně. Další nezbytné strojní zařízení (míchačka, silo na cement, dopravníky) bylo pronajaté a později odkoupené. Byly vyráběné tašky bezbarvé, šedé nebo probarvené pouze v betonové směsi. Po nezbytných atestech pro výrobce a prodejce stavebních materiálů začal prodej tašek v květnu 1992.

Nedaleko Chrudimi vznikl velký závod na výrobu betonové střešní krytiny firma BRAMAC. Díky její reklamě vstoupily do povědomí lidí betonové tašky a tím i zájem o ně. To paradoxně pomohlo i firmě BESK. Výrobní kapacita se stala nedostatečnou, proto bylo nezbytné linku zmodernizovat a zvýšit výrobní produkci. Tehdejší výrobní místnost byla přestavěna na výrobní halu a zpevněné venkovní prostory pro skladování krytiny na paletách. Celková rekonstrukce stála firmu cca 3 miliony korun a byla financována úvěrem od banky s úrokem 18 %. Modernizaci výrobní linky dostala za úkol firma K&B spol s r.o. Předměřice nad Labem. Jeden z majitelů pan František Kotrč se později stal spolumajitelem firmy BESK. V nové výrobní hale se v roce 1994 začaly vyrábět tašky s novou povrchovou úpravou s dvojnásobným akrylátovým nástřikem, matným nebo lesklým v pěti barevných odstínech. Výroba byla organizována v jedné směně, ale v letech 1996–2012 byly směny dvě. Ranní směna byla obvykle prodloužena o směnu sobotní. Výrobu zajišťovalo 20 zaměstnanců v jedné směně a 30 zaměstnanců ve dvou směnách.

Za dobu existence firmy bylo vyrobeno a prodáno více jak 45 mil. kusů tašek a přibližně 4,5 mil. kusů betonových doplňků. Krytina i doplňky jsou prodávány přes obchody zabývající se stavebním materiálem a přes stavební firmy. Prodané tašky si z počátku odváželi zákazníci vlastními dopravními prostředky. Později zajišťovala dopravu firma pomocí smluvního dopravce. Protože byly ze stran odběratelů připomínky, firma BESK koupila nákladní automobil a začala provozovat dopravu vlastními prostředky. V roce 2000 pořídila na nákladní automobil i hydraulickou ruku, aby odpadly komplikace se skládáním zboží. V době, kdy byla finančně přijatelná doprava, byly tašky i doplňky prodávány i mimo Českou republiku (Rakousko, Německo).

Nedílnou součástí střešního systému jsou další střešní doplňky, které umožňují pokládání hřebenáčů nasucho a bezchybné prostoupení střechy pomocí prostupových tašek.

Doplňky usnadňují a urychlují pokládku střechy, ale i zlepšují vzhled celé střechy. (Ing. Chvojka, 2022)

Tabulka 3 Výrobní přehled – podklady Ing. Chvojky

	Počet vyrobených tašek/střešní doplňky (tisíc kusů)	Mzdy (tisíc korun)	Pracovní směny
1991	-	-	-
1992	442/14	506	1
1993	849/51	1627	1
1994	1327/79	2512	1
1995	1392/84	2840	1
1996	1793/89	3287	2
1997	1947/133	4940	2
1998	1724/151	4420	2
1999	1723/151	4511	2
2000	1683/140	4673	2
2001	1799/150	5014	2
2002	1797/167	5550	2
2003	1785/174	5605	2
2004	2148/201	6179	2
2005	1771/172	6650	2
2006	1656/163	5964	2
2007	1802/177	8307	2
2008	1947/192	7420	2
2009	1511/158	7628	2
2010	1682/191	8000	2
2011	1892/189	8595	2
2012	1638/170	8044	2
2013	1193/99	7153	1
2014	1282/106	5932	1
2015	1267/118	6262	1
2016	1173/105	6024	1

2017	1178/107	6135	1
2018	1310/105	6105	1
2019	1139/88	6287	1
2020	937/77	6962	1
2021	1182/92	8519	1

5 Výrobní materiály

Následující části této kapitoly čerpají ryze z interní dokumentace firmy, která mi byla poskytnuta pro vytvoření této bakalářské práce.

5.1 Cement pro výrobu betonové směsi

Cement je hydraulické práškové pojivo vyráběné společným semletím portlandského slínku, síranu vápenatého, doplňující složky a přísad. Ve firmě se používá portlandský cement CEM I 42,5R a je na trh dodáván pod obchodním označením SUPERCEMENT[®]. Všeobecně se používá pro betonové, železobetonové stavební konstrukce, drobné betonové dílce a velkorozměrové dílce, které jsou vystaveny velkému mechanickému zatížení. Je vhodný pro betony běžných a vyšších pevnostních tříd a suché omítkové směsi a není vhodný pro masivní betonové stavby.

5.1.1 Charakteristické vlastnosti

- rychlý nárůst pevnosti
- vysoké počáteční pevnosti
- vysoké konečné pevnosti
- vyšší vývin hydratačního tepla při procesu tuhnutí a tvrdnutí

5.1.2 Technické parametry

- počáteční pevnost (2dny) - pevnost v tlaku ≥ 20 MPa
- normalizovaná pevnost (28dnů) - pevnost tlaku - 42,5 – 62,5 MPa
- počátek tuhnutí ≥ 60 minut
- objemová stálost (rozepnutí) ≤ 10 mm
- ztráta žíháním $\leq 5,0$ %
- nerozpustný zbytek $\leq 5,0$ %
- obsah síranů $\leq 4,0$ %
- obsah chloridů $\leq 0,1$ %

5.1.3 Fyzikální a chemické vlastnosti

Suchý cement je jemně mletý pevný anorganický materiál (šedý nebo bílý prášek), je bez zápachu, jeho bod tání je větší než 1250 °C a je nehořlavý.

U tohoto cementu se pečlivě sleduje kvalita, bezpečnost a dopady na životní prostředí. Tyto vlastnosti jsou doloženy v certifikátu managementu kvality dle ČSN EN ISO 9001, v certifikátu environmentálního managementu dle ČSN EN ISO 14001 a v certifikátu managementu bezpečnosti a ochrany při práci dle ČSN ISO 45001.

Volně ložený cement se dopravuje do firmy v autocisternách v obvyklém množství 32 tun. Je skladován v síle, které je vodotěsné, suché, čisté a chráněné proti znečištění.

Při práci s cementem je doporučeno nenosit kontaktní čočky, používat ochranné brýle podle normy EN 166. Kvůli ochraně pokožky jsou nařízené nepropustné rukavice. Ochrana dýchacích cest je zajištěna výkonným odsávacím zařízením v míchacím centru.

Důležité dokumenty k cementu jako je Prohlášení o vlastnostech CZ, Bezpečnostní listy CZ a Technický list CZ jsou uloženy v kanceláři firmy a jsou zpřístupněny k nahlednutí.

5.2 Písek pro výrobu betonové směsi

Štěrkopísek je hornina neboli přírodní těžené kamenivo. Je to látka nebo směs určená do betonu, malty, pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, pro nestmelené směsi aj.

Pro naše účely se používá přírodní těžené kamenivo frakce 0/4P. Stanovení zrnitosti neboli síťový rozbor je metoda zkušebního měření pro stanovení jemných částic 0,2 % hmotnosti a pro stanovení síťového rozboru 0,8 % hmotnosti.

Je získáván z vodní těžby v okolí firmy a následně je proprán pro zbavení se potenciální přítomnosti humusu. Je dopravován v pravidelných intervalech pomocí nákladní dopravy. V letním období je skladován na venkovní volné ploše a v zimních měsících je uložen v temperované hale z důvodu zamezení zmrznutí a zasněžení výrobního materiálu.

5.2.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Písek je anorganická pevná látka (zrna, kameny), bez zápachu je nehořlavá.

5.2.2 Složení

- křemen
- nečistoty (tento produkt obsahuje méně než 1 % respirabilního křemene)

Potřebné dokumenty k písku jako je Bezpečnostní datový list, Protokol o zkouškách kameniva jsou uloženy v kanceláři firmy.

5.3 Barva pro výrobu betonové směsi

Pro barevné rozlišení střešní krytiny se aplikuje barva již pro probarvení základní betonové směsi. Firma používá dvě základní barvy, černou a červenou.

5.3.1 Barva černá

Oficiální název je OXID ŽELEZA ČERNÝ CK 722. Je dodáván ve formě jemného prášku černé barvy. Jeho chemický vzorec je Fe_3O_4 . Požívá se obvykle ve stavebnictví a barvířském průmyslu.

5.3.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Je stabilní anorganický pigment, světlostálý s dobrými optickými vlastnostmi, bez zápachu, nehořlavý.

5.3.1.2 Technické parametry

- obsah Fe_3O_4 – 90 % min
- vlhkost – 1 % max
- látky rozpustné ve vodě – 0,5 % max
- pH – 5-8
- spotřeba oleje – 15–25g/100g

5.3.2 Barva červená

Oficiální název je OXID ŽELEZITÝ FEPREN TP 303. Je dodáván ve formě jemného prášku červené barvy. Jeho chemický vzorec je Fe_2O_3 . Jeho oficiální použití je k pigmentaci nátěrových hmot, barevných omítkových směsí, k probarvení asbestocementové a betonové střešní krytiny, barevných cihel a dlaždic.

5.3.2.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Je syntetický anorganický pigment s malým množstvím příměsí. Nemá žádnou povrchovou úpravu, zápach a je nehořlavý.

5.3.2.2 Technické parametry:

- obsah Fe₂O₃ – 96 % min
- vlhkost – 1 % max
- látky rozpustné ve vodě – 0,3 % max
- pH – 3-7
- spotřeba oleje – 15–25g/100g

Obě barvy se dodávají ve vícevrstvých papírových pytlích o váze 25 kg. Jedna paleta má 1250 kg a je zajištěna smršťovací fólií. Toto přepravní balení je uskladněno ve skladu barev, kde je zajištěna vlhkost a teplota.

Pro základní probarvení betonové směsi firma používá 6 odstínů barevné škály. Výsledná barva je červená, červenohnědá, hnědá, višňová, šedá a černá. Všechny odstíny jsou míchány pouze z těchto dvou barev v určitém poměru. Bude popsáno v úseku výrobního procesu.

Dokumenty k barvám jako je Bezpečnostní list a Technický list jsou uloženy v kanceláři firmy a jsou zpřístupněny k nahlédnutí.

5.4 Voda pro výrobu betonové směsi

Pro primární výrobu se používá voda studniční, která je brána z místní skružové studně. Ta je vyhloubena v zadní části firemního pozemku. Dále využívají vodu recyklovanou, která je získávána z technické údržby výrobních a technických strojů. Tato voda je skladována ve třech tisícilitrových kontejnerech a jsou uloženy v míchacím centru ve výrobní hale. Je dávkována v poměru 3:1.

Každý rok se provádí čištění studně.

5.5 Barva pro finální nástřik betonové střešní krytiny

Tento produkt pod obchodním názvem ECKSTEIN WBZ 2 ER LINE je barva určená pro konečnou úpravu betonové střešní krytiny. Je to vodou ředitelná vrchní krycí ochranná barva na bázi akrylátových kopolymerů. Její funkcí je dlouhodobá ochrana střešní krytiny proti zvětrání a promáčení s barevným efektem. Mezi hlavní vlastnosti patří barevně stálá a počasí odolná, voděvzdorná a pružná dlouhodobě nepraskající ochranná vrstva. Dodává se v široké paletě rozličných provedení dle stupně lesku, kde se nabízí matný, pololesklý, lesklý. Barevný odstín dle stálého sortimentu firmy, sytost od

transparentní do krycí barvy a viskozita pro stříkání. Provedení konečného nástřiku barvou závisí na osazení stříkacího zařízení tryskami. Velmi dobré je nízkotlaké „airless“ zařízení s omezenou tvorbou mlhy a vrchním postřikem. Seřízení tlaku a velikost trysek závisí na žádaném výkonu stroje, rychlosti posuvu a žádané spotřeby na tašku. Ta obvykle bývá cca 40g/taška (250g/m²) prvá vrstva pro nasáknutí 25g, druhá 15g vrchní.

5.5.1 Složení

- disperzní pojivo VOC
- organické sloučeniny (akrylátové kopolymery)
- přírodní anorganické plnivo
- železité pigmenty
- voda
- organické pigmenty pro dosažení žádaného barevného odstínu
- stabilizační přísady pro nastavení chemické reaktivity, hustoty, stability

5.5.2 Fyzikální a chemické vlastnosti

Barva je ve formě kapalné, má rozličnou barvu s jemným zápachem, bod varu je 100°C, je nehořlavá, měrná váha je 1,4 g/cm³. Metoda měření se provádí pyknometrem. Mísitelnost s vodou se provádí libovolně. Hodnota pH je cca 8,3. Dynamická viskozita je 3000 mPas při 7,98 s⁻¹ a měří se rotačním viskozimetrem.

Barva je přepravována v kontejnerech, které musí být uzavřené i uzamčené. Skladují se ve skladu barev, který má sledovanou a udržovanou teplotu 5-25 °C. Nesmějí být vystaveny přímému slunečnímu záření. Odchylky od ideálních podmínek mohou způsobit zkrácení skladovací doby, která činí 1 rok. Zbytkové množství v načatých nádobách se musí co nejrychleji zpracovat. Znečištěné stroje, nářadí barvou se musí co nejdříve umýt vodou, která se dále recykluje. Viz voda.

Při manipulaci s barvami je doporučeno používat ochranné bezpečnostní pomůcky.

Technický list je archivován v kanceláři firmy a je k dispozici.

5.6 Formový olej

Důležitý materiál pro výrobu betonové střešní krytiny je bezpochyby i formový olej MOGUL MK S-E ISO VG 7. Je biologický a odbouratelný. Olej je separační prostředek

na bázi rostlinných esterů, mastných kyselin a povrchově aktivních přísad. Aplikační viskozita výrobku je upravena přidavkem minerálního oleje. Jako základní složka je považována směs esterů. Separační prostředek obsahuje účinné přísady, zabraňující přilnutí zpracovávaného materiálu k formě.

Používá se pro aplikace mající za cíl dosažení snadné separace keramických a cementářských forem od zpracovávaného materiálu. Speciálně je určen pro snadné oddělování betonových střešních krytin od hliníkových forem. Olej se aplikuje na hliníkové formy pomocí čerpadla a dvou trysek. Stanovené množství oleje na pokrytí jedné podložky činí cca 4g.

5.6.1 Charakteristické vlastnosti

- nízkoviskózní produkt
- schopnost dokonalé separace formy od zpracovaného materiálu – beton
- biologicky odbouratelný olej

5.6.2 Technické parametry

- hustota při 15 °C – 855 kg/m³
- kinematická viskozita při 40 °C – 6,8 mm²/s
- bod vzplanutí - 130 °C
- bod tekutosti – mínus 21 °C
- číslo kyselosti – 5,6 mg KOH/g

Olej zajišťuje dodavatelská firma pomocí přepravní společnosti. Je dodáván v tekutém stavu v kontejnerech s obsahem 1000 litrů. Uchovává se v temperovaném skladu.

Důležité dokumenty jako Bezpečnostní list a Technický list jsou uloženy v kanceláři firmy a jsou zpřístupněny k nahlédnutí.

5.7 Nezbytné doplňky k výrobě betonové střešní krytiny

Paleta

Firma používá kvalitní EUROPALETY – EUR. Tato dřevěná normovaná transportní paleta s plochou 0,96 m² a s mírami 1200 x 800 x 144 mm (délka x šířka x výška) má hmotnost okolo 22 kg. Paleta je čtyřstranná, aby mohla být nabrána manipulačním zařízením a transportována.

Kartony – proložky

Slouží jako proložky oddělující jednotlivé vrstvy řady produktů s označením F0901-32BC. Jsou vyrobeny z papírového materiálu – 5VVL 32 BC H/H, vlnité lepenky musí být pětivrstvé. Barva je hnědá a rozměry jsou 1200x800x7mm (délka x šířka x výška).

Folie

Průtažná (stretch) folie 500/23my stojní standard LLDPE je vyrobena z polyetylenu s nízkou hustotou LLDPE (měkký plast). Tloušťku má 23 μ m, průtažnost 100-150%. Folie je navinutá na roli, kde je nedílnou součástí papírová nebo plastová dutina. Role se vkládá do balicího zařízení, které paletu automaticky zabalí. Pro lepší rozlišení jednotlivých výrobků se používají dvě barvy folie, modrá a čirá.

Pásky a spony

PP pásky jsou vyrobeny z polypropylenu a jsou ekologicky nezávadné a recyklovatelné. Mají vysokou pevnost a elasticitu, dobře se přizpůsobí tvaru baleného předmětu. Aplikují se pomocí ručního vázacího strojku. Firma používá typ 12/0,7/2300-2000N (šířka x síla x délka návinnu na cívce – pevnost). Kovová spona se používá pro uzavření pevnosti svazku. Má označení B4-F 12mm, má fosfátový drsný matný povrch.

Štítky

Papírové lepící štítky se aplikují na folii zabalenou paletu, kde je předtištěn název firmy a barva výrobku. Pověřený pracovník vždy ručně doplní své ID a datum výroby.

Všechny dokumenty jako Bezpečnostní listy a Technické listy k jednotlivým doplňkům jsou uloženy v kanceláři firmy a jsou zpřístupněny k nahlédnutí.

6 Současná výroba

Celá kapitola využívá informace uvedené na webové stránce firmy www.besk.cz a z interní dokumentace, která mi byla poskytnuta pro vytvoření této bakalářské práce.

6.1 Nabídka základní betonové střešní krytiny

Základní taška – technické parametry

- rozměry: 420x330x11,5 (délka x šířka x síla)
- hmotnost: 4,3kg/ks
- potřeba: 10 ks/m²
- zatížení střechy: 43 kg/m² (srovnatelné s pálenou krytinou)
- krycí šířka: 300 mm ± 5% (viz ČSN EN 490)



Základní taška

*Obrázek 1 Základní taška
(převzato z besk.cz, 2022)*

Barevné odstíny

1. BESK EXTRA – matná povrchová úprava



*Obrázek 2 Barevná škála matných tašek
(převzato z besk.cz, 2022)*

2. BESK SUPER – lesklá povrchová úprava



*Obrázek 3 Barevná škála lesklých tašek
(převzato z besk.cz 2022)*

6.2 Nabídka betonových střešních doplňků

Ke kompletní nabídce střešní krytiny nezbytně patří i výroba betonových doplňků. Jejich výroba probíhá současně s výrobou základní tašky. Mezi tento sortiment patří:

- taška půlená
- taška větrací
- taška krajová levá
- taška krajová pravá
- hřebenáč
- uzávěra hřebene betonová
- hřebenáč koncový
- hřebenáč rozdělovací – Y
- hřebenáč rozdělovací – T levý
- hřebenáč rozdělovací – T pravý
- hřebenáč rozdělovací – XS stanový
- hřebenáč rozdělovací – X
- taška sněhová
- taška pultová základní
- taška pultová půlená
- taška pultová krajová levá
- taška pultová krajová pravá
- taška hromosvodu – pozink/měď
- hřebenáč hromosvodu – pozink/měď

6.3 Technické uspořádání střechy

Střešní konstrukce je tvořena pomocí krokví a laťového systému. Nejčastěji bývají krokve dřevěné (smrk, borovice, jedle, modřín), ale mohou být i z oceli nebo železobetonu. Dřevěné krokve se lepí, vážou nebo sbíjejí kovovými hřeby či šrouby a ocelové se svařují. Je velmi důležité, aby bylo dřevo dostatečně suché, aby nedošlo k pokroucení. Střecha pak není stabilní. Impregnace krovů zvyšuje životnost.

Vzdálenost krokví závisí na typu střechy a na projektové dokumentaci.

Typy střech:

- sedlová
- mansardová
- pultová
- valbová
- stanová či jehlová
- plochá

Latění závisí na vzdálenosti krokví a sklonu střechy. Minimální síla latí je 30 x 50 mm. Do horských oblastí se doporučují použít latě silnější 40 x 60 mm. z důvodu přepokládaného většího tíhového zatížení. Při sklonu střechy nad 45° se doporučuje každou pátou tašku upevnit.

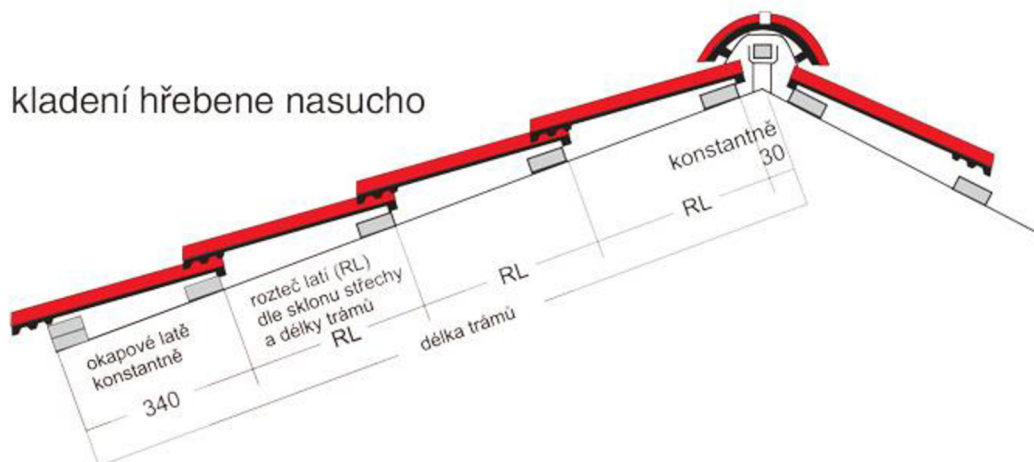
Střecha dle míry sklonu:

- ploché – max. 5°
- šikmé – max. 45°
- strmé – více než 45°

Rozteč latí dle sklonu střechy:

- max. 315 mm - 12° - 16°
- max. 320 mm - 17° - 22°
- max. 330 mm - 23° - 35°
- max. 340 mm - nad 35°

Délka krokví a rozmístění latí:



Obrázek 4 Délka krokví a rozmístění latí (převzato z besk.cz, 2022)

6.4 Požadavky na kvalitu výrobku

Jsou dány evropskou normou ČSN EN 490+A1 (723240) v platném znění.

- hmotnost tašky musí být v rozmezí 4,3 - 4,7 kg při zachování požadovaných minimálních užitkových vlastností výrobků (pevnost, mrazuvzdornost) dle ČSN
- povrch tašky musí být hladký, bez trhlinek, rovněž spodní strana tašky nesmí vykazovat nadměrné trhlinky
- řez na přední straně tašky musí být po celé délce zaoblený
- drážka tašky musí být minimálně 4 mm hluboká a bez trhlinek
- boky tašky musí být minimálně 5 mm silné
- tašky určené k druhému nástřiku musí mít povrch bez nečistot
- druhý nástřik musí být rovnoměrný po celém povrchu
- pro uložení tašek musí být použité kvalitní EUROPALETY (prevence mechanického poškození tašky)
- fixační páska se musí dotahovat s citem (prevence mechanického poškození tašky)
- manipulace s plnou paletou pomocí vysokozdvížného vozíku musí být opatrná, aby nedošlo k poškození tašek (zvedat po celé ploše)

7 Analýza výrobní praxe

7.1.1 Technologický postup při výrobě betonové tašky

Celá výrobní linka střešní krytiny je automaticky řízená pomocí PLC zařízení. Veškerá manipulace výroby je monitorována pomocí laserových, indukčních, kapacitních, magnetických, tlakových a teplotních čidel. Pověřený pracovník provádí řízenou kontrolu výrobního procesu.

7.1.1.1 Příprava betonové směsi

Ze zastřešeného skladu se štěrkový písek dopraví pomocí kolového nakladače do první násypky, která má objem přibližně 1200 kg. Pásovým dopravníkem se přesune do síťového katrovacího zařízení, kde jsou odstraněny nečistoty a štěrk. Velikost kamínků nesmí být větší než 4 mm. Při nedodržení těchto stanovených parametrů by došlo k pórovitému a hrubému povrchu tašky. To by narušilo estetickou kvalitu tašky. Poté se čistý jemný písek dopraví do druhé násypky, kde je připraven k odběru. Pomocí přepravního pásu dále postupuje do koše míchačky. Na tuto dávku písku je zároveň z vedlejších dvou přepravních pásů přisypávána prášková barva pro výrobu betonové směsi. Ta je uložena v zásobnících a pravidelně doplňována pracovníkem míchacího centra. Množství barvy je dáno standardem pro výrobu a činí celkem 1,2 kg/210 kg písku.

Barevný odstín barvy je dán přesným poměrem červeného a černého pigmentu.

Barevný odstín betonové směsi:

- | | |
|---|------------------|
| • cihlový a višňový odstín – barva TP 303 | 0,02 kg/ks |
| • hnědý odstín – barva TP 303 + CK 722 | 0,014+0,06 kg/ks |
| • červenohnědý odstín – barva TP 303 + CK 722 | 0,01+0,01 kg/ks |
| • černý odstín – barva CK 722 | 0,02 kg/ks |

Koš se směsí písku a barvy se řízeně dopraví do míchacího zařízení, kde započne automatické míchání. Postupně se přimíchává cement. Ten je uložen v cyklonu zavěšeném nad míchačkou na automatické digitální váze a je dávkovaný v poměru 3:1 (210 kg písku + 70 kg cementu). Tento cyklon se plní pomocí šnekového dopravníku ze dvou třicetitunových sil umístěných ve venkovních prostorách vedle výrobní haly.

Po důkladném promíchání všech suchých komponentů se postupně přimíchává recyklovaná voda se studniční v poměru 3:2 podle vlhkosti písku. Hustota směsi je

hlídána pomocí zatížení motoru, který vyhodnocuje řídicí systém míchacího centra. Minimální doba míchacího procesu je přibližně 2 minuty a směs je vizuálně kontrolována a hodnocena pracovníkem výrobního procesu.

Receptura:

- písek dle příslušné ČSN 3,3 kg/ks
- cement CEM I 42,5R 1,2 kg/ks
- prášková barva 0,02 kg/ks

Množství jednotlivých komponentů ve směsi může kolísat v rozmezí $\pm 5\%$ dle stanoveného standardu.

7.1.1.2 Formování betonové směsi na finální tvar tašky

Konečná směs je vypuštěna na pás, který dopraví materiál do zásobníku výrobního stroje (objem má přibližně 20 kg). Pomocí vzduchové pístnice pod tlakem 5 MPa je směs vtlačena do speciálního zařízení, které je dominantou výrobního procesu. V dolní části tohoto stroje čeká připravená výrobní forma, která udává spodní tvar tašky. Uprostřed je čechrač (točící se hřídel s lopatkami), který vtlačí materiál pod vál. Ten formuje betonovou směs do základního horního tvaru tašky. Vál je vyrobený na zakázku z kvalitního kalitelného materiálu, který odolává tření a je vysoustružen do tvaru tašky. Dále směs s formou pokračuje pod tzv. ústí (hladítko), které dodává výsledný finální tvar tašky. Hladítko je speciální odlitek otěruvzdorného materiálu, který je vyráběn na zakázku nejmenovanou firmou a podléhá výrobnímu tajemství. Odpovědný pracovník firmy musí každých deset dní hladítko upravit do přesného tvaru tašky. Hlavním důvodem tohoto zásahu je úprava tvaru vlivem opotřebení. Formy jsou vtlačeny do zařízení pomocí hydraulické pístnice pod tlakem 5-8 MPa v cyklu 18 forem za minutu. Tato pístnice je ovládána hydraulickým olejem pomocí čerpadla, které je poháněno elektromotorem o výkonu 11 kW přes rozvaděč, který určuje směr pohybu pístnice vpřed i vzad. Pro tento účel se používá hydraulický rozvaděč s automatickým řízením rozjezdu a dojezdu. Toto je velmi důležité pro stabilitu a celistvost betonové směsi na výrobní formě. Olej hydraulického čerpadla je chlazen pomocí chladiče a dvou výkonných ventilátorů. Teplota oleje se během výroby pohybuje okolo 70 °C.

Formy prostupují strojem v nekonečné dráze, kterou přeruší vzduchový píst (0,6 MPa) se stříhacím nožem. Ten má na sobě zabudované zaoblení a dva hroty, které vyznačí otvory pro výsledné uchycení tašky na střechu pomocí šroubu nebo hřebu.

7.1.1.3 Základní ošetření povrchu tašky

Po konečné úpravě tvaru tašky postupuje forma do stříkacího boxu, kde se aplikuje nástřik základní barvy pomocí dvou stříkacích pistolí. Toto zařízení je ovládáno pomocí stlačeného vzduchu a světelné závory, která zajistí přesnou aplikaci základní barvy. Množství barvy je přesně dána dle standardu 25g/ks. Tekutá akrylátová barva je dopravována pomocí membránového čerpadla (0,7MPa) z plastových sudů o kapacitě 120 litrů, kde je stále automaticky promíchávána díky elektromotoru s hřídelí a vrtulí.

Stříkací boxy jsou zabezpečeny odsávacím zařízením a automaticky se spouští na začátku výrobního procesu.

Po vyjetí tašky z boxu je kontrolována odpovědným pracovníkem. Taška musí být po celé ploše hladká a bez viditelného poškození. Povrch musí odpovídat normě EN ČSN 490. Pokud nesplňuje standardy kvality, pracovník vrací směs pomocí speciálního pásového dopravníku zpět na počáteční pás, který dopravuje směs do základního výrobního zařízení.

7.1.1.4 Přesun a vytvrzení tašky

Kvalitně vyrobená a nastříkaná taška vjíždí do pořadače, kde je postupně naskládána do sloupce v počtu 10 kusů a následně automaticky přesunuta (vsunuta) do připravené klece. Ta obsahuje 3 řady a 6 sloupců. Převážná manipulace tašky je hlídána pomocí laserových, indukčních a magnetických čidel. Po naplnění klece je zaměstnancem přemístěna pomocí bateriového vysokozdvizného vozíku do vyhřívaných boxů, kde dochází k vytvrzení materiálu. Zde je udržována teplota cca 45°C a vzduch je cirkulován pomocí zabudovaných ventilátoru pro udržení stabilní teploty v celém prostoru.

Minimálně po 8 hodinách klidové fáze v boxech lze tašku postoupit k dalšímu zpracování. Zaměstnanec přepraví klece s taškami na dopravník bateriovým vozíkem. Zde dochází pomocí vzduchové pístnice (0,5MPa) k přesunu formy s taškou do pořadače. Ten je následně přemístuje na dopravník, který je přesune do zařízení, kde dochází pomocí speciálních nožů k oddělení tašky od formy. Forma se vrací zpět dopravníkem do stříkacího boxu, kde je nanesena vrstva separačního oleje a dále putuje do prvotní fáze výroby.

Tento nástřik se provádí pomocí vzduchového membránového čerpadla a dvou trysek. Aplikuje se cca 4 g/podložku.

7.1.1.5 Finální ošetření povrchu tašky

Taška pomocí točny vjíždí do stříkacího boxu na druhý finální nástřik. Množství použité akrylátové barvy je cca 15g/ks a je aplikována pomocí dvou vzduchových pistolí. Membránové čerpadlo dodává barvu do trysek pod tlakem 0,7MPa. Nástřik musí být po celé ploše rovnoměrný. Konečný vzhled a kvalita je prioritní pro dokonalý výrobek, na kterém si firma zakládá.

7.1.1.6 Balení a uskladnění tašky

Po výjezdu z boxu umístí automatický stroj dvě tašky na sebe a dále pokračují k pracovníkovi, který je postupně manuálně odebírání a rovná na europaletu. Skládá je do dvou řad a tří sloupců a zajistí páskou se sponou. Do meziprostoru se vkládají papírové proložky (tloušťka minimálně 6 mm), aby nedošlo k mechanickému poškození. Po vyskládání palety v počtu 252 kusů je automaticky přemístěna pomocí válečkové dráhy do balícího zařízení. Po automatickém zabalení stretch folií, pracovník provede perforaci folie na šesti místech z každé strany. Ta je nutná z důvodu odvodu vodních par. Používají se dvě barvy folie pro snadné rozlišení matného nebo lesklého povrchového rozlišení na skladovacím místě (bílá – matná, modrá – lesklá). Poté označí paletu firemní samolepkou (etiketou, štítkem). Zde jsou uvedené základní údaje o firmě, barevné rozlišení tašek, datum výroby, jméno pracovníka, který paletu vyskládal, aby bylo možné určit osobní zodpovědnost za kvalitu tašek. Po finálním zabalení je paleta pomocí vysokozdvížného vozíku přepravena do skladovacích prostor a ponechána minimálně 28 dnů. Po tuto dobu dochází k důležitému procesu vyzrání betonového výrobního materiálu střešní krytiny. Manipulační pevnost je přitom dosažena po pěti dnech.

7.2 Analýza výrobní praxe v grafické notaci BPMN 2.0

Předmětem optimalizace výrobního procesu je vytvořit grafický model pomocí BPMN 2.0 a odhalit případné nedostatky, či ztráty, které by firma mohla napravit a zefektivnit tak celkový proces výroby. Z důvodu nadměrně velikého modelu je uložen v přílohách.

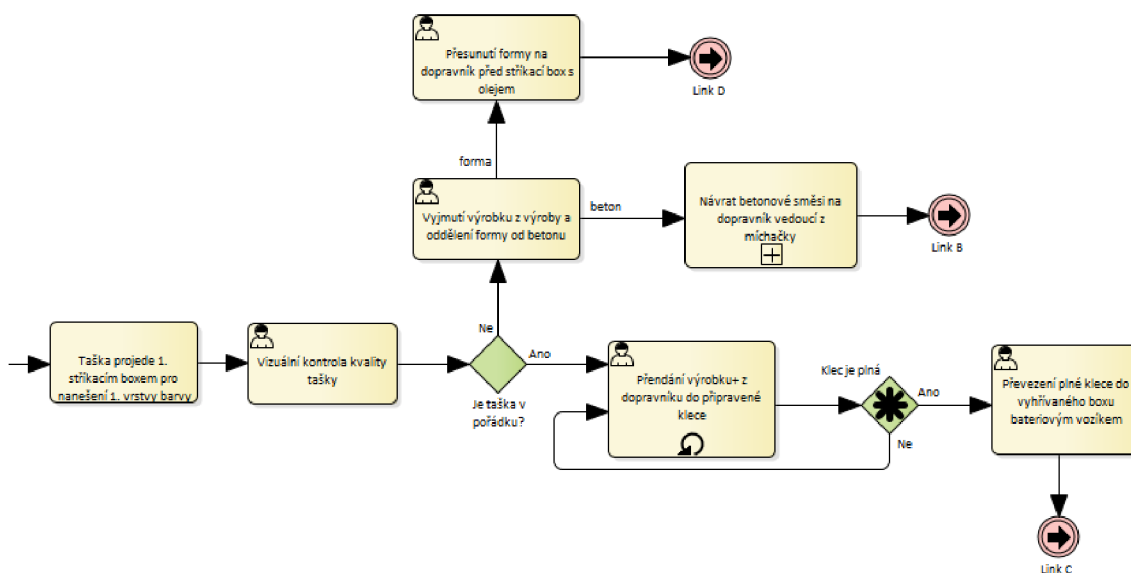
8 Optimalizace výrobního procesu

8.1 Již provedené optimalizace

8.1.1 Usnadnění přesunu výrobku z linky do klece

Pro zaměstnance bylo velice fyzicky i časově náročné kontrolovat kvalitu jednotlivé tašky a k tomu každou přendávat, buď do klece, či ji kvůli vadě vyjmout z výroby, v rychlosti stejné, jako je rychlost výrobní linky, tzn. 18ks/minutu. K vyřešení tohoto problému bylo potřeba tuto činnost zautomatizovat, částečně nahradit strojem a změnit pracovní náplň zaměstnance.

Tato optimalizace neušetrila žádné finance, ale pracovník na dané pozici u nového stoje již kontroluje pouze kvalitu tašek, popřípadě vadný kus vyjme z výroby.

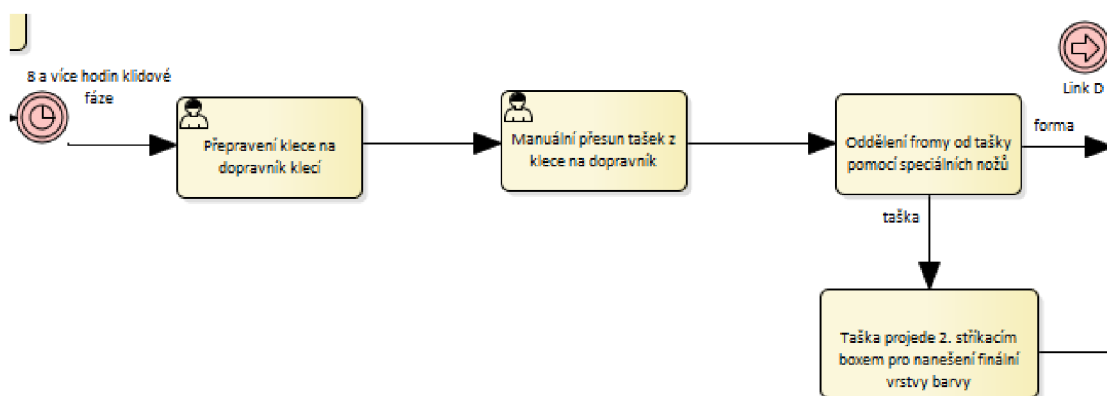


Obrázek 5 Postup přesunu výrobku z linky do klece před optimalizací

8.1.2 Usnadnění přesunu výrobku z klece na linku

Druhou podstatnou provedenou změnou pro optimalizaci výroby je naopak přesun již zatvrdlých výrobků z klecí na dopravník linky pro oddělení formy zespodu tašky a podstoupení druhého finálního nástřiku. Před tímto vylepšením pracovník prováděl tento úkon po jednom manuálně.

Optimalizace této části pomohla firmě i z finančního hlediska, protože na dané místo již nebyl potřeba žádný zaměstnanec a daná část procesu se tímto stala plně autonomní.



Obrázek 6 Postup přesunu výrobku z klece na dopravník před optimalizací

8.2 Možnosti další optimalizace

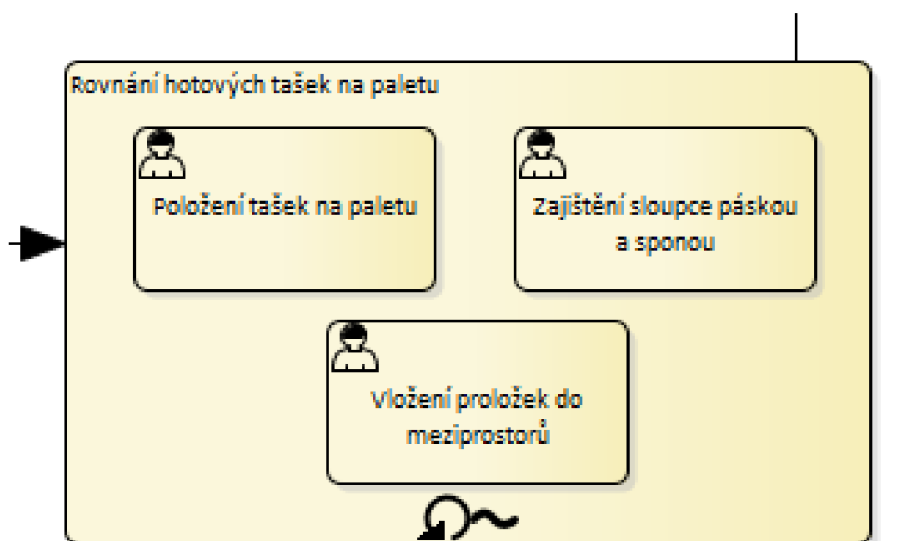
8.2.1 Zvýšení výrobního objemu

Aktuální výrobní linka je schopna vyrobit 18 kusů výrobků za minutu. Podle dostupných informací by se toto číslo dalo zvýšit o 6ks/minutu. Jednalo by se o výměnu hydraulického čerpadla za výkonnější. Tento nárůst by zvýšil výrobní objem, přičemž kvalita by zůstala zachována.

Druhou možností je použít rychleji schnoucí cement, pomocí kterého by taška nemusela tvrdnout ve vyhřívaných boxech celých 8 hodin, nýbrž pouze 6 hodin. Tato optimalizace by byla vhodná, kdyby se firma rozhodla rozšířit celou výrobu o druhou, odpolední směnu. Tento cement má jednu podstatnou nevýhodu, a proto se při jedno směnném režimu nevyplatí využívat. Jedná se o finanční záležitost, rychleji schnoucí cement je výrazně dražší.

8.2.2 Usnadnění přesunu hotové tašky z linky na europaletu

Nejnáročnější část stávající linky je odebrání a následné rovnání hotových tašek na europaletu. Jedná se o jediný sub-proces, kde zaměstnanec manipuluje s jednotlivými taškami. Ideálním vylepšením by bylo vyrobení specifického stroje, který automaticky odebere tašky z dopravníku a autonomně je vyrovná na europaletu. U již provedených optimalizací se jednalo o rutinní algoritmy, u této nastává problém v podobě, že každá taška má na paletě své místo a rovnání je tak algoritmicky mnohem náročnější. Pro vymyšlení takového stroje bude potřeba spousta času. Je nutností navrhnout konstrukční řešení i software pro PLC tak, aby stroj vyskládal všech 252 tašek na paletu v rovnoměrném množství. V aktuálním řešení by měl zaměstnanec značně ulehčenou práci. Jeho pracovní náplní by bylo pouze zajišťování sloupců a řad páskou se sponou, do meziprostorů vkládat papírové proložky a dohlížet na správnou funkci stroje.



Obrázek 7 Paletování

9 Shrnutí výsledků

Analýza výrobního procesu firmy probíhala tak, že jsem si z počátku prošel krok po kroku celou výrobní linku, poznamenal si veškeré důležité úkony, zařízení, stroje, postupy, ale i materiály, pro získání co nejpodrobnějšího postupu. Zjistil jsem si i dostatek informací o provedených optimalizacích, které výrazně pomohli buď firmě z finančního hlediska nebo zaměstnancům ulehčili práci. Pokračování spočívalo v přepsání zanalyzovaného postupu do textové podoby, díky které jsem zrealizoval detailní model výrobního procesu v BPMN 2.0, jak aktuálního, tak i před optimalizacemi.

Provedená vylepšení se ukázala jako úspěšná, firma ušetřila díky druhé optimalizaci, z důvodů nahrazení pracovníka stojem. Rychlost výroby se zvýšila pomocí obou provedených vylepšení, protože strojová výroba je zautomatizovaná a není nutné tak kvůli pracovníkovi na dané pozici z nějakého důvodu zastavovat linku. To vede i k poslední možné optimalizaci, která ulehčila pracovní náplň.

Pomocí procesního modelování jsem zjistil, že by se dala zrychlit výrobní linka ještě více. Momentálně vyrábí 18 kusů za minutu. Odborný konzultant Petr Kotrč mě ujistil, že navýšení produkce tašek je reálné, ale kvůli nutnosti si zachovat co nejvyšší kvalitu ji lze navýšit po koupi hydraulického čerpadla maximálně o 6 ks/minutu.

Následná možná optimalizace, na kterou jsem narazil, se týká výrobních materiálů. Přišlo mi, že vytvrzení tašek ve vyhřívaných boxech trvá příliš dlouho. Realita je taková, že zkrátit tento proces tvrdnutí opravdu jde, jenomže při jednosměnném provozu je zbytečné kupovat rychleji schnoucí cement, pomocí kterého by se zkrátila doba čekání o 2 hodiny. Takovýto cement je dražší a v dnešní době firma neplánuje rozšířit výrobu o druhou směnu, jako tomu bylo před několika lety. Tento návrh je tedy uchován pro případné budoucí využití.

Nejdůležitější optimalizací je bezpochyby poslední návrh. Jedná se o poslední ulehčení pracovní náplně zaměstnanců. V modelu uvádím jeden Ad-hoc sub-proces, ve kterém pracovník musí provádět 3 úkony. Přendávat tašky na europaletu, vkládat proložky a páskovat jednotlivé řady. Vyrobění specifického stoje, pomocí kterého se přesun tašek na paletu zautomatizuje, sníží náročnost na minimum.

Při aktuální struktuře výrobní linky se mi už nepodařilo narazit na další možnou optimalizaci. Nad dalšími možnostmi se bude do budoucna přemýšlet, ale podmínkou je rozsáhlejší rekonstrukce výrobní linky a velká změna celého výrobního procesu.

10 Závěry a doporučení

Bakalářská práce se věnovala procesní analýze, vytvoření modelu zanalyzovaného procesu pomocí notace BPMN 2.0 a následné navržení možných optimalizací, které pomohou firmě zrychlit výrobu, snížit náklady nebo ulehčit zaměstnancům pracovní náplň.

Nové změny mohou být náročné na realizaci, moc nákladné nebo nemusí vyhovovat vedení firmy. Vždy se ale ovšem vyplatí hledat tak dlouho, dokud se nenajde optimální řešení.

Důkladná analýza a procesní model ovšem ukázaly nedostatky, které pomocí optimalizace pomohou firmě hned ze tří směrů. Ušetřit finanční náklady, zrychlit výrobu a ulehčit zaměstnancům práci.

I přesto, že každá zmíněná optimalizace vyžaduje vstupní investici, z dlouhodobějšího hlediska se jedná o správný směr, kterým by se mohla firma vydat. Vždy se totiž zmíněná investice nějakým způsobem vrátí. Nejedná se pouze o finanční stránku věci, nýbrž i o komfortnější pracovní podmínky, které udrží zaměstnance ve firmě a vedení tak nemusí hledat náhradu za přepracovaného pracovníka, který kvůli fyzické námaze společnost opustí. Nástupci pak trvá delší dobu, než se zapracuje na všech pozicích a může to mít negativní důsledky na množství vyrobených kusů.

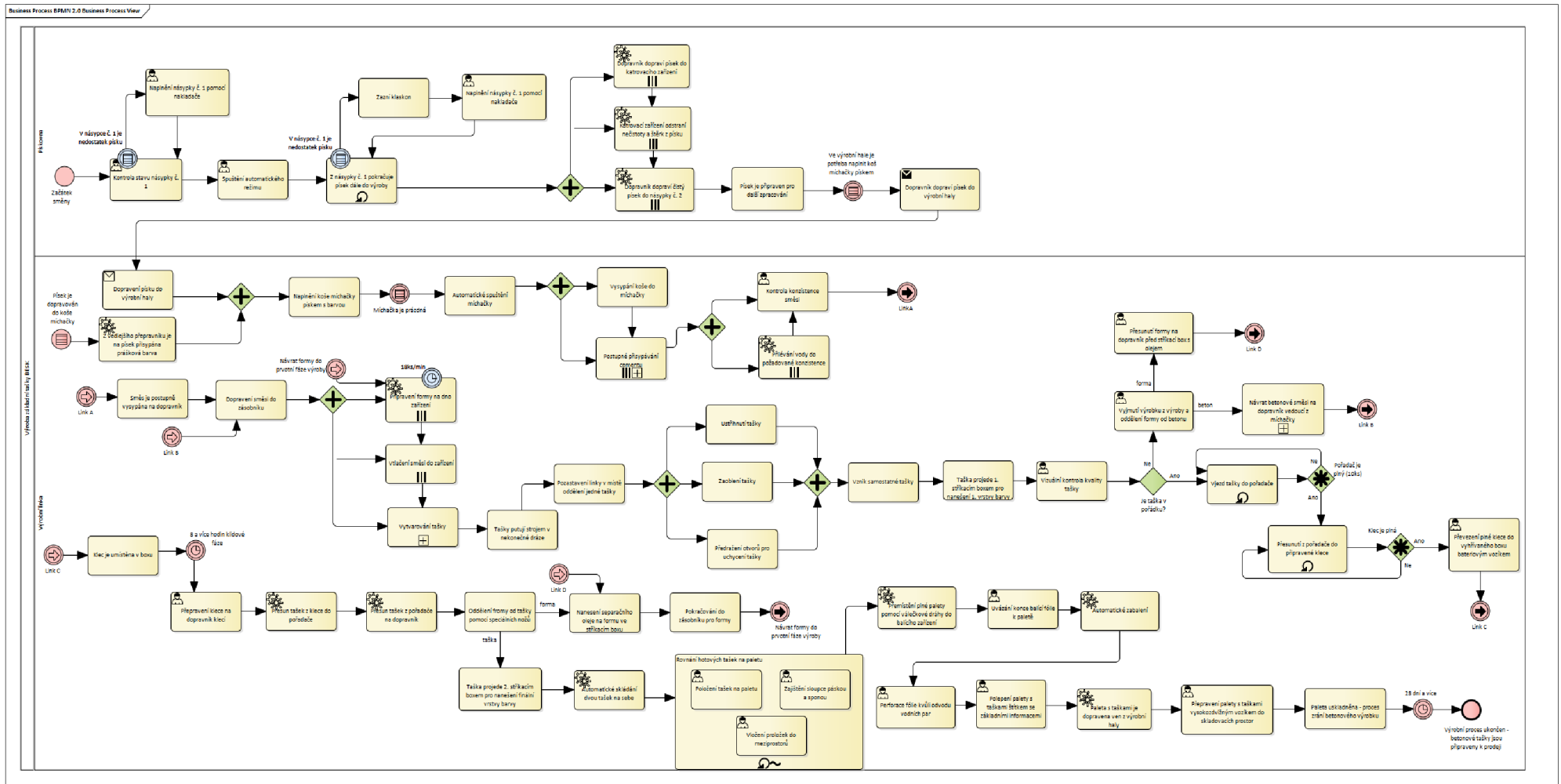
Tato bakalářská práce si kladla za cíl zanalyzovat výrobní proces a navrhnout případné změny, které pozitivně ovlivní firmu. Vše nasvědčuje tomu, že je práce úspěšná a záměr byl naplněn.

11 Seznam použité literatury

- [1] ARLOW, Jim, Ila NEUSTADT a Bogdan KISZKA. *UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: objektově orientovaná analýza a návrh prakticky*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Brno: Computer Press, 2007, 567 s. : il. ; 23 cm. ISBN 978-80-251-1503-9.
- [2] BESK s r. o. *Interní dokumenty firmy*. 2022. Praskačka.
- [3] *BESK s r. o.* [online]. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.besk.cz>
- [4] BRUCKNER, Tomáš. *Tvorba informačních systémů: principy, metodiky, architektury*. Praha: Grada, 2012. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4153-6
- [5] Business Process Model and Notation—BPMN. In: *OMG* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: https://www.omg.org/news/whitepapers/Business_Process_Model_and_Notation.pdf. Dokument PDF.
- [6] Ing. CHVOJKA, Ludvík, spolumajitel firmy Besk s r. o. [rozhovor]. Praskačka, 02/2022.
- [7] KANISOVÁ, Hana a Miroslav MÜLLER. *UML srozumitelně*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2006, 176 s. : il. ; 23 cm. ISBN 80-251-1083-4.
- [8] KOCH, Miloš a Bernard NEUWIRTH. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. PODNIKATELSKÁ FAKULTA. Datové a funkční modelování. Vyd. 4., rozš. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 142 s. : il., grafy, tabulky ; 30 cm. ISBN 978-80-214-4125-5.
- [9] Modelování podnikových procesů. *Altaxo* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.altaxo.cz/provoz-firmy/management/rizeni-podniku/modelovani-podnikovych-procesu>
- [10] ŘEPA, Václav. ČESKÁ SPOLEČNOST PRO SYSTÉMOVOU INTEGRACI. Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. 2. aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007, 281 s. : il. ; 24 cm. ISBN 978-80-247-2252-8.
- [11] SOMMERVILLE, Ian. *Softwarové inženýrství*. Brno: Computer Press, 2013, 680 s. : il. ; 24 cm. ISBN 978-80-251-3826-7.
- [12] What is Business Process Modeling Notation. *Lucidchart* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.lucidchart.com/pages/bpmn>

12 Přílohy

1) Model výrobního procesu firmy BESK s r. o.



Obrázek 8 Model výrobního procesu firmy BESK s r. o.

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
Fakulta informatiky a managementu
Akademický rok: 2020/2021

Studijní program: Aplikovaná informatika
Forma studia: Prezenční
Obor/kombinace: Aplikovaná informatika (ai3-p)

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: Tomáš Kotrč
Osobní číslo: I1900208
Adresa: Kotrčova 179, Hradec Králové – Plotiště nad Labem, 50301 Hradec Králové 16, Česká republika
Téma práce: Procesní analýza a simulace
Téma práce anglicky: Process analysis and simulation
Vedoucí práce: doc. Ing. Hana Tomášková, Ph.D.
Katedra informačních technologií

Zásady pro vypracování:

Metody procesní analýzy a jejich využití či propojení se simulačními modely.

Seznam doporučené literatury:

- Sommerville, I. (2013). *Softwarové inženýrství*. Computer Press, Albatros Media as.
- Arlow, J., & Neustadt, I. (2007). *UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: objektově orientovaná analýza a návrh prakticky*. Computer Press.
- Bruckner, T., Voříšek, J., Buchalcevoňová, A., Stanovská, I., Chlapek, D., & Řepa, V. (2012). *Tvorba informačních systémů*. Praha, Česká republika: Grada Publishing.
- Fowler, M. (2009). *Destilované UML*. Grada Publishing as.
- Weikiens, T., Weiss, C., Grass, A., & Duggen, K. N. (2016). *OCEB 2 Certification Guide: Business Process Management-Fundamental Level*. Morgan Kaufmann.
- Weikiens, T., & Oestereich, B. (2010). *UML 2 certification guide: fundamental and intermediate exams*. Elsevier.
- Kunc, E., & Šochová, Z. (2019). *Agilní metody řízení projektů*. Computer Press.

Podpis studenta:



Datum:

29.4.2022

Podpis vedoucího práce:

Datum: