



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

NÁVRH OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU VE SPOLEČNOSTI

PROCESS OPTIMIZATION IN THE COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Hraško

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zdeňka Videcká, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav managementu
Student:	Filip Hraško
Vedoucí práce:	Ing. Zdeňka Videcká, Ph.D.
Akademický rok:	2023/24
Studijní program:	Procesní management

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Návrh optimalizace výrobního procesu ve společnosti

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Vymezení problému a cíle práce
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu výrobního procesu
Návrh optimalizace procesu
Přínos návrhů řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem práce je návrh optimalizace pracoviště v elektrotechnické společnosti. Řešení je založeno na detailní analýze procesu výroby, podpoře jeho řízení v informačním systému a teoretických poznatků. Návrh se zaměřuje na zlepšení pracoviště s využitím metod štíhlé výroby. Jeho součástí je zhodnocení návrhu řešení.

Základní literární prameny:

GEORGE, Michael L. Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity. Brno: SC&C Partner, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.

JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.

LIKER, Jeffrey K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.

WILSON, Lonnie. How to implement lean manufacturing. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-0-07-162507-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně dne 4.2.2024

L. S.

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D.
garant

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá zlepšením procesů na pracovišti konečné montáže v elektrotechnické společnosti ABB, která se zabývá výrobou přístrojových transformátorů. V první části práce jsou uvedeny metody a teoretické základy, které jsou v dalších částech práce využívány. V analytické části je nejprve představena společnost ABB a poté je analyzován proces výroby, následuje detailní analýza procesů na pracovišti konečné montáže. Návrhová část se zaměřuje na eliminaci plýtvání na pracovišti konečné montáže s využitím metod štihlé výroby a Lean Six sigma. Cílem návrhů je omezit plýtvání a docílit tak úspor.

Abstract

The bachelor thesis deals with process improvement at the final assembly workplace of ABB, an electrical engineering company engaged in the production of instrument transformers. The first part of the thesis presents the methods and theoretical foundations that are used in the later parts of the thesis. In the analytical part, the company ABB is first introduced and then the production process is analysed, followed by a detailed analysis of the processes at the final assembly workplace. The design part focuses on the elimination of waste in the final assembly workplace using lean manufacturing and Lean Six Sigma methods. The aim of the proposals is to reduce waste and thus achieve savings.

Klíčová slova

Optimalizace procesů, štihlá výroba, výroba přístrojových transformátorů, konečná montáž, eliminace plýtvání

Keywords

Process optimization, lean manufacturing, instrument transformer manufacturing, final assembly, waste elimination

Bibliografická citace

HRAŠKO, Filip. Návrh optimalizace výrobního procesu ve společnosti. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/160407>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Zdeňka Videcká.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 13. května 2024

Filip Hraško
autor

Poděkování

Tímto bych rád vyjádřil svoji vděčnost vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Zdeňce Videcké, Ph.D., za její vedení, podporu a cenné rady během celého procesu tvorby této práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti ABB s. r. o. za umožnění realizace této práce.

Obsah

Úvod	10
Vymezení problému a cílů práce	11
1 Teoretická východiska práce	12
1.1 Metody štihlé výroby	12
1.1.1 Lean management	12
1.1.2 Six sigma	14
1.1.3 Lean Six sigma.....	15
1.2 Podnikové systémy	18
1.2.1 ERP systém.....	18
1.2.2 MES systém.....	20
1.2.3 Databáze	20
1.3 Transformátory	21
1.3.1 Přístrojové transformátory.....	23
2 Analýza současného stavu	25
2.1 Popis společnosti	25
2.1.1 ABB Globálně	25
2.1.2 ABB Česká republika.....	26
2.1.3 Výrobní závod Brno Vídeňská	27
2.2 Průběh objednávky.....	30
2.2.1 Nabídkový proces	33
2.2.2 Příjem objednávky	33
2.2.3 Výroba a expedice.....	34
2.2.4 Fakturace	34
2.3 Proces výroby přístrojových transformátorů.....	35
2.3.1 Celkový proces	35

2.3.2	Provedení vinutí a sestavení proudového transformátoru	37
2.3.3	Provedení vinutí a sestavení napěťového transformátoru	42
2.3.4	Odlévání	46
2.3.5	Dokončování.....	51
2.3.6	Kontrola.....	51
2.4	Konečná montáž – detailní analýza	53
2.4.1	Organizační struktura	53
2.4.2	Proces objednávky zakázkového materiálu.....	54
2.4.3	Procesy na pracovišti konečné montáže.....	55
2.4.4	Sledovaná data	57
2.4.5	Analýza plýtvání na pracovišti konečné montáže.....	60
2.4.6	Ishikawa diagram	64
2.5	Shrnutí analytické části	65
3	Návrh optimalizace.....	66
3.1	Objednávkový systém	67
3.2	Skladování a ukládání materiálu.....	68
4	Zhodnocení návrhu řešení.....	69
5	Závěr	71
	Seznam použitých zdrojů.....	72
	Seznam obrázků	76
	Seznam tabulek	78
	Seznam grafů	79
	Seznam příloh	80

Úvod

V dnešní době se v oblasti průmyslové výroby stále více klade důraz na efektivitu, optimalizaci procesů a minimalizaci ztrát.

Hlavním prostředkem procesního zlepšování se v současnosti stává digitalizace, to však není všechno. Nástroje a techniky štihlé výroby jsou stále zásadní, pokud jde o zvýšení kvality a spokojenosti externích i interních zákazníků.

Metody štihlé výroby nejenže umožňují identifikovat plýtvání v procesech, ale také poskytují cenné nástroje pro jejich eliminaci a zlepšení celkového výrobního procesu.

Předmětem bakalářské práce je analýza a optimalizace procesů v elektrotechnické společnosti ABB, která se mimo jiné specializuje na výrobu přístrojových transformátorů. Zaměřuje se na pracoviště konečné montáže, které představuje poslední výrobní krok v procesu výroby přístrojových transformátorů.

Práce se zabývá analýzou procesů na pracovišti konečné montáže, identifikací plýtvání a jeho příčin, dále pak návrhem konkrétních opatření a postupů pro eliminaci plýtvání. Tím je možné dosáhnout nejen zvýšení efektivity a kvality výrobního procesu, ale také vytvoření prostoru pro snížení nákladů.

Bakalářská práce je strukturována do tří hlavních částí. První část obsahuje teoretická východiska práce, včetně přehledu metod štihlé výroby a Lean Six sigma, popisu podnikových systémů a základních informací o přístrojových transformátorech. Druhá část se věnuje analýze společnosti ABB a procesů výroby přístrojových transformátorů, zejména s důrazem na pracoviště konečné montáže. Poslední část pak obsahuje návrhy a doporučení pro optimalizaci procesů v rámci pracoviště konečné montáže.

Vymezení problému a cílů práce

Bakalářská práce se zabývá analýzou a optimalizací procesů v elektrotechnické společnosti ABB, která se zabývá výrobou přístrojových transformátorů. Práce se zaměřuje na pracoviště konečné montáže, které je posledním výrobním pracovištěm v procesu výroby přístrojových transformátorů.

Práce se skládá ze třech částí. V první části jsou uvedena teoretická východiska práce, jedná se o metody štíhlé výroby, popis podnikových systémů a základní informace o transformátorech. Druhá, analytická část se zabývá představením společnosti a popisem výroby přístrojových transformátorů. Dále obsahuje detailní analýzu procesů na pracovišti konečné montáže, včetně zjištěných plýtvání a jejich příčin. Následuje návrhová část, která představuje návrhy na zlepšení procesů v rámci pracoviště konečné montáže s cílem omezit plýtvání. Práce je zakončena zhodnocením představených návrhů.

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je analýza a návrh zlepšení procesů na pracovišti konečné montáže, které je posledním výrobním krokem v procesu výroby přístrojových transformátorů. Řešení je založeno na metodách štíhlé výroby a Lean Six sigma, vede k zjištění plýtvání a jeho příčin. Návrh se zaměřuje na automatizaci objednávkového systému materiálu a na optimalizaci systému ukládání materiálu.

1 Teoretická východiska práce

1.1 Metody štíhlé výroby

1.1.1 Lean management

Lean management je přístup k řízení organizace, který je založen na principu průběžného zlepšování. Jedná se o dlouhodobou strategii, která pomocí malých, systematických kroků vede ke zvýšení kvality a efektivity procesů.

Typické pro tuto metodu řízení je snaha o maximalizaci hodnoty pro zákazníka a minimalizaci plýtvání.

Tato metoda vychází z japonského produkčního systému Toyota, v současnosti je využívána firmami z různých odvětví po celém světě. V rámci lean managementu je stanoveno několik druhů plýtvání. [1]

Druhy plýtvání

Zbytečné zásoby – skladování nadbytečného množství materiálu, rozpracovaných i hotových výrobků. Za následek má zbytečné vázání finančních prostředků a dodatečné náklady na uskladnění.

Pohyb – přesuny materiálu a hotových výrobků v rámci výroby, tyto pohyby jsou zapříčiněny vzdáleností jednotlivých úseků výroby a skladu

Špatné zpracování – nedostatečná kvalita provedené operace způsobující komplikace při dalších operacích, může docházet i poškození strojního vybavení

Čekání – plýtvání způsobené nemožností pokračovat ve výrobním procesu, časté příčiny jsou nedostatek materiálu, poruchy strojů, nedostatek informací, nebo přílišná byrokracie

Nadprodukce – výroba většího množství výrobku, než zákazník požaduje, má za následek vyšší administrativní, transportní a skladovací náklady.

Zbytečná manipulace – veškeré pohyby materiálu, hotových výrobků i pracovníků, které nezvyšují přidanou hodnotu pro zákazníka, může se jednat o zbytečné zvedání, otáčení a přenášení, zapříčiňuje plýtvání časem a zároveň zbytečné opotřebení manipulačních strojů

Chyby – vznik neshodných výrobků, způsobuje dodatečné náklady na opravu, těchto výrobků [2]

Pět principů Lean managementu

Identifikace hodnoty z pohledu zákazníka: Porozumění a pochopení potřeb zákazníka, procesy a operace jsou hodnoceny z pohledu přidané hodnoty pro zákazníka. Přidaná hodnota pro zákazníka je hodnota, za kterou je zákazník ochotný zaplatit. Všechny ostatní operace jsou považovány za plýtvání, a proto je třeba je eliminovat.

Mapování toku hodnot: Proces při kterém dochází ke zmapování všech procesů ve společnosti, a jejich následnému zhodnocení z pohledu přidané hodnoty pro zákazníka.

Tvorba workflow: Výrobní proces je rozdělen do dílčích kroků a operací, následně je kladen důraz na návaznost těchto kroků, zajištění komunikace mezi jednotlivými odpovědnými pracovníky a eliminaci úzkých míst.

Pull systém: Tvorba nepřetržitého workflow, při kterém je výrazně omezeno plýtvání v podobě zbytečného skladování a nadvýroby. Základním principem je, že práce, výroba, je prováděna pouze ve chvíli kdy pro ni vznikne poptávka, nikoliv podle dlouhodobého plánu.

Postupné zlepšování: Stálé zlepšování, označované také jako Kaizen. Jde o systémový přístup, ve kterém jsou všichni zaměstnanci podporováni při hledání drobných, dílčích vylepšení procesů. Následně dochází k aplikování těchto vylepšení. [3]

Metody Lean managementu

5S – metoda sloužící k lepší organizaci pracoviště, zahrnuje třídění, organizaci a standardizaci.

Poka-yoke – systém bránící lidským chybám

Just in time – systém správy zásob, který zajišťuje objednávání a dodávání materiálu podle aktuální potřeby

Kanban – vizuální systém řízení procesu, který umožňuje sledování úkolů od začátku do konce

Metody lean managementu jsou voleny a používány podle potřeb konkrétních organizací, jejich cílem je maximalizovat efektivitu, minimalizovat plýtvání a poskytovat co nejvyšší přidanou hodnotu zákazníkovi. [3]

1.1.2 Six sigma

Six sigma je manažerská metoda zaměřující se na zvyšování kvality procesů a produktů. Cílem metody je výrazné snížení chybovosti, a to až do fáze kdy chybovost nepřesahuje 3,4 chyby na milion opakování. Princip fungování metody je snížení variability procesů, tím dochází k zvýšení kvality. Tuto metodu vyvinula v osmdesátých letech dvacátého století firma Motorola.

Základní přístupy k aplikování Six sigma jsou DMAIC a DMADV.

DMAIC

Define (definice) – stanovení cílů a hodnoty pro zákazníka

Measure (měření) – změření dat stávajícího procesu za účelem získání dat o jeho současném fungování

Analyze (analýza) – analýza získaných dat, identifikování příčin variability procesů a příčin vznikajících chyb

Improve (zlepšení) – návrh a implementace zlepšení procesů s cílem zvýšení kvality

Control (řízení) – sledování dopadů zavedených změn a udržování požadované úrovně kvality

DMADV

Define (definice) – stanovení cílů a hodnoty pro zákazníka

Measure (měření) – změření dat stávajícího procesu za účelem získání dat o jeho současném fungování

Analyze (analýza) – analýza získaných dat, identifikování příčin variability procesů a příčin vznikajících chyb

Design (návrh) – návrh změn procesů za účelem dosažení zvýšení kvality a potřeb zákazníka

Verify (ověření) – ověření funkčnosti navrhnutých řešení

Six sigma je všestranný nástroj pro dosažení vysoké kvality procesů, metody které využívá se liší podle konkrétních podmínek v dané firmě. [4]

1.1.3 Lean Six sigma

Lean six sigma je metodologie kombinující prvky Lean managementu a Six sigma. Kombinuje tedy zaměření na maximalizaci hodnoty pro zákazníka s minimalizací chyb a plýtvání. Tím dochází k silnému synergickému účinku této metody. [3]

Lean six sigma využívá celou řadu metod a nástrojů, vycházejících z metodologie Lean managementu a Six sigma, doplněné o další nástroje, jako je Ishikawa diagram.

Ishikawa diagram

Ishikawa diagram, diagram rybí kosti, nebo také diagram příčin a následků je nástroj sloužící k vizualizaci a identifikaci možných příčin daného problému. Jedná se v podstatě o typ myšlenkové mapy, která se využívá v rámci brainstormingu. Dá se použít pro odhalení příčin problému, ale také pro odhadnutí následků dílčích chyb.

Tento diagram vytvořil poprvé japonský inženýr Kaoru Ishikawa, v dnešní době je používán v rámci metodologie Lean Six sigma.

Ishikawa diagram je typem grafického diagramu, který má tvar připomínající kostru ryby, viz obrázek 1. Hlava ryby v tomto případě tvoří řešený problém, kosti znázorňují kategorie možných příčin. K jednotlivým kategoriím jsou následně doplňovány dodatečné informace a podrobnosti. Tímto způsobem lze pokračovat na další, nižší úrovně. [5]

Obvyklé kategorie

Materiál: Příčiny způsobené kvalitou materiálu, jeho vlastnostmi, množstvím materiálu, manipulací s ním, uskladněním materiálu.

Postupy: Pravidla, směrnice, normy, pracovní postupy, které mají vliv na výsledek.

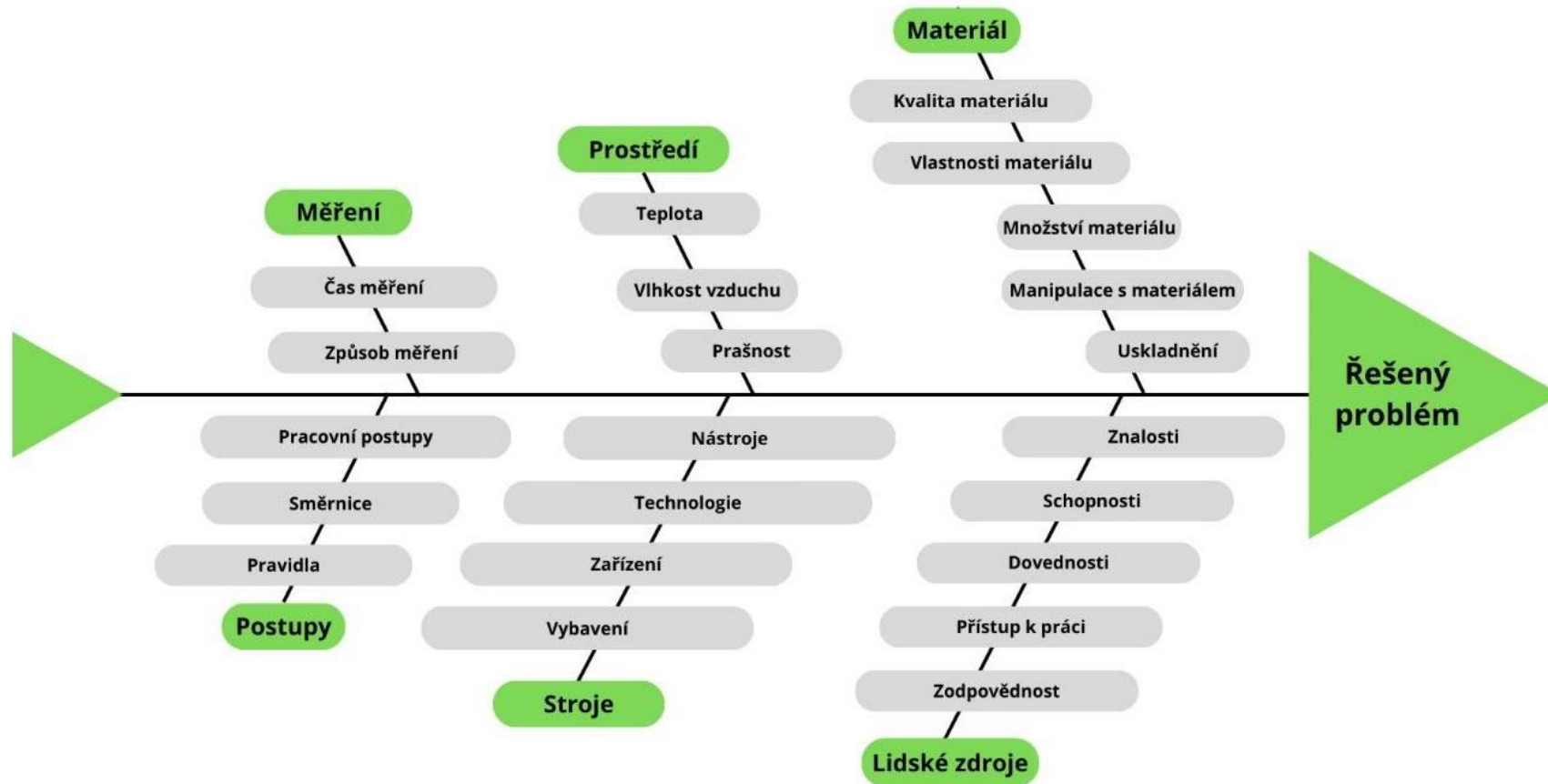
Lidské zdroje: Zaměstnanci, jejich dovednosti, schopnosti a znalosti, také jejich přístup k práci a zodpovědnost.

Stroje: Zařízení, technologie, vybavení, nástroje, které mají vliv na výsledek.

Měření: Způsoby měření výsledků, které mohou svojí povahou vliv na výsledek měření.

Prostředí: Faktory způsobené okolním prostředím, teplota, vlhkost vzduchu, prašnost. [6]

Ishikawa diagram slouží jako nástroj pro nalezení příčin problému, ale dá se použít také obráceně. V tomto případě je možné odhadnou konečný následek dopředu známé příčiny. [7]



Obrázek 1 Ishikawa diagram (vlastní zpracování)

1.2 Podnikové systémy

1.2.1 ERP systém

ERP – Enterprise Resource Planning, v češtině také plánování podnikových zdrojů, nebo podnikový informační systém je softwarový systém používaný ve firmách pro řízení a správu hlavních podnikových procesů. Mezi tyto hlavní procesy patří nákup, skladové hospodářství, výroba, expedice, prodej, účetnictví a řízení lidských zdrojů. ERP systém všechny tyto procesy integruje. Dále umožňuje jejich podporu, řízení a automatizaci. Jedná se o komplexní softwarové řešení pro správu podnikových procesů. Model ERP je v současné době nejrozšířenějším podnikovým informačním systémem, který využívá většina firem. [8]

Interní procesy jsou v systému ERP rozděleny na ekonomické, výrobní, logistické a personalistické.

Klíčové funkce systému jsou vytváření dat, automatizace procesů a sdílení dat v reálném čase. Od systému je požadována spolehlivost, bezpečnost a výkonnost. Pro zajištění těchto požadavků je nezbytný provoz v režimu klient-server.

Pro dosažení potřebné bezpečnosti je nezbytné dodržování bezpečnostních požadavků, mezi které patří zabezpečená komunikace, definování práv uživatelů a možnost hlášení chyb. Aby bylo dosaženo požadovaného výkonu je nutné zvolit vhodné hardwarové i softwarové komponenty.

ERP systémy lze rozdělit do třech skupin. První z nich je All-in-one. Jedná se o systém, který pokrývá všechny interní procesy. Druhou skupinu tvoří systém Best-of-Breed, který se zaměřuje pouze na některé, specifické procesy. Ve třetí skupině se nachází Lite ERP, což je odlehčená verze plnohodnotného ERP systému, která nabízí pouze některé funkce. [9]

Procesy v informačním systému

Procesem se rozumí sestava vzájemně působících činností, jejichž cílem je přeměna vstupů na výstupy. Procesy nesouvisí pouze s výrobou, týkají se také administrativy, nevýrobních činností a celkového napojení podniku na okolí. Proces se skládá z dílčích

činností, které probíhají současně, nebo na sebe v přesně daném pořadí navazují. Účelem procesů je transformace vstupů na pro zákazníka užitečné výstupy. Pro jednotlivé procesy lze zvolit metriky a parametry prostřednictvím kterých lze proces měřit a hodnotit jeho efektivitu.

Procesy je také možné modelovat, k tomuto účelu lze využít čtyři rozdílné úhly pohledu.

Pohled strategický – prostřednictvím strategických cílů a hodnot firmy

Pohled procesní – prostřednictvím spolupráce a propojení procesů za účelem dosažení cílů

Pohled strukturní – prostřednictvím zdrojů firmy [8]

Procesy v podniku

Procesy v podniku se podle jejich účelu dělí do třech kategorií.

Hlavní procesy – zabezpečují hlavní podnikové aktivity, mají rozhodující vliv na výkonnost celého podniku, jsou prostředkem k naplňování strategických plánů podniku

Podpůrné procesy – probíhají uvnitř podniku, jejich cílem je podpora hlavních procesů, tyto procesy jsou nezbytné pro realizaci procesů hlavních

Řídící procesy – jsou nezbytné k řízení činností uvnitř podniku, zajišťují zachování logiky ostatních procesů ve společnosti a organizační struktury [10]

Funkce Informačního systému v podniku

Funkcionalita systému v konkrétním podniku se odvíjí od specifických potřeb a požadavků tohoto podniku. Funkce lze ve vztahu podniku k okolí rozdělit na interní a externí.

Mezi konkrétní funkce informačního systému patří zakládání a řízení zakázek, databáze zákazníků, tvorba a správa objednávek, nebo fakturace. [12]

1.2.2 MES systém

MES – Manufacturing Execution Systém, v češtině také výrobní informační systém je software, který se přímo podílí na řízení a kontrole výrobního systému. MES tvoří propojení mezi ERP systémem a systémem výrobním.

MES systém provádí detailní sběr dat z výroby a jejich následné zpracování. Data z tohoto systému je následně možné využít pro plánování a vyhodnocování výroby. Systém MES je velmi silně ovlivněn typem výroby v konkrétní firmě, proto je u něj nutná větší specializace, na rozdíl od systému ERP.

MES se soustředí na podporu specifických oblastí, jako je sběr, kompletace a archivace dat, procesní řízení, řízení kvality, sledování produkce, analýza výkonnosti, řízení dokumentace, řízení zdrojů, operativní plánování, údržba a další. [8]

1.2.3 Databáze

Jedná se o soubor nástrojů, které zajišťují spolehlivé a efektivní ukládání dat včetně následné manipulace s těmito daty. Hlavním požadavkem na databáze je schopnost ukládat velké množství dat. Data v databázích nejsou pouze ukládána, jsou také propojována pomocí klíčů. Tato data musejí být poté snadno a v reálném čase dostupná uživatelům. Typické je proto ukládání dat na databázových serverech. [13]

Rozdělení databází

Databáze lze podle způsobu uspořádání dat rozdělit na několik typů.

Hierarchická databáze – data v této databázi jsou uspořádána ve stromové struktuře

Síťová databáze – data jsou uspořádána v uzlech, což umožňuje propojení s libovolným počtem dalších záznamů

Objektová databáze – v tomto typu databáze nejsou data organizována v řádcích tabulek, ale tvoří samostatné objekty s příslušnými vlastnostmi

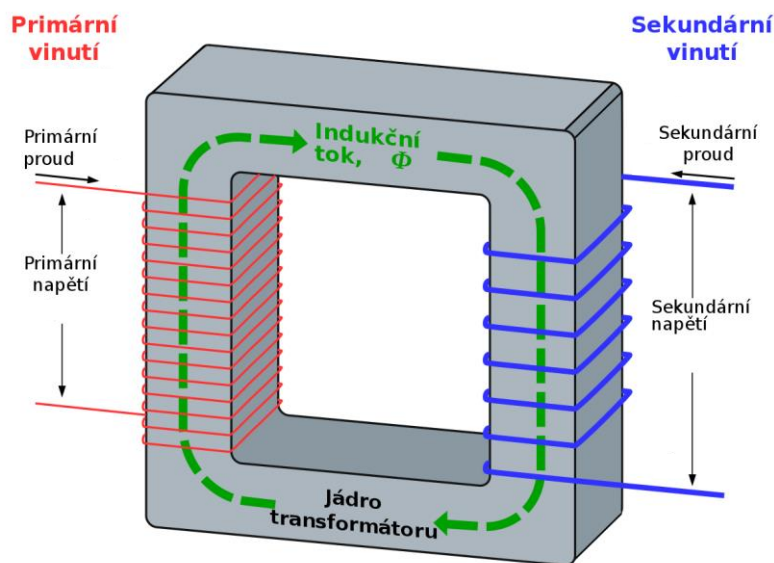
Relační databáze – v této databázi se logicky uspořádaná data nachází v relačním modelu [14]

1.3 Transformátory

Transformátory patří mezi netočivé elektrické stroje pracující na principu elektromagnetické indukce. Slouží ke změně střídavého elektrického napětí a proudu bez příspěvu mechanické práce.

Transformátory se využívají především v energetice, kde umožňují transformaci napětí na hodnoty vhodné pro dálkové vedení a rozvod. Dále existuje celá řada transformátorů pro speciální účely, jako jsou transformátory pro napájení usměrňovačů, pecové, zkušební, svařovací, přístrojové.

Transformátor se skládá z jednoho magnetického obvodu a dvou i více od sebe izolovaných elektrických obvodů. Magnetický obvod tvoří jádro transformátoru, které se skládá z tenkých od sebe izolovaných ocelových pásů (transformátorové plechy). Na jádru je navinut elektrický obvod tvořený dvěma či více cívkami. Cívka, do které je přiváděn proud, případně napětí, které chceme transformovat se nazývá vstupní (také primární). Cívka, z které je transformovaný proud, případně napětí, odváděn se nazývá výstupní (také sekundární) viz obrázek 2.



Obrázek 2 Schéma transformátoru [15]

Mezi těmito cívkami je těsná indukční vazba, tedy indukční tok vedený magnetickým obvodem z primární cívky na cívku sekundární. Magnetický indukční tok je závislý na velikosti magnetického pole, jeho frekvenci, a na množství závitů cívky, ve které se indukuje. Proměnné magnetické pole poté způsobuje indukování napětí v sekundární

cívce. Přičemž čím více má sekundární cívka závitů, tím větší napětí se v ní indukují. Vztah počtu závitů cívek, vstupního a výstupního proudu i napětí určuje vzorec. Vzorec platí pouze pro dokonalý transformátor – tedy bez vnitřních ztrát.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Kde

N_1 je počet závitů primární cívky

N_2 je počet závitů sekundární cívky

U_1 je vstupní napětí

U_2 je výstupní napětí

I_1 je vstupní proud

I_2 je výstupní proud

Rozlišujeme dva druhy transformace. Transformaci nahoru, kdy je získané výstupní napětí vyšší než napětí vstupní a výstupní proud je nižší než proud vstupní. A transformaci dolů, kdy je získané výstupní napětí nižší, než napětí vstupní a výstupní proud je vyšší než proud vstupní.

Transformátor musí být izolován od okolního prostředí, existuje mnoho druhů používané izolace. Může to být vzduch, olej, případně lze celý transformátor zalít do izolační hmoty, jako je keramická hmota, nebo epoxidová hmota. [16]

1.3.1 Přístrojové transformátory

Jedná se o speciální druh transformátorů, které slouží k transformaci proudu a napětí pro měřicí a jistící přístroje elektrických sítí. Tyto transformátory jsou nezbytné pro spolehlivé a hospodárné fungování elektrických sítí a přístrojů k nim připojených.

Přístrojové transformátory se rozdělují na transformátory proudu a na transformátory napětí, dále je lze dělit na transformátory měřicí a jistící.

U transformátorů měřících je kladen důraz na vysokou přesnost převodu v pracovní oblasti (okolí jmenovité hodnoty).

U transformátorů jistících není přesnost převodu příliš důležitá, důraz je zde kladen především na odolnost konstrukce. Tedy na schopnost zachovat funkčnost transformátoru i při rozdílných stavech v elektrické síti, dokonce i v případě zkratu.

Funkce přístrojových transformátorů

-Transformují proud a napětí na jednotné normalizované hodnoty, tedy na 100 V, 1 A, nebo 5 A.

-Izolují obvody vysokého napětí, velmi vysokého napětí a zvláště vysokého napětí od obvodů měření a ochrany, čímž je zajištěna bezpečnost přístrojů v těchto obvodech používaných a také bezpečnost jejich obsluhy.

-Umožňují umístění měřících a jistících přístrojů mimo dosah magnetických a elektrických polí elektrické soustavy, čímž brání ovlivnění měření těmito poli.

-Dovolují sčítat, případně odečítat hodnoty proudu a napětí z více vzájemně izolovaných obvodů.

-Pomáhají soustředit měřicí a jistící přístroje v centrálním prostoru dozoren, mimo rozvodné stanice. Tím přispívají k snadnějšímu a rychlejšímu řízení a ovládání rozvodu i celých elektrických sítí.

-Svojí konstrukcí chrání systémy měřících a jisticích přístrojů před dynamickými a tepelnými vlivy nadproudů v elektrické síti v případě poruchových stavů sítě. [17; 18]



Obrázek 3 Přístrojový transformátor [19]

2 Analýza současného stavu

V analytické části je nejprve představena společnost ABB, ve které byl práce zpracována. Poté následuje popis průběhu objednávky a procesu výroby přístrojových transformátorů. Analytická část je zakončena detailní analýzou pracoviště konečné montáže.

2.1 Popis společnosti

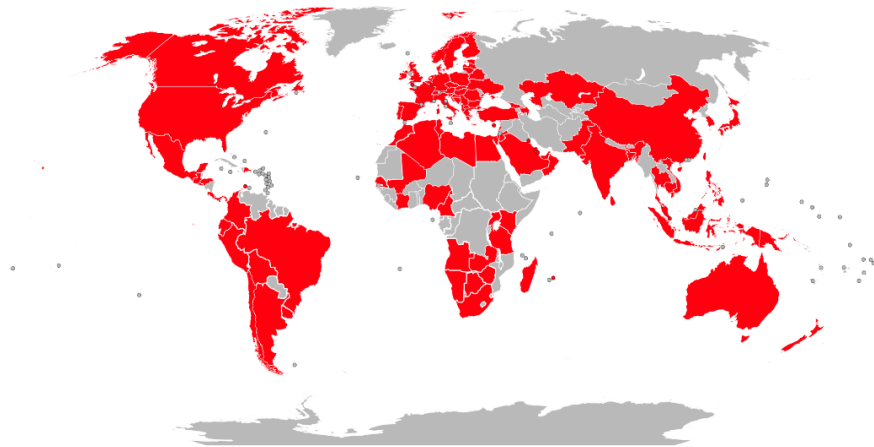
2.1.1 ABB Globálně

ABB Group je celosvětově působící technologická firma, která působí především v odvětví elektrotechniky a automatizace. Cílem společnosti je dosažení udržitelnosti a efektivního využívání zdrojů. Společnost se zaměřuje na propojení technologií a softwaru s cílem dosáhnout nejvyšší možné efektivity.



Obrázek 4 Logo společnosti ABB [21]

Společnost ABB zaměstnává celosvětově přibližně 105 000 zaměstnanců, kteří působí v 83 zemích.



Obrázek 5 Mapa zemí kde ABB působí [22]

Společnost je rozdělena do čtyř divizí, jsou to energetika, automatizace výroby a pohony, elektrotechnické výrobky a procesní automatizace. [20]

2.1.2 ABB Česká republika

Na území České republiky působí společnost ABB již od začátku sedmdesátých let dvacátého století, nicméně k formálnímu vzniku došlo až v roce 1992. Od té doby se společnost výrazně rozrostla. V současné době působí ABB v sedmi lokalitách po celé České republice, nejvýznamnější z nich jsou Praha, Brno, Ostrava a Jablonec nad Nisou. [23]

Výrobní portfolio ABB Česká republika

Na území České republiky působí hned několik divizí společnosti.

Elektrotechnické výrobky

V tomto odvětví nabízí ABB inteligentní, udržitelná a bezpečná řešení v rámci distribuce, řízení a využívání elektrické energie. V tomto oboru nabízí široké portfolio produktů od výroby elektrické energie až po zásuvku. Jedná se o rozvaděče, kabeláž, řídicí prvky, zásuvky, vypínače a také o infrastrukturu pro elektromobily.

Procesní automatizace

Tato divize nabízí komplexní řešení pro zpracovatelský průmysl. Jedná se o služby automatizace, řídicí systémy a softwarová řešení. Součástí nabídky jsou také služby pro měření a analytiku.

Automatizace výroby a pohony

Cílem této divize je nabídnout zákazníkům řešení v oblasti robotiky a automatizace výroby. Řešení nabízená společností ABB jsou silně zaměřená na inovace a digitalizaci. V současné době zahrnují i využití umělé inteligence. Sekce pohonů se zabývá vývojem a výrobou elektromotorů a frekvenčních měničů v širokém rozsahu výkonu. Dále nabízí zákazníkům servis a technickou podporu. [23]

2.1.3 Výrobní závod Brno Vídeňská

Tento závod se zabývá výrobou přístrojových transformátorů, senzorů a rozvaděčů.

Přístrojové transformátory

Jedná se o elektrotechnická zařízení pracující na principu elektromagnetické indukce, která slouží k měření a jistění elektrických obvodů. Zde vyráběné portfolio lze rozdělit podle plánovaného místa použití na přístrojové transformátory pro venkovní a vnitřní použití. Podle konstrukce na blokové a prstencové, nebo dle provozního napětí na přístrojové transformátory nízkého napětí, vysokého napětí a velmi vysokého napětí. Portfolio čítá více než 50 typů, a 1 100 podtypů u kterých jsou podle požadavků zákazníka možné další varianty.



Obrázek 6 Přístrojový transformátor TJC 7 [24]



Obrázek 7 Přístrojový transformátor TJO 6 [25]

Senzory

Jedná se o novější alternativu k přístrojovým transformátorům. Senzor je tvořen Rogowského cívkou, což je speciálně navinutá cívka na nemagnetickém jádře. Výhodou senzorů jsou výrazně menší rozměry a hmotnost v porovnání s přístrojovými transformátory. Tato zásadní výhoda umožňuje snadnou manipulaci a instalaci v místě potřeby.



Obrázek 8 Senzor KECA 250 [26]



Obrázek 9 Senzor KEVCY [27]

Rozvaděče

V rámci rozvaděčů jsou zde vyráběny tři typy rozvaděčů nízkého napětí. Nejmodernějším z nich je rozvaděč NeoGear. Tento rozvaděč je vybaven inovativní sběrníkovou deskou, namísto staršího horizontálního a vertikálního připojovacího systému. Toto řešení umožňuje konektivitu s inteligentní platformou ABB Ability™. [23]



Obrázek 10 Rozvaděč NeoGear [28]

2.2 Průběh objednávky

Následující část se zabývá průběhem objednávky v podniku, je důležitá pro pochopení návazností a souvislostí procesu výroby a procesu jejího řízení.

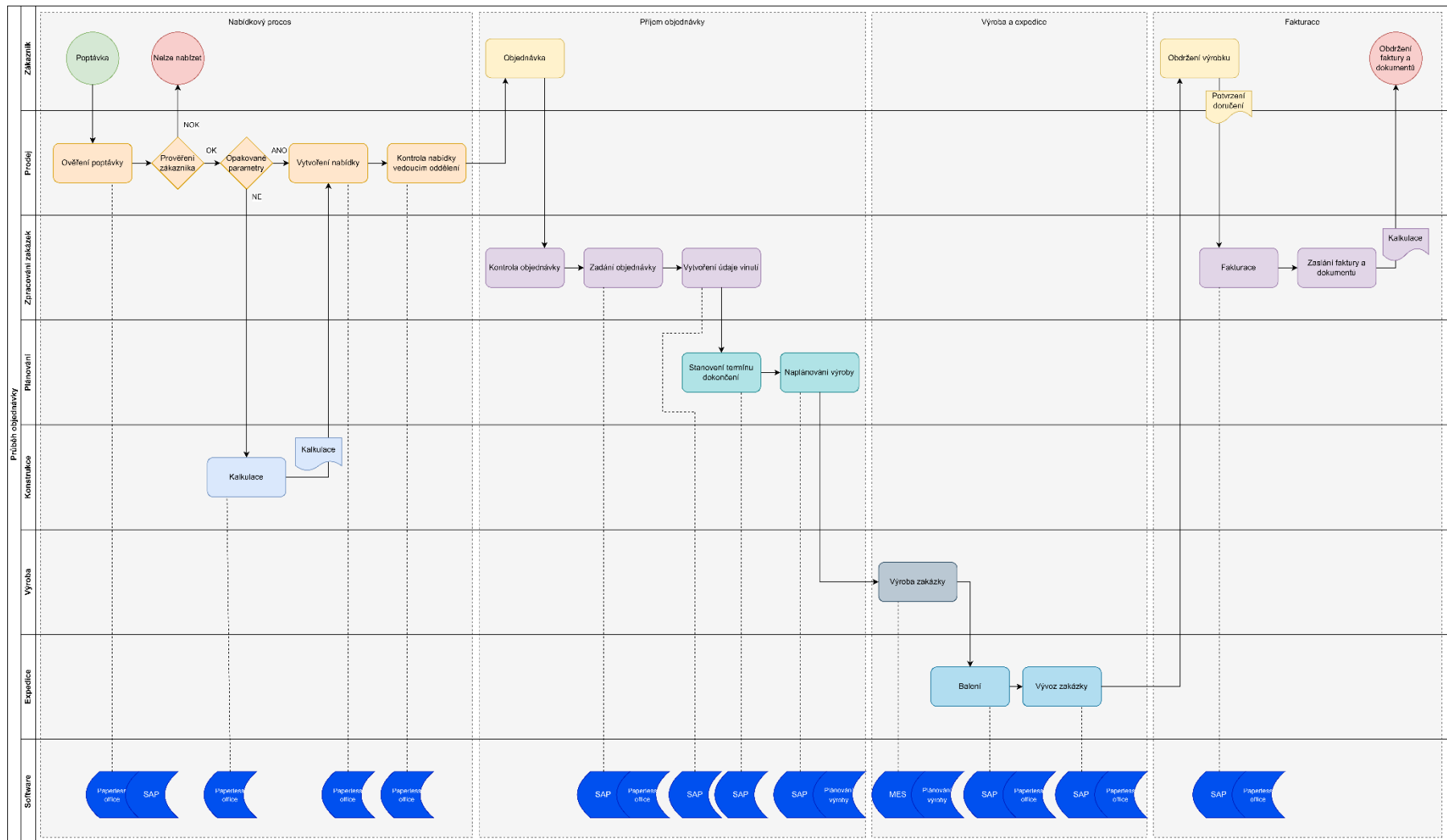
Etapy průběhu objednávky

První etapou je nabídkový proces, na jehož začátku přichází poptávka od zákazníka a na jeho konci je zákazníkovi poskytnuta konkrétní nabídka.

Druhou etapou je příjem objednávky, na začátku je konkrétní objednávka zákazníka a na konci je výrobní zakázka předána do výroby.

Třetí etapou je výroba a expedice, tato etapa začíná výrobou zakázky a končí odesláním hotových a zabalných výrobků k zákazníkovi.

Poslední, čtvrtou etapou je fakturace. Začátek této etapy je ve chvíli doručení hotových výrobků k zákazníkovi a končí tím, že zákazník obdrží fakturu a dokumentaci k výrobkům.



Obrázek 11 Proces objednávky (vlastní zpracování)

Zapojená oddělení

Na průběhu objednávky se podílí šest oddělení a zástupce zákazníka.

Oddělení prodeje – provádí ověření poptávky, vytvoření nabídky a ověření nabídky

Oddělení zpracování zakázky – provádí kontrolu objednávky, zadání objednávky, tvorbu údaje vynutí, fakturaci, zaslání faktury a dokumentů

Oddělení plánování – provádí stanovení termínu dokončení, plánování výroby

Oddělení konstrukce – provádí kalkulace

Výroba – provádí výrobu zakázky

Expedice – provádí balení a vývoz zakázky

Používaný software

Paperless Office – internetová aplikace umožňující předávání a správu dokumentů bez nutnosti jejich tisku

SAP – ERP systém sloužící ke správě a řízení firemních procesů

MES – systém zajišťující přímé řízení výroby, umožňuje sledovat a kontrolovat prováděné operace na všech pracovištích výroby, včetně sledování konkrétní výrobní zakázky, tento systém je řízen systémem SAP do kterého také reportuje data z výroby

Plánování výroby – aplikace navázaná na data ze SAP a MES, která slouží k plánování výroby a dalším úkonům spojeným s organizací výroby, má několik základních modulů jako je plánování směn, plánování zakázek, výroba, sklad a reportování, aplikace je využívána mistry pro plánování směn dělníků a plánovači pro plánování výroby zakázek. Je možné ji využít ke sledování konkrétních výrobních zakázek i k získání celkového přehledu o aktuálně vyráběných kusech, sklad tuto aplikaci využívá k vychystávání materiálu pro určitá pracoviště, aplikace také umožňuje tvorbu reportů

Databáze nabídek MASCOT – databáze všech nabídek z minulosti, slouží k ukládání a správě nabídek z minulých období

2.2.1 Nabídkový proces

Na začátku každé objednávky je poptávka ze strany zákazníka. Zákazník kontaktuje se svými požadavky a potřebami oddělení prodeje. Oddělení prodeje nejdříve ověří poptávku a poté poptávku založí v systému Paperless Office, následně musí zákazníka prověřit. Pokud je zákazník z nějakého důvodu blokován, nebo mu není povoleno nabídku poskytnout, proces končí. Pokud je však kontrola zákazníka v pořádku, následuje ověření jeho požadavků a porovnání s databází nabídek MASCOT– zde se zjistí, zdali již byl výrobek požadovaných parametrů vyroben. Pokud výrobek již vyroben byl, následuje kalkulace a tvorba nabídky. Pokud výrobek zatím vyroben nebyl, je nutná konzultace s oddělením konstrukce. Konstrukce musí posoudit vyrobitelnost požadovaného výrobku, dále navrhne konkrétní parametry daného transformátoru a navrhne alternativy. Tyto informace předá pracovník konstrukce prostřednictvím Paperless Office zpět oddělení prodeje, kde je provedena kalkulace a zpracována nabídka. V nabídce je vždy obsažena finální cena výrobku (na základě platného ceníku), typ výrobku, podmínky, za jakých je možné výrobek dodat, kontaktní osoba a platnost nabídky. Hotovou nabídku musí vždy schválit vedoucí oddělení prodeje, následně je nabídka odeslána zákazníkovi.

2.2.2 Příjem objednávky

Na základě obdržené nabídky odešle zákazník svoji objednávku. Objednávka musí obsahovat typ výrobku, odsouhlasení ceny, podmínky za jakých má být výrobek dodán a požadované datum doručení. Objednávku obdrží oddělení prodeje, kde ji musí některý z pracovníků zkontrolovat. Dojde k porovnání objednávky a nabídky, následně je objednávka zadána do systému SAP. Současně s tím je objednávka v SAP přiřazena konkrétnímu zákazníkovi, pokud zákazník zatím v databázi není, je nově založen. V případě nesrovnalostí je zákazník znovu kontaktován. Objednávka je také vložena do Paperless Office, zde jsou součástí objednávky následující údaje: datum obdržení objednávky, příslušná nabídka, data o zákazníkovi, příjemce, kontaktní osoba oddělení prodeje, kontaktní osoba zákazníka, požadované datum dodání, dodací podmínky, splatnost, číslo objednávky. Dále je vytvořen, nebo přiřazen údaj vinutí, což je dokument obsahující specifická data požadovaného výrobku, podle kterých probíhá výroba. Údaj vinutí je poté přidán k objednávce v Paperless Office i v SAP.

Následuje plánování výroby. Plánovač na základě vytíženosti a kapacity výroby s ohledem na dostupnost potřebného materiálu stanoví termín dokončení zakázky. Poté naplánuje výrobu konkrétní zakázky. Ke své práci využívá data ze SAP a plánování výroby provádí v aplikaci Plánování výroby. Nakonec vytvoří výrobní zakázku, podle které probíhá výroba.

2.2.3 Výroba a expedice

Výroba probíhá podle výrobní zakázky, která je uvolněna do výroby. Uvolnění zakázky probíhá dle plánu výroby. Data výrobní zakázky jsou do systému MES přenášena ze SAP. Jednotliví pracovníci poté vidí potřebná výrobní data na MES terminálech, kterými jsou vybavena všechna pracoviště.

Z výroby míří hotové výrobky do skladu, kde probíhá jejich balení. Způsob balení se velmi liší dle typu, a především velikosti výrobku, dále jej ovlivňují požadavky zákazníka a způsob přepravy. Následně je vystaven balicí list, který obsahuje údaje o hmotnosti a rozměrech zabaleného výrobku, dále množství výrobků v balíku, typ balení a adresu dodání. Následuje vývoz balení, při kterém je vytvořen Vývozní list. Data o zabalení a vývozu jsou zadána do SAP, balicí list a vývozní list jsou poté přidány k datům objednávky v Paperless Office. Objednávka je dopravcem doručena zákazníkovi.

2.2.4 Fakturace

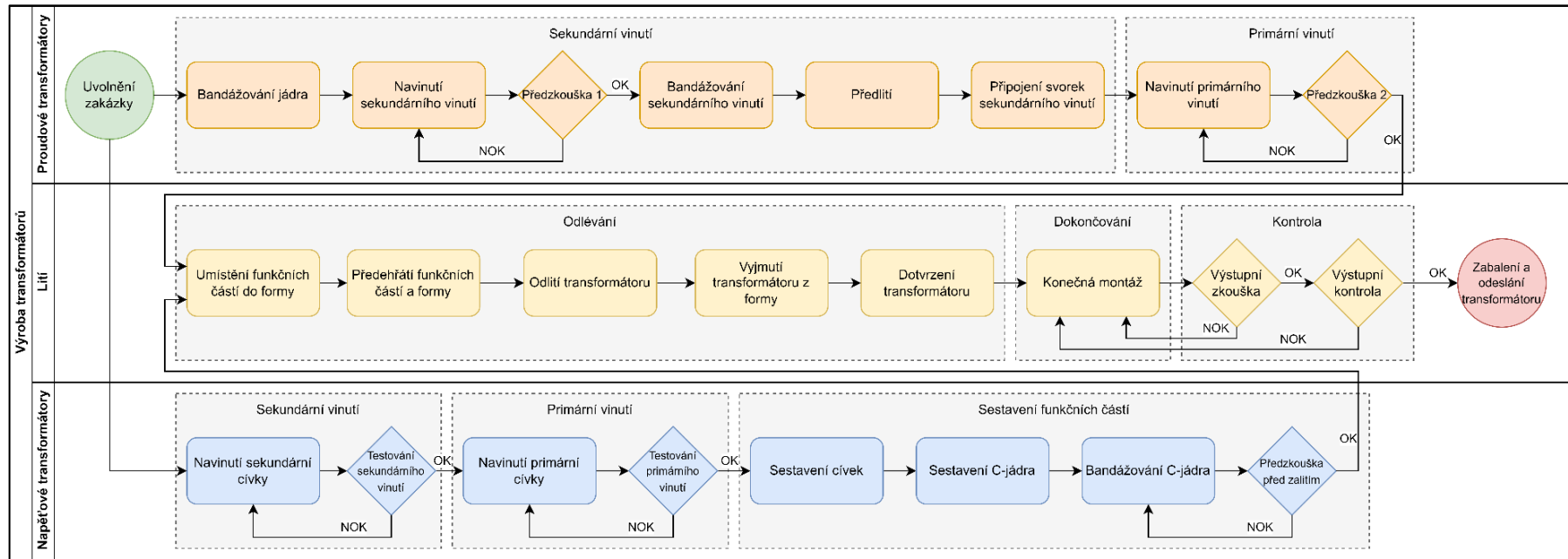
Jakmile zákazník potvrdí doručení výrobků následuje fakturace. Oddělení prodeje zpracuje fakturu k objednávce, fakturu následně vloží do Paperless Office. Poté je faktura spolu s dalšími dokumenty (balicí list, certifikát o původu, fyto certifikát) odeslána zákazníkovi. Celý proces objednávky končí, když zákazník obdrží tuto fakturu a dokumenty.

2.3 Proces výroby přístrojových transformátorů

Následující část detailně popisuje postup výroby přístrojových transformátorů, je důležitá pro pochopení návazností jednotlivých operací, což bude důležité v části detailní analýzy a v návrhové části. Celý proces je zaznamenán na obrázku číslo 12.

2.3.1 Celkový proces

Proces výroby začíná vydáním výrobního příkazu prostřednictvím uvolnění zakázky do výroby, čímž dojde k zahájení výroby sekundární cívky. Výrobní příkaz dále posouvá rozpracovaný výrobek přes dílčí výrobní buňky až po výstupní kontrolu, kde je každý kus otestován. Jednotka je v každé výrobní buňce zaznamenána do systému MES a je tedy sledována po celou dobu výroby.



Obrázek 12 *Proces výroby (vlastní zpracování)*

2.3.2 Provedení vinutí a sestavení proudového transformátoru

V následující sekci bude popsán proces vinutí sekundárního a primárního vinutí proudového transformátoru. Každý z následujících procesů se může lišit v závislosti na uplatněné elektrotechnické normě (IEC, nebo ANSI). Proces se může v návaznosti na normu lišit, nicméně jeho účel a funkce zůstávají stejné.

Sekundární vinutí

Tento popis zahrnuje postup výroby sekundárního vinutí a následných kroků při výrobě proudových transformátorů. Jednotlivé kroky se provádí s důrazem na preciznost a bezchybnost, což je nezbytné pro dosažení požadované kvality a výkonu proudového transformátoru.

Bandážování jádra

Tento proces je nezbytný k ochraně drátu sekundárního vinutí navinutého kolem hran jádra. Dalším důvodem je ochrana jádra před vnikáním epoxidové hmoty mezi lamely jádra, což by vedlo k jeho tvarové deformaci.

Pro výrobu proudových transformátorů se používají dva druhy jader, jsou to jádra nanokrystalická (litá) a jádra ocelová (složená z plechových lamel). Nanokrystalická jádra mohou být uzavřena v plastových, nebo ocelových obalech a následně obvázána izolační páskou. Jádra jsou izolována a bandážována více druhy izolačních materiálů.

Způsob izolace jádra se může lišit podle typu transformátoru a podle jeho provedení. Pořadí izolačních materiálů a správné provedení bandáže je klíčové pro správnou ochranu jádra proti vnikání epoxidové hmoty. V některých případech je možné zakoupit izolovaná jádra od dodavatele.



Obrázek 13 Zabandážované jádro [29]



Obrázek 14 Provedení z lamel [30]



Obrázek 15 Lité provedení [31]

Navinutí sekundárního vinutí

Velikost zabandážovaného jádra se může velice lišit, což celou operaci velmi komplikuje. Cívky s malým počtem závitů jsou navíjeny ručně, cívky s větším počtem závitů jsou navíjeny na automatických navíjecích strojích – navíječkách.

Navíječka je zvolena podle velikosti jádra a podle potřebného počtu závitů sekundárního vinutí. Jádra jsou k navíječkám přepravována ručně, pomocí manuálního dopravníku, automatického dopravníku, anebo jeřábem v případě velkých a těžkých jader.

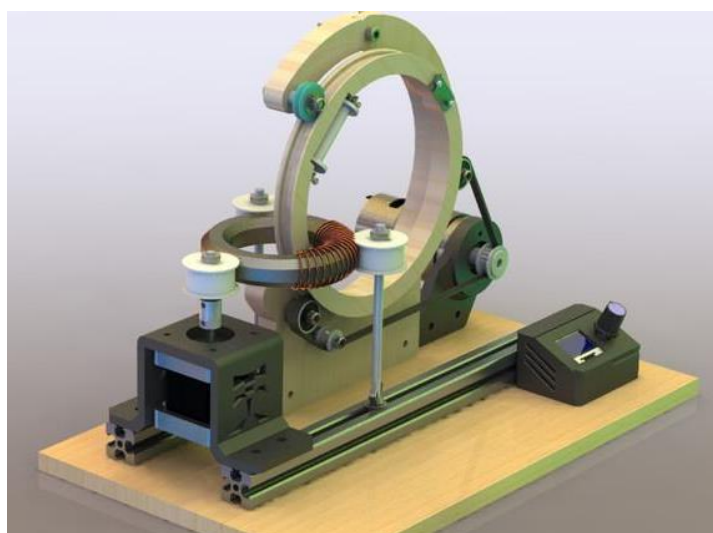
Smaltem potažený drát kruhového, nebo obdélníkového průřezu je poté navíjen na jádro.

Pokud je třeba navinout více vrstev drátu, tyto vrstvy musí být vzájemně odděleny izolací.

Vinutí musí být rovnoměrné, s konstantními rozestupy, drát nesmí být přetočený.



Obrázek 16 Navinuté sekundární vinutí [32]



Obrázek 17 Navíječka [33]

Předzkouška 1

Po navinutí sekundárního vinutí následuje předzkouška po navinutí, kde je každý kus testován. Předmětem zkoušky je ověření přesnosti a zjištění magnetizačních charakteristik. Předzkouška je důležitá pro další výrobu, protože v této fázi je snadné neshodný výrobek opravit. Dále jsou některé kusy testovány na mezi závitový zkrat. Pokud kus u zkoušky nevyhoví, je vrácen na navijárnu, kde je opraven.

Bandážování sekundárního vinutí

Proces se liší v závislosti na požadované normě.

-**IEC** – sekundární vinutí může být bandážováno různými materiály tak, aby došlo k jeho ochraně a izolaci. K dosažení požadovaného výsledku je možné použít více vrstev rozdílných materiálů. V závislosti na velikosti jádra a zvoleném bandážovacím materiálu může být bandážování provedeno ručně, nebo na automatickém bandážovacím stroji.

-**ANSI** – sekundární vinutí je izolováno a následně bandážováno. Využity mohou být různé materiály.



Obrázek 18 Zabandážované sekundární vinutí [34]

Předlití

Tento proces slouží k udržení cívek pohromadě (většina transformátorů obsahuje více cívek sekundárního vinutí), během následné manipulace a dalších operací. Proces začíná instalací zálitkových matic na spodní část přípravku. Následně se jednotlivé cívky nasunou na trn a uloží do držáků přípravku. Cívky jsou položeny na bok a vývody sekundárního vinutí jsou vyvedeny skrz průchodky držáku. Vanička přípravku, ve které

leží cívky je následně zalita epoxidovou, nebo polyurethanovou hmotou. Sestava je uložena k vytvrzení. Po vytvrzení jsou povoleny šrouby držící zálitkové matice, trn procházející cívkami je odstraněn, následně jsou funkční části vyjmuty z přípravku.

Připojení svorek sekundárního vinutí

Proces se liší v závislosti na požadované normě:

-IEC – Svorky jsou nakrimpovány na vývody sekundárního vinutí. Následně jsou zapájeny tak, aby spoj svorky a drátu kvalitní.

-ANSI – Svorky jsou připájeny cínem na vývody sekundárního vinutí X1 a X2.

Primární vinutí

Proces se liší v závislosti na požadované normě.

Navinutí primárního vinutí

Existuje více provedení, která se volí podle typu transformátoru.

IEC kabelové provedení

Sekundární cívka je pevně uchycena v držáku, operátor používá dopředu nařezaný a zabandážovaný kabel primárního vinutí. Tento kabel je následně navíjen kolem sekundární cívky do doby, než je dosaženo požadovaného počtu závitů primárního vinutí.

Když je dosaženo požadovaného počtu závitů, na konce primárního vinutí jsou připájeny primární svorky. Celé primární vinutí je následně bandážováno.

IEC vinutí z měděných pásků

Toto primární vinutí se skládá z více pruhů mědi ovíjených okolo sekundární cívky. Na tyto pásy jsou následně nýtovány primární svorky. Bandážování primárního vinutí je provedeno několika materiály.

IEC lité provedení

Tento typ primárního vedení se skládá z dvou odlitých ocelových dílů. Tyto díly jsou vloženy do cívek sekundárního vinutí a sešroubovány k sobě. V případě tohoto provedení je počet závitů primárního vinutí pevně daný a není jej možné změnit. Primární svorky jsou již součástí primárního vinutí. Primární vinutí je následně bandážováno.

ANSI Slinky provedení

Primární vinutí je tvořeno páskem mědi, který je dopředu navinut do podoby pružiny. Pružina může mít podle potřeby různý průřez a počet závitů. Následně je pružina namotána na sekundární cívku. Celá sestava je vložena do držáku, kde jsou konce primárního vinutí zakráčeny. Poté jsou na ně připájeny primární svorky.

Primární vinutí je bandážováno pěnovou izolací a dalšími materiály. Po dokončení bandážování musí být primární vinutí dokonale izolováno od sekundárního vinutí a od uzemňovacích prvků.

Předzkouška 2

Po navinutí primárního vinutí následuje předzkouška po navinutí, kde je každý kus testován. Předmětem zkoušky je ověření přesnosti převodu transformátoru při daném zatížení, bezpečnostního faktoru pro měřicí jádra a odporu vinutí. Tato zkouška brání chybám, jako je nedostatečná přesnost, mezi závitový zkrat a špatný počet závitů. Pokud kus u zkoušky nevyhoví, je vrácen na navijárnu, kde je opraven.

2.3.3 Provedení vinutí a sestavení napěťového transformátoru

V následující sekci bude popsán proces vinutí sekundárního a primárního vinutí napěťového transformátoru. Každý z následujících procesů se může lišit v závislosti na uplatněné elektrotechnické normě (IEC, nebo ANSI). Proces se může v návaznosti na normu lišit, nicméně jeho účel a funkce zůstávají stejné.

Sekundární vinutí

Tento popis zahrnuje postup výroby sekundárního vinutí a následných kroků při výrobě napěťových transformátorů. Jednotlivé kroky se provádí s důrazem na preciznost a bezchybnost, což je nezbytné pro dosažení požadované kvality a výkonu napěťového transformátoru.

Navinutí sekundární cívky

Proces se liší v závislosti na požadované normě.

-**IEC** – Na kartonovou trubici je navíjen smaltovaný drát. V celém vinutí musí být zachována stejná rozteč závitů, navíjení musí být rovnoměrné. Jednotlivé vrstvy vinutí jsou odděleny izolací. Poslední vrstva vinutí je obalena izolační vrstvou. Začátek i konec vinutí je nasunut do izolační ochranné trubičky. Sekundární vinutí je dále bandážováno.

-**ANSI** – Na kartonovou trubici je navíjen smaltovaný drát kruhového, nebo čtvercového průřezu. Vinutí může mít více spojených vývodů. Jednotlivé vrstvy jsou od sebe izolovány, poslední vrstva je také izolována.

-**ANSI – Alternativní** – Pro kruhová jádra se provádí vinutí na automatických navíjecích strojích. Jednotlivé vrstvy vinutí jsou od sebe odděleny izolací. Poslední vrstva je také izolována. Vývody jsou zasunuty do ochranných izolačních trubiček.



Obrázek 19 Naviječka [35]

Testování sekundárního vinutí

Po navinutí sekundárního vinutí následuje předzkouška po navinutí, kde je každý kus testován. Předmětem zkoušky je ověření správného počtu závitů vinutí. Předzkouška je důležitá pro další výrobu, protože v této fázi je snadné neshodný výrobek opravit. Pokud kus u zkoušky nevyhoví, je vrácen na navijárnu, kde je opraven.

Primární vinutí

Proces se liší v závislosti na požadované normě.

Navinutí primární cívky

Na kartonovou trubici je navíjen smaltovaný drát. V celém vinutí musí být zachována stejná rozteč závitů, navíjení musí být rovnoměrné. Jednotlivé vrstvy vinutí jsou odděleny izolací. Poslední vrstva vinutí je obalena izolační vrstvou. Začátek i konec vinutí je nasunut do izolační ochranné trubičky.



Obrázek 20 Primární cívka [36]

Testování primárního vinutí

-IEC – je proveden test přesnosti pro danou třídu přesnosti a zatížení.

-ANSI – je proveden test přesnosti pro danou třídu přesnosti a zatížení

Pokud kus u zkoušky nevyhoví, je vrácen na navijárnu, kde je opraven.

Sestavení funkčních částí

Sestavení cívek

V této fázi výroby dochází ke složení cívky primárního vinutí a cívky sekundárního vinutí. Cívka primárního vinutí je vložena do přípravku, do jejího středu je vsunuta cívka sekundárního vinutí. Cívky jsou vůči sobě vystředěny, následně je prostor mezi nimi vyplněn lepidlem.

Sestavení C-jádra

-**IEC** – Jádro transformátoru se skládá ze dvou částí tvaru C. Sestava primárního a sekundárního vinutí je nasunuta na jednu část jádra, následně je přiložena i druhá část jádra. Obě části jádra jsou poté staženy k sobě pomocí stahovacího pásku.

-**ANSI** – Jádro transformátoru se skládá z mnoha tvarovaných ocelových plechových lamel. Tyto lamely jsou postupně provlékány skrz sestavu cívek primárního a sekundárního vinutí. Následně je jádro staženo stahovacím páskem. Sestava cívek je na jádře vystředěna pomocí klímků.

Bandážování C-jádra

Tento proces je nezbytný k ochraně drátu primárního i sekundárního vinutí a samotného jádra před vnikáním epoxidové hmoty.

Jádra jsou bandážována více druhy různých materiálů.

U napěťových transformátorů je ještě přidána vysokonapěťová elektroda.

Způsob izolace jádra a vinutí se může lišit podle typu transformátoru a podle jeho provedení.

Předzkouška před zalitím

Po sestavení funkčních částí napěťového transformátoru následuje předzkouška před zalitím. Během této zkoušky je měřena polarita cívek a jejich odpor. Dále je měřena přesnost. Probíhá také vizuální kontrola. Pokud kus u zkoušky nevyhoví, je vrácen na pracoviště bandáže, kde je opraven.

2.3.4 Odlévání

Následující část popisuje proces zalévání funkčních částí transformátorů do izolační hmoty, která zároveň chrání funkční části před vnějšími vlivy prostředí.

Umístění funkčních částí do formy

V tomto kroku dochází k uložení funkčních částí transformátoru do formy. Forma je sestavena z několika částí a její konstrukce se výrazně liší podle technologie odlévání. Velikost forem je velmi rozdílná a závisí na typu transformátoru. Funkční části musí být ve formě uloženy velmi důkladně a přesně, jenom tak dojde ke správnému odlití transformátoru.

Předehřátí funkčních částí a formy

Před samotným zalitím funkčních částí hmotou je nutné formu s funkčními částmi předehřát. Za tímto účelem je sestava umístěn do předehřívací pece, kde setrvává po potřebnou dobu při požadované teplotě. Pro dosažení vysoké kvality odlitku je nezbytné nahřátí celé sestavy a také její kompletní vysušení. Pokud by forma a funkční části nebyly vysušeny, vlhkost by způsobila tvorbu bublin v odlitku. Vzduchové bubliny v odlitku transformátoru poté způsobují vznik částečných výbojů mezi vodivými částmi transformátoru, takovýto transformátor následně nevyhoví u výstupní zkoušky.

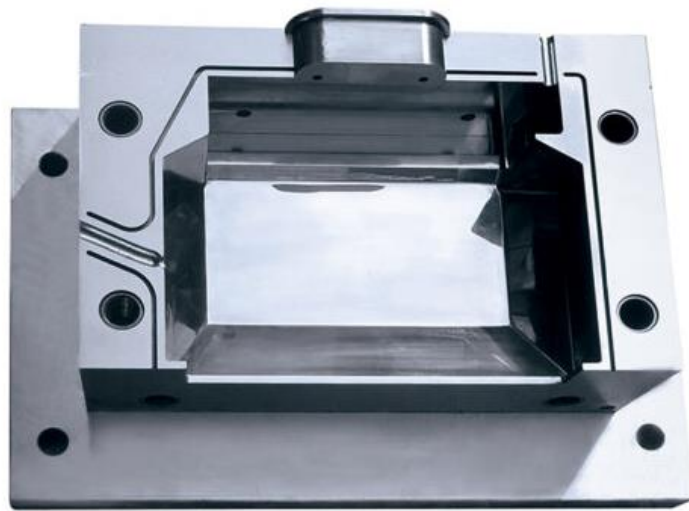
Odlití transformátoru

Odlití transformátoru je proces, při kterém jsou funkční části a celý vnitřní prostor formy zality epoxidovou hmotou. Pro tento proces jsou využívány dvě odlišné technologie, a to odlévání za sníženého tlaku, označovaná jako vakuové lití a technologie zalévání za zvýšeného tlaku, takzvané tlakové lití.

Technologie zalévání ve vakuu

Typickým znakem této technologie v porovnání s technologií tlakového lití je nižší kvalita povrchu odlitků. Pro tuto technologii jsou běžné drobné dutiny a nerovnosti na površích odlitku.

V případě technologie lití ve vakuu jsou funkční části transformátoru umístěny do uzavřené formy vybavené vtokovými kanály v horní části formy. Vtokové kanály slouží k vstupu hmoty z epoxidové pryskyřice do vnitřní části formy. Všechny vnitřní povrchy formy musí být ošetřeny separátorem, který brání přilnutí hmoty k těmto povrchům, což velmi usnadňuje následné vyformování. Zalévání hmotou probíhá ve vakuové komoře za sníženého tlaku. Forma s funkčními částmi je zde nejprve vakuově vysušena, poté následuje zalití hmotou z epoxidové pryskyřice. Zalévání je prováděno s přestávkami tak, aby hmota lépe zatekla do všech částí formy a pokračuje až do doby, kdy hladina hmoty stoupne nad vtokový otvor. Proces zalévání je plně automatizován, operátor pouze navolí příslušný strojní program.



Obrázek 21 Polovina formy na vakuové lití [39]

Vytvrzení transformátoru

Při této fázi dochází ke změně tekuté hmoty na hmotu pevnou.

Ihned po odlití transformátoru je zalitá forma vyjmuta z vakuové komory, do blízkosti vtokové soustavy v horní části formy jsou přiložena chladítka. Tato chladítka jsou ocelové válce, které jsou předem vychlazeny. Forma spolu s chladítky dále míří do vytvrzovací pece. Zde je celá sestava dále zahřívána až do teploty bodu gelace. Při této teplotě se projeví reaktoplastické vlastnosti epoxidové hmoty, která začíná tuhnout. Jednotlivé molekuly epoxidové hmoty se začnou transformovat, čímž se z tekuté hmoty stane hmota pevná. Při procesu gelace dochází k smršťování hmoty uvnitř formy. K tomu, aby gelace proběhla řízeně napomáhají použitá chladítka, která ochlazují oblast vtokových otvorů, takže zde gelace nastává až když je hmota uvnitř formy již ztuhlá. Pokud by vtokové otvory nebyly ochlazovány, došlo by zde ke gelaci dříve než uvnitř formy, což by mělo za následek vznik dutin v odlitku, čímž by byly významně narušeny izolační vlastnosti hmoty.

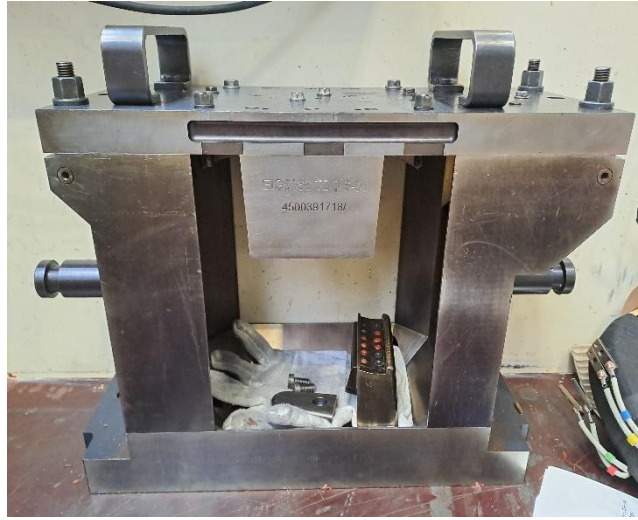
Vyjmutí transformátoru z formy

Jakmile je proces vytvrzení dokončen, sestava je vyjmuta z pece. Následuje odejmutí chladítek a demontáž formy. Forma je následně očištěna a míří zpět na pracoviště formování. Samotný odlitek je přesunut do dotvrzovacího tunelu, kde dochází k dalšímu zpevnění hmoty a následnému postupnému ochlazení na okolní teplotu.

Technologie zalévání za zvýšeného tlaku

Tato technologie byla vyvinuta později než technologie vakuová. Důvodem k jejímu vývoji byla snaha o odstranění nedostatků vakuové technologie. Tato technologie dosahuje výrazně lepších výsledků, co se kvality odlitku a hlavně kvality jeho povrchů týče. Další výhodou je sloučení procesu lití, tuhnutí a vytvrzení do jediné operace. Všechny tyto operace probíhají přímo v licím stroji. Samotná pracoviště tlakového lití jsou z důvodu zvýšení produktivity vybavena prostorem pro zaformování funkčních částí a předehřívací pecí.

Stejně jako při vakuovém lití jsou nejprve funkční části umístěny do forem. Formy pro tlakové lití se však výrazně liší od těch pro vakuové lití. Tyto formy nejsou uzavřené, postrádají dvojici protějších stran. Při ukládání funkčních částí do formy je nezbytné části formy, které přijdou do styku s licí hmotou ošetřit separátorem, aby k nim hmota nepřilnula.



Obrázek 22 *Forma pro tlakové lití (vlastní zdroj)*

Licí stroj je vybaven dvěma deskami, mezi které je forma s funkčními částmi umístěna. Skrz vtokové otvory v deskách je poté vnitřní prostor formy plněn epoxidovou hmotou. Když je forma naplněna, následuje proces vytvrzení. Desky jsou temperovány na požadovanou teplotu, hmota uvnitř formy je ohřívána až do dosažení teploty gelace, kdy dochází k tuhnutí hmoty. Teplota různých částí desek se liší, tak aby byl proces vytvrzení řízený. Nejvyšší teplotu mají desky v horní části a směrem dolů teplota desek klesá, nejnižší teplotu mají desky v okolí vtokových kanálů, tak aby bylo možné doplňovat hmotu do formy v průběhu smršťování hmoty v důsledku gelace. Hmota je do formy přiváděna pod zvýšeným tlakem, což má pozitivní účinky na výslednou kvalitu povrchu odlitku.



Obrázek 23 Stroj na tlakové lití (vlastní zdroj)

Vyjmutí transformátoru z formy.

Když je proces vytvrzení dokončen, dojde k vyjmutí formy s funkčními částmi z liciho stroje. Forma je následně demontována, očištěna a připravena pro další použití. Odlitek transformátoru pokračuje do dotvrzovacího tunelu.

Dotvrzení transformátoru

V průběhu dotvrzení prochází odlitek jednotlivými segmenty dotvrzovacího tunelu s postupně klesající teplotou. Díky tomuto řízenému ochlazení je umožněno doběhnutí reakcí v hmotě, čímž dochází k jejímu zpevnění. Jenom díky správnému dotvrzení získává odlitek požadované izolační i pevnostní vlastnosti.

2.3.5 Dokončování

Konečná montáž

Na pracovišti konečné montáže se provádí poslední úpravy a opravy odlitků transformátorů. Dále je zde montován dodatečný hardware na odlitky.

Oprava odlitku

V důsledku technologie lití je nutné povrch některých transformátoru opravit, jde především o zalepení dutin a nerovností na odlitém povrchu. Následně je nutné obrousit hrany a zabrousit nálitky vtokové soustavy.

Montáž základové desky

Na spodní část každého odlitku je namontována základová deska. Tato deska slouží k uchycení transformátoru v rozvaděčích a usnadňuje manipulaci s hotovým výrobkem.

Montáž hardware

Transformátor je dále osazen potřebným hardwarem, který se liší v závislosti na typu transformátoru. Jedná se o svorky, svorkovnice, kryty svorkovnic, pojistková pouzdra a identifikační štítek.

2.3.6 Kontrola

Výstupní zkouška

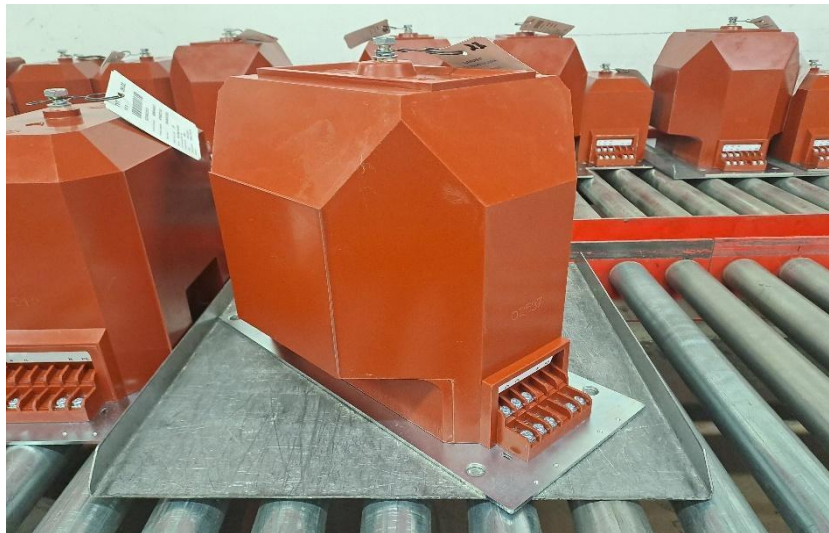
Výstupní zkouška se provádí na každém vyrobeném kusu. Její průběh a rozsah se liší v závislosti na konkrétní normě, kterou musí transformátor splňovat a na dodatečných požadavcích zákazníka.

Běžně se provádí kontrola, zdali štítek a údaje na něm odpovídají skutečným parametrům transformátoru. Dále je to zkouška závitové izolace, izolace mezi primárním a

sekundárním vinutím. Zkouška na výboje a zkouška přesnosti převodu – z této zkoušky vzniká pracovní křivka transformátoru a magnetizační křivka. Z výstupní zkoušky vzniká protokol obsahující všechny naměřené údaje, který je spolu s hotovým výrobkem dodán zákazníkovi. Pokud kus u zkoušky nevyhoví, je vrácen na pracoviště konečné montáže, kde je opraven – pokud je to možné.

Výstupní kontrola

Předmětem výstupní kontroly je vizuální kontrola hotového výrobku, ověření shody transformátoru se štítkem a kontrola příslušných dokumentů. Pokud kus u kontroly nevyhovuje, je vrácen na pracoviště konečné montáže, kde je provedena oprava, případně úprava a doplnění dokumentů.



Obrázek 24 Hotový transformátor (vlastní zdroj)

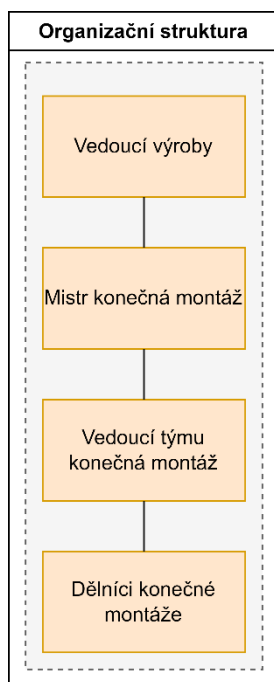
2.4 Konečná montáž – detailní analýza

Následující část poskytuje detailní popis fungování pracoviště konečné montáže. Nejprve je však nutné představit návaznost tohoto pracoviště na zbývající část výroby.

Konečná montáž je pracoviště, na kterém se provádí poslední výrobní operace a dokončení výrobku. Navazuje přímo na proces lití, konkrétně na operaci dotvrzení. Z konečné montáže míří hotové kusy na zkušebnu a poté na výstupní kontrolu.

2.4.1 Organizační struktura

Organizační struktura pracoviště konečné montáže je zobrazena na obrázku 25. Nejvyšším nadřízeným je zde vedoucí výroby, který zodpovídá za celý proces výroby přístrojových transformátorů. Zodpovědnost za pracoviště konečné montáže má mistr, který se stará o dodržování všech předpisů a bezpečnosti. Také má za úkol plánování směn pracovníků a komunikaci s vedením. Vedoucí týmu konečné montáže je nejzkušenějším pracovníkem na pracovišti, dohlíží na správné provádění práce ostatních dělníků, objednává zakázkový materiál pro potřeby pracoviště a zajišťuje servis a údržbu strojů. Dále je na každé směně pět až deset dělníků, kteří provádějí opravy odlitků, broušení odlitků a samotnou konečnou montáž transformátorů.



Obrázek 25 Organizační struktura konečné montáže (vlastní zpracování)

2.4.2 Proces objednávky zakázkového materiálu

Pro provedení konečné montáže, je nezbytný zakázkový materiál. Zakázkový materiál je označení materiálu potřebného pro dokončení konkrétní zakázky, jedná se o základové desky, svorky, svorkovnice, kryty svorkovnic, pojistky, držáky pojistek, štítky, kryty a spojovací materiál. Tento materiál se na pracoviště dostává následujícím způsobem.

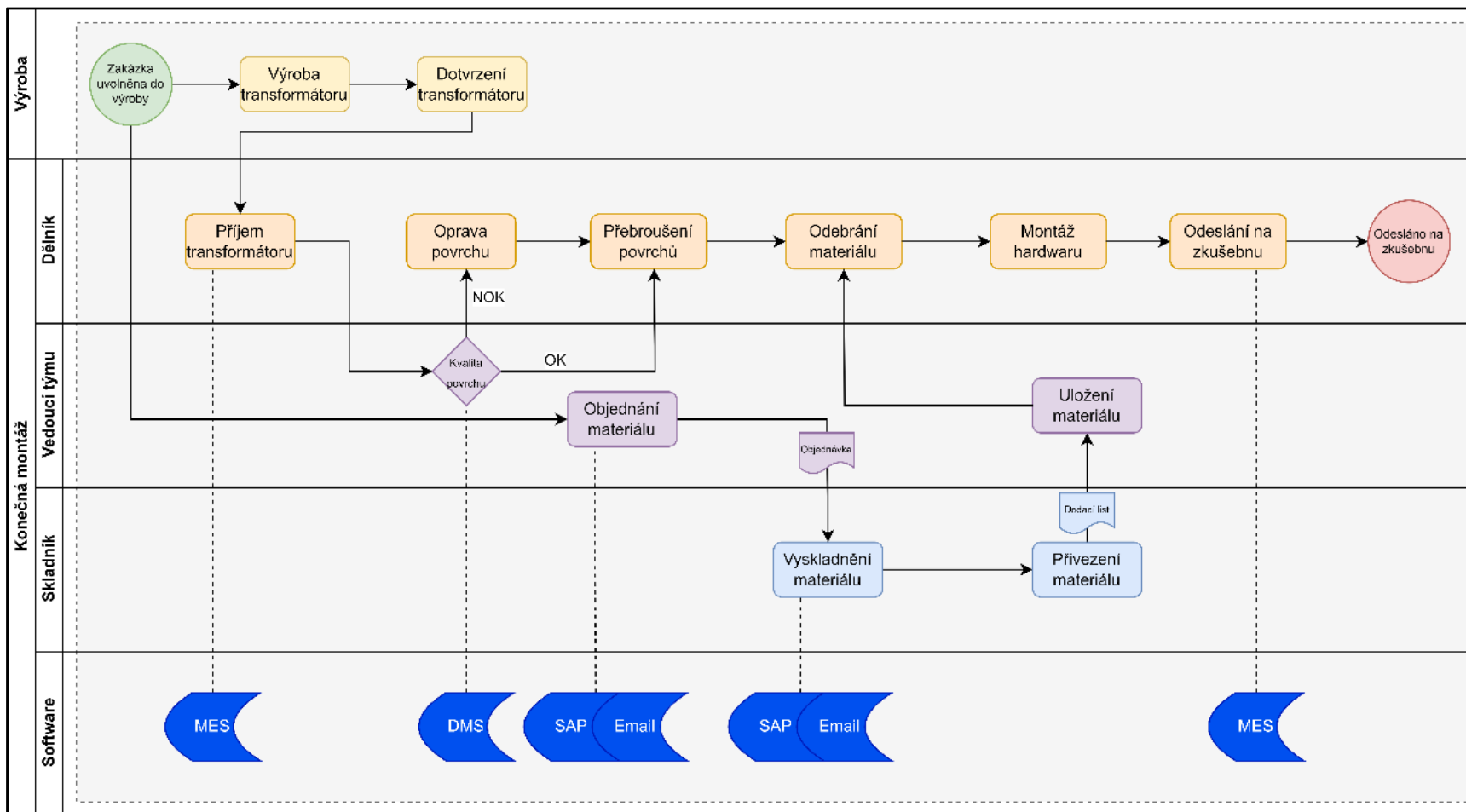
Když je výrobní zakázka uvolněna do výroby, pracovník oddělení plánování stanoví předpokládané datum dokončení, toto datum je uvedeno v SAP u každé zakázky. Podle tohoto data provádí vedoucí týmu pracoviště konečné montáže objednávku na vychystání zakázkového materiálu ze skladu. Vedoucí týmu v SAP prochází všechny výrobní zakázky podle předpokládaného data dokončení a vypisuje čísla zakázek, které by měly být v následujících dnech dokončeny, tak aby byl materiál na pracovišti dříve než zakázka, na kterou je určen. Tato čísla si vypíše na papír a poté odešle prostřednictvím emailu skladníkovi, který požadovaný materiál vychystá a přiveze ze skladu na pracoviště konečné montáže. Objednávku provádí z pravidla na dva dny dopředu, tedy každý druhý den. Objednávku připravuje vždy ráno, hned po začátku ranní směny, zabere mu to průměrně 30 minut.

Skladník zakázkový materiál vyhledá v SAP podle čísla zakázky, vychystá, naskládá na paletu a doveze na pracoviště. Materiál obvykle doručí v den objednávky v odpoledních hodinách. Vedoucí týmu si tento materiál včetně dodacích listů převezme a umístí jej do k tomu určeného regálu, kde materiál čeká na následné zpracování.

2.4.3 Procesy na pracovišti konečné montáže

Procesy na pracovišti konečné montáže jsou znázorněny na obrázku 26.

Odlitek se dostane na pracoviště konečné montáže po dokončení procesu dotvrzení. Zde je dělníkem přijat a načten do systému MES. Následně provede vedoucí týmu kontrolu odlitku a podle instrukce kvality, která je uložena v DMS rozhodne o potřebných opravách odlitku. Opravy poté provádí některý z dělníků, jedná se především o opravy povrchu v místech, kde na povrch vystoupily bubliny, případně uražené rohy svorkovnic a další drobné nedostatky. Tyto nedostatky jsou opraveny pomocí epoxidové hmoty. Následně jsou povrchy odlitku přebroušeny na rovinné brusce, dále dochází ke sražení ostrých hran odlitku. Jakmile jsou úpravy odlitku dokončeny následuje montáž příslušného hardwaru. Dělník podle čísla dané zakázky vybere potřebný materiál z regálu a provede jeho montáž. Každý transformátor je vybaven základovou deskou, která slouží k uchycení transformátoru v rozvaděči, poté je montováno ostatní příslušenství, vždy záleží na konkrétním typu transformátoru a požadavcích zákazníka. Nakonec je transformátor vybaven typovým štítkem, nahlášen v MES jako dokončený a odeslán na zkušebnu.



Obrázek 26 *Procesy – konečná montáž (vlastní zpracování)*

2.4.4 Sledovaná data

Objednávky zakázkového materiálu

V období od 11.01.2024 do 27.03.2024 byly sledovány objednávky prováděné vedoucím týmu konečné montáže. Z těchto emailem prováděných objednávek byly do tabulky vypisovány následující údaje: datum odeslání objednávky (shoduje se s datem vyskladnění a dodání materiálu) a čísla zakázek, na které byl zakázkový materiál objednávan. Následně byly k těmto údajům doplněny data ze SAP, v tomto případě šlo o předpokládané datum dokončení a skutečné datum dokončení zakázky. Zároveň bylo provedeno ověření, zdali jednotlivé zakázky v SAP existují. V posledním sloupci tabulky je poté doba, po kterou materiál čekal na zpracování, jedná se o dobu mezi datem objednání materiálu a datem skutečného dokončení zakázky.

Informace ohledně záměn materiálu byla získána od vedoucího týmu konečné montáže, který vede statistiku kusů určených k přepracování. V tabulce byly následně barevně označeny zakázky, u kterých došlo k chybám. Modře jsou zvýrazněné zakázky, u kterých byl materiál objednan předčasně, za předčasně objednaný materiál je považován takový materiál, který musel na pracovišti konečné montáže čekat na zpracování více než 7 dní. Červeně jsou označeny zakázky, které bylo nutné přepracovat z důvodu záměny materiálu. Žlutě jsou označeny zakázky, u kterých je chyba v čísle zakázky a v SAP neexistují, viz tabulka 1. Kompletní tabulka je uvedena v příloze.

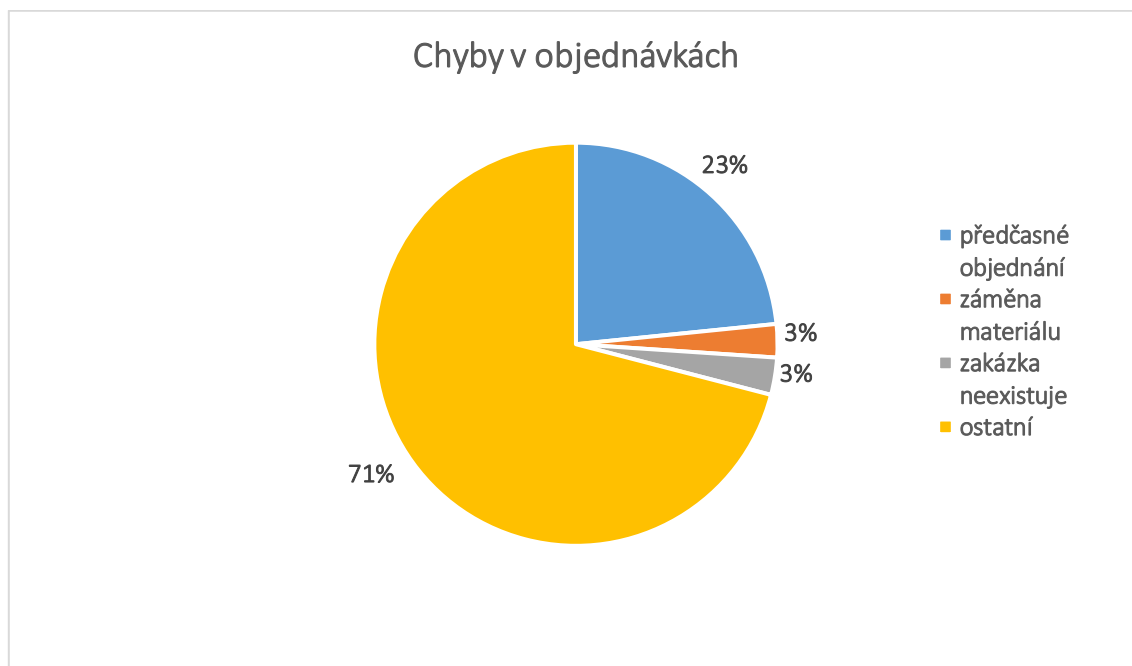
Tabulka 1 Náhled tabulky dat

Datum objednávky	Číslo zakázky	Plánované datum dokončení	Skutečně dokončeno	Doba čekání [dnů]
11.01.2024	608483057	15.01.2024	16.01.2024	5
11.01.2024	608483192	14.02.2024	14.02.2024	34
11.01.2024	608483196	14.02.2024	19.02.2024	39
11.01.2024	608496585	15.01.2024	16.01.2024	5
11.01.2024	608499719	15.01.2024	16.01.2024	5
11.01.2024	608505627	11.01.2024	12.01.2024	1
11.01.2024	608507372	12.01.2024	12.01.2024	1
11.01.2024	608507376	12.01.2024	12.01.2024	1
11.01.2024	608509799	15.01.2024	16.01.2024	5
11.01.2024	608509832	15.01.2024	15.01.2024	4
11.01.2024	608509855	15.01.2024	18.01.2024	7
11.01.2024	608509883	15.01.2024	18.01.2024	7
11.01.2024	608509888	15.01.2024	22.01.2024	11
11.01.2024	608509892	15.01.2024	18.01.2024	7
11.01.2024	608509897	15.01.2024	22.01.2024	11
11.01.2024	608509934	15.01.2024	12.01.2024	1
11.01.2024	608510759	15.01.2024	17.01.2024	6
15.01.2024	608492901	x	x	
15.01.2024	608499204	16.01.2024	17.01.2024	2
15.01.2024	608500224	16.01.2024	17.01.2024	2
15.01.2024	608501904	16.01.2024	16.01.2024	1

Za dobu 76 dnů, po kterou byly objednávky sledovány, bylo provedeno celkem 42 objednávek ve kterých byl objednán zakázkový materiál na celkem 637 zakázek.

Ze získaných dat byla následně vypočtena průměrná doba čekání materiálu na zpracování (doba od objednání materiálu po dokončení zakázky), která byla 6,2 dne, dále byla vypočtena velikost průměrné objednávky, která byla 15,2 zakázky. Za jeden den bylo v průměru zpracováno 8,4 zakázky.

Dále byly z dat získány informace o chybách v objednávkách a o počtu záměn materiálu z důvodu kterých bylo nutné dané kusy přepracovat. Chyba v objednávce, která zapříčinila objednání materiálu na neexistující zakázku se stala 19krát (3,0 % všech zakázek), k předčasnému objednání materiálu došlo 149krát (23,4 % všech zakázek). V průběhu sledovaného období bylo z důvodu záměny materiálu nutné přepracovat 17 kusů (2,7 % všech zakázek), tato data jsou zobrazena v grafu 1.



Graf 1 Chyby v objednávkách

Hledání materiálu

Dále byla měřena doba, kterou potřebuje dělník na nalezení a donesení zakázkového materiálu na své pracoviště. Bylo provedeno celkem 10 měření, viz tabulka 2. Měření byla provedena v pracovních dnech týdne 22.04.2024-26.04.2024, vždy po jednom na ranní a odpolední směně. Jako počátek měření byl zvolen okamžik, kdy pracovník opouští své pracoviště a vydává se pro zakázkový materiál, měření bylo ukončeno ve chvíli, kdy se pracovník vrátil s potřebným materiálem zpět na své pracoviště. Průměrná doba potřebná pro nalezení materiálu a donesení na pracoviště byla 3,63 minuty.

Tabulka 2 Hledání materiálu

Hledání materiálu [min]	
Měření 1.	3,2
Měření 2.	3,9
Měření 3.	3,4
Měření 4.	4,0
Měření 5.	3,3
Měření 6.	4,1
Měření 7.	3,6
Měření 8.	3,9
Měření 9.	3,4
Měření 10.	3,5
Průměrný čas	3,6

2.4.5 Analýza plýtvání na pracovišti konečné montáže

Tato část se zabývá popisem zjištěných druhů plýtvání na pracovišti konečné montáže. Plýtvání byla zjištěna z analýzy získaných dat.

Zbytečné zásoby – Zakázkový materiál pro konečnou montáž je objednávan podle předpokládaného data dokončení na dva dny dopředu. Velmi často se však stane, že zakázka se ve výrobě zdrží, a proto zde materiál čeká výrazně déle. V období od 11.01.2024 do 27.03.2024 byla sledována doba mezi datem dodání zakázkového materiálu na konečnou montáž a datem dokončení příslušné zakázky. Průměrná doba za toto období 6,2 dne viz. tabulka v příloze práce. Zásoba materiálu na konečné montáži byla v tomto období tedy výrazně větší, než bylo potřeba. S tímto větším objemem materiálu dále souvisí problém se skladovacími kapacitami, regál určený k uskladnění materiálu nemá dostatečnou kapacitu. Do regálu byly v tomto období umísťovány pouze základové desky, viz obrázek 27, ostatní materiál byl nevhodně skladován volně na paletách, v boxech na podlaze dílny a na manipulačních vozících viz obrázek 28.



Obrázek 27 Regál na ukládání materiálu
(vlastní zdroj)



Obrázek 28 Nevhodně uložený materiál
(vlastní zdroj)

Čekání – Vzhledem k uskladnění materiálu na několika místech v rámci pracoviště konečné montáže museli dělníci hledat potřebný materiál pro dokončení zakázky. Tento materiál nebyl umístěn na jednom místě – v příslušném regálu, ale na několika místech v prostorách dílny. Dělník tedy vždy musel obejít všechna tato místa a vyhledat potřebný materiál. Materiál musel následně odnést, na své pracoviště, kde poté provedl jeho montáž. Materiál byl navíc často narovnan na sobě, takže bylo nutné jej přerovnávat tak, aby se dělník dostal k materiálu pro zpracovávanou zakázku. Průměrný čas pro získání nalezení a přípravu materiálu byl dle měření 3,63 minuty. V případě že byla objednávka materiálu provedena s chybou a daná zakázka v ní chyběla, materiál chybí úplně, což vede k nutnosti doobjednání materiálu a k následnému čekání na jeho doručení.

Špatné zpracování – V rámci sledovaného období došlo několikrát k chybám v objednávkách zakázkového materiálu. Vedoucí týmu provádějící objednávku materiálu udělal chybu v čísle zakázky, pokud zakázka daného čísla neexistovala, materiál nemohl být dodán a potřebný materiál poté chyběl, k tomuto došlo celkem 19krát za sledované období. Pokud však zakázka tohoto čísla již existovala, materiál dodán byl. V tomto případě s velkým předstihem, až 39 dní viz. tabulka v příloze práce. Dále se také stávalo, že některé zakázky přehlédnul, nebo neobjednal. Materiál na tyto zakázky poté chyběl, což prodloužilo dobu jejich dokončení. Další a výrazně čtenější chybou v objednávkách bylo objednání materiálu příliš brzy. K předčasnému objednání materiálu došlo celkem 149krát za sledované období, jedná se o 23,4 % všech objednávek.

Zbytečná manipulace – Z důvodu ukládání materiálu volně na sebe byl dělník nucen materiál vždy přerovnat tak, aby se dostal ke kusu potřebnému pro konkrétní zakázku. V případě základových desek, které jsou narovnané v policích regálu na sobě včetně dodacích listů s čísly zakázek, viz obrázek 29, bylo vždy nutné desky odrovnávat shora dokud nebyl nalezen dodací list a příslušná deska pro danou zakázku, poté bylo nutné zbylé desky opět narovnat zpět. Obdobné podmínky panovaly i u pojistek a dalších typů materiálu.



Obrázek 29 Desky uložené na sobě (vlastní zdroj)

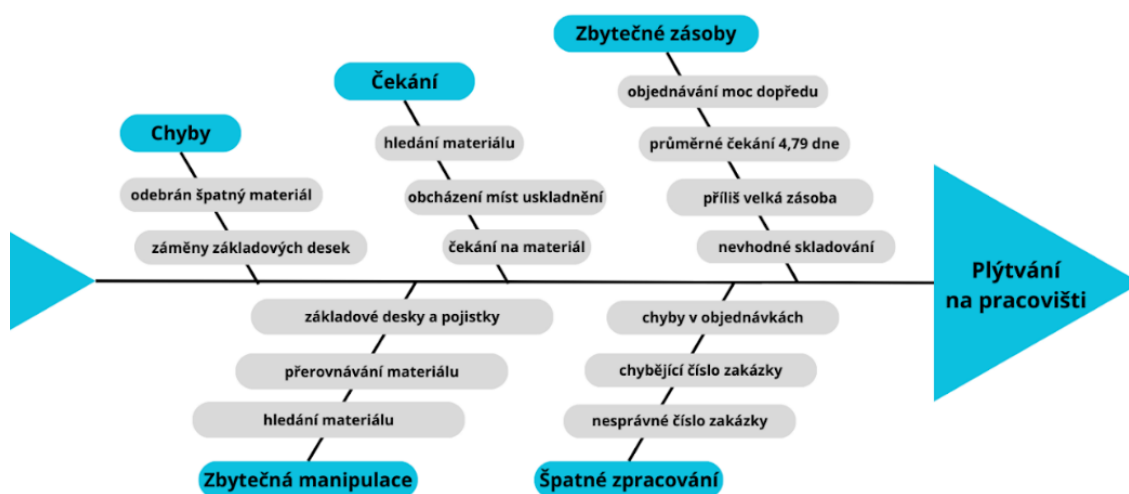
Chyby – Dělníci se při odebrání materiálu dopouštěli častých chyb z důvodu nevhodného uskladnění materiálu. Typickým příkladem takové chyby je záměna základových desek, desky mohou být sice tvarově shodné, nicméně liší se v materiálu – desky pozinkované z běžné oceli a desky z nerezové oceli, zobrazeno na obrázku 30. V případě záměny se poté kusy vracejí z výstupní kontroly a je nutná jejich oprava, tedy výměna základové desky. K tomuto dochází především z důvodu skladování desek na sobě, dělník poté přijde k regálu a odebere desku shora, bez ohledu na to, ke které zakázce patří. Obdobné komplikace se vyskytovaly i v případě dalších materiálu, například pojistek, které na první pohled vypadají stejně, nicméně mají rozdílné parametry. Za sledované období se tento problém týkal 2,7 % z všech dokončených zakázek, tedy 17 kusů.



Obrázek 30 Nerezová deska vlevo a pozinkovaná deska vpravo (vlastní zdroj)

2.4.6 Ishikawa diagram

Z důvodu snadnější identifikace příčin plýtvání a vizualizace celé situace byl vytvořen Ishikawa diagram. Jako primární příčiny byly zvoleny kategorie plýtvání štihlé výroby, které se v rámci pracoviště konečné montáže vyskytovaly, jsou to zbytečné zásoby, čekání, špatné zpracování, zbytečná manipulace a chyby. K těmto primárním příčinám byly následně doplněny dodatečné informace.



Obrázek 31 Ishikawa diagram – konečná montáž (vlastní zpracování)

Pomocí Ishikawa diagramu byla stanovena hlavní příčina plýtvání na pracovišti konečné montáže viz obrázek 31. Příčinou problému je v tomto případě proces objednávání zakázkového materiálu. Aktuální systém pro tyto objednávky je velmi neefektivní, není dostatečně pružný a nedokáže reagovat na aktuální potřebu materiálu. Dále v něm vzniká prostor pro tvorbu celé řady chyb. Navíc je zcela závislý na jediném pracovníkovi konečné montáže (vedoucí týmu), v případě jeho nepřítomnosti systém nemůže fungovat, protože on jako jediný na pracovišti dokáže objednávku vytvořit.

Další příčinou je nevhodné skladování a ukládání materiálu, pro které neexistuje žádný jednotný postup.

2.5 Shrnutí analytické části

Na základě analýzy sledovaných dat z pracoviště konečné montáže a Ishikawa diagramu je možné definovat následující kategorie ztrát a jejich příčiny.

Zbytečné zásoby: Materiál pro konečnou montáž byl často objednáván s velkým předstihem, což vedlo k nadměrným zásobám na pracovišti. Tato nadměrná zásoba zabírala cenný prostor a způsobovala problémy při manipulaci s materiálem.

Čekání: Z důvodu neefektivního systému objednávání a ukládání materiálu byli pracovníci nuceni potřebný materiál hledat. Toto hledání vedlo k zdržení v procesu montáže a zpomalovalo celkový výrobní proces.

Špatné zpracování: Chyby v objednávkách materiálu měly za následek, že materiál byl často dodán s velkým předstihem, jindy naopak kvůli chybě v čísle zakázky, nebo z důvodu přehlédnutí zakázky nebyl dodán vůbec.

Zbytečná manipulace: Kvůli nevhodnému uskladnění materiálu museli dělníci často hledat a přerovnávat materiál, což zvyšovalo čas potřebný k dokončení zakázky.

Chyby: Nevhodný způsob skladování zakázkového materiálu vedl k chybám v podobě záměn materiálu. Tyto chyby vyžadovaly dodatečnou práci a přepracování zakázek, což zpomalovalo proces a zvyšovalo náklady.

3 Návrh optimalizace

Tato část se zabývá návrhem řešení, která povedou k eliminaci plýtvání zjištěných v analytické části práce. Zjištěná plýtvání jsou: zbytečné zásoby, čekání, špatné zpracování, zbytečná manipulace, chyby, podrobněji jsou popsány v části 2.4.7. Shrnutí analytické části.

Návrh opatření se zaměří pouze na řešení následujících druhů plýtvání. Jsou to zbytečné zásoby, špatné zpracování objednávek zakázkového materiálu a čekání způsobené hledáním materiálu.

Cílem řešení je snížení množství zásob zakázkového materiálu na pracovišti konečné montáže a snížení chybovosti v objednávkách. Dalším cílem je výrazné snížení času, který dělníci potřebují pro vyhledání potřebného materiálu pro konečnou montáž transformátorů.

Následují dva návrhy na optimalizaci pracoviště konečné montáže. První z nich je návrh nového objednávkového systému, který eliminuje možnost vzniku chyb v objednávkách a díky jeho přímému navázání na předešlé výrobní operace jej činí pružnějším a schopným reagovat na změny a zdržení ve výrobě. Díky tomu nebude materiál objednáván s příliš velkým předstihem a celková zásoba materiálu na pracovišti konečné montáže tím výrazně poklesne.

Druhý návrh se zaměřuje na skladování a ukládání materiálu na pracovišti konečné montáže. Jeho cílem je vytvořit funkční systém ukládání materiálu, který umožní rychlé vyhledávání materiálu pro konkrétní zakázky.

3.1 Objednávkový systém

V rámci zlepšení v oblasti způsobu objednávání zakázkového materiálu je nutné vytvoření automatického systému objednávek. Tento systém bude navázaný na operaci předcházející konečné montáži. Touto operací je dotvrzení, všechny odlitky vstupující do dotvrzovacího tunelu jsou hlášeny do systému MES, následné dotvrzení trvá přibližně 24 hodin. Čísla zakázek vstupujících do tunelu budou prostřednictvím MES reportována do systému Plánování výroby, záložka Sklad, záložka Výdej zakázkového materiálu, záložka Konečná montáž, kde budou přístupná skladníkům, viz obrázek 32. Při rozkliknutí zakázky skladník uvidí všechny potřebný materiál. Pomocí tlačítka „Vyskladnit zakázku“ následně skladník vytiskne dodací list a zároveň tím číslo zakázky vypadne ze seznamu pro výdej, poté skladník vychystá potřebný materiál na tuto zakázku, uloží jej spolu s dodacím listem do KLT boxu a odveze jej na pracoviště konečné montáže.

Zakázka	Zakázka pro výdej	Termín výroby	Druh materiálu	Množství	T50	T60	T62	T65	T70	T72	Kontrola jakosti	Objednávký	Blokováno	Rezervováno
2RKAD182190001	POCÍPELA JADERA 145 F (L=460MM)	3.0	0.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0
2RKAD182190001	DESKA ZÁKLADŇOVÁ 145P	1.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
2RKAD02746890001	SPONNA TRUBKOVÁ DIN3016 RS1 33/20 W5	1.0	0.0	215.0	64.0	0.0	0.0	215.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.0
9ADJ0012790224	ŠROUBE ŠCH4762_M8x16-S4-70/PL	1.0	0.0	241.0	68.0	0.0	0.0	241.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.0
2RKAD02746890001	SPONNA TRUBKOVÁ DIN3016 RS1 40/20 W5 - SH	2.0	0.0	58.0	4.0	0.0	0.0	58.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
9ADJ0012790224	ŠROUBE ŠCH4762_M8x16-S4-70/PL	2.0	0.0	241.0	68.0	0.0	0.0	241.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.0

Obrázek 32 Vizualizace zobrazení zakázek v Plánování výroby (vlastní zpracování)

3.2 Skladování a ukládání materiálu

V rámci zlepšení skladování a ukládání zakázkového materiálu dojde ke změně způsobu dodávání materiálu. Nově nebude zakázkový materiál ze skladu dodáván volně ložený na paletě, ale jednotlivě po zakázkách v KLT boxech. Tedy všechny materiál potřebný na dokončení konkrétní zakázky bude v samostatném KLT boxu viz obrázek 33. KLT box bude z čelní strany označen štítkem s číslem příslušné zakázky. Díky vylepšenému objednávkovému systému se výrazně sníží zásoba materiálu na pracovišti konečné montáže, což povede k uvolnění prostoru v regálu na uskladnění materiálu. KLT boxy budou umístovány na jediném místě, právě v tomto regálu viz obrázek 34. Standardní bude pouze jednodenní zásoba materiálu na pracovišti, tedy v průměru 8 KLT boxů. Skladník bude umisťovat KLT boxy se zakázkovým materiálem do dvou horních pater regálu. Pokud se práce na konečné montáži zdrží a v regálu zůstane materiál z předešlého dne, skladník boxy s tímto materiálem přesune do prostředního patra regálu, tak aby nedošlo k míchání nového a staršího zakázkového materiálu. Dvě spodní police budou vyhrazeny k ukládání prázdných KLT boxů, které skladník po dodání materiálu odveze zpět do skladu k opětovnému použití.



Obrázek 33 Materiál na jednu zakázku
(vlastní zdroj)



Obrázek 34 Vizualizace – KLT boxy v regálu
(vlastní zdroj)

4 Zhodnocení návrhu řešení

Tato část se zabývá hodnocením návrhů řešení optimalizace pracoviště konečné montáže. Jednotlivé návrhy jsou hodnoceny samostatně, včetně odhadu nákladů a jejich přínosů.

Objednávkový systém

Náklady: Co se týče nákladů na vytvoření nového, plně automatizovaného systému objednávek zakázkového materiálu pro pracoviště konečné montáže, budou následující. Jediné výdaje budou spojeny s časem, který bude muset věnovat programátor/správce aplikace Plánování výroby a systému MES propojení dat z těchto dvou systémů a vytvoření prostředí v Plánování výroby, které bude pro skladníky uživatelsky přívětivé a spolehlivě funkční. Po konzultaci návrhu odhadnul programátor/správce aplikace Plánování výroby a systému MES potřebnou dobu pro vytvoření systému objednávek na tři pracovní dny. Mzda na takovéto pozici odpovídá částce 54 308 Kč, při přepočtu na tři dny práce jsou tedy náklady na tohoto pracovníka ve výši 7 520 Kč. Žádné další náklady spojené s touto změnou nevzniknou. [37]

Přínosy: Díky automatizovanému systému objednávek zanikne prostor pro vznik chyb v číslech zakázek při ručním přepisování, tedy počet chyb, které měly za následek objednání materiálu na neexistující zakázku klesne na nulu. Z důvodu navázání systému objednávek na předcházející operaci bude zabráněno objednávkám materiálu s velkým předstihem. Systém objedná vždy jen materiál, který bude v následujících 24 hodinách potřebný pro konečnou montáž. Tím také značně poklesne zásoba zakázkového materiálu na pracovišti konečné montáže, a to na maximálně jednodenní zásobu. Redukce množství materiálu umožní tento materiál umísťovat pouze do k tomu určeného regálu, takže i následné vyhledávání materiálu pracovníky bude jednodušší a rychlejší. Také dojde k úspoře času vedoucího týmu, který nebude muset objednávku provádět a místo toho se bude moci věnovat jiné, potřebnější práci.

Zhodnocení návrhu: Vyčíslit finanční přínos návrhu je v tomto případě komplikované, nicméně náklady ve výši 6 000 Kč nejsou nikterak vysoké. Přínos tohoto řešení je naopak značný, díky tomuto návrhu zaniknou všechny chyby v objednávkách způsobené lidským faktorem, objednávan bude pouze skutečně potřebný materiál a zásoba na pracovišti výrazně poklesne.

Skladování a ukládání materiálu

Náklady: Náklady spojené se zavedením nového systému skladování a ukládání materiálu na pracovišti konečné montáže jsou následující. Bude nutné pořídit nové KLT boxy, do kterých bude materiál ve skladu vychystáván a ve kterých bude poté v rámci konečné montáže uložen. Denně je v průměru zpracováno 8 zakázek, nicméně je nutné mít vytvořenou rezervu, proto tento návrh počítá s pořízením 20 kusů KLT přepravek RL6147. Cena jedné přepravky je 235 Kč bez DPH, celkové náklady tedy budou ve výši 4700 Kč. [38]

Přínosy: Tento nový systém ukládání zakázkového materiálu, tedy po zakázkách v samostatných KLT boxech v jednom regálu, značně usnadní pracovníkům hledání materiálu pro konkrétní zakázku. Bude jim stačit jednoduše přistoupit k regálu a vzít box s číslem zakázky, kterou zpracovávají. Tím dojde k zkrácení doby potřebné pro toto vyhledávání materiálu z původních 3,6 minut na odhadem 0,7 minuty. Za sledované období by to byla celková úspora 1847 minut, tedy 30,8 hodiny. Za rok je to poté až 147,8 hodin. Dále tento systém zamezí záměnám materiálu, jelikož materiál na danou zakázku bude připraven dopředu a pracovník konečné montáže jej pouze namontuje. Díky tomu klesne počet kusů, které bude nutné přepracovat z důvodu záměny materiálu na nulu.

Zhodnocení návrhu: Při započtení teoretické roční časové úspory 147,8 hodiny a hodinové sazby pracoviště ve výši 250 Kč/h dosahuje celková úspora 36 950Kč. Další úspory vzniknou z důvodu zamezení záměnám materiálu a následné nutnosti přepracování dotčených kusů. Náklady přitom dosahují pouze výše 4 700 Kč. Přínos tohoto opatření je tedy značný.

5 Závěr

V rámci této bakalářské práce byla provedena analýza procesů a následný návrh jejich optimalizace v rámci pracoviště konečné montáže ve výrobě přístrojových transformátorů.

Analýza identifikovala několik klíčových oblastí plýtvání, včetně zbytečných zásob, čekání, špatného zpracování, zbytečné manipulace a dalších chyb v procesu objednávání a manipulace s materiálem.

Na základě této analýzy byly navrženy konkrétní opatření a postupy, které by měly vést k eliminaci těchto plýtvání. Návrhy se zaměřují na optimalizaci procesů objednávání materiálu, skladování a ukládání materiálu na pracovišti konečné montáže.

Prvním navrženým opatřením je implementace nového automatického systému objednávek zakázkového materiálu, který bude propojen s předcházejícími výrobními operacemi a umožní objednávání pouze skutečně potřebného materiálu s minimálním předstihem. Tento systém by měl eliminovat chyby v objednávkách a snížit zásobu materiálu na pracovišti konečné montáže.

Druhým navrženým opatřením je změna způsobu skladování a ukládání materiálu na pracovišti konečné montáže. Namísto volného ložení v regálu a na paletách bude materiál ukládán do KLT boxů podle konkrétních zakázek. Tento nový systém by měl zjednodušit vyhledávání materiálu a minimalizovat riziko záměn a chyb v procesu manipulace s materiálem.

Obě navržená opatření by měla přispět k zvýšení efektivity, kvality a úsporám nákladů na pracovišti konečné montáže.

Seznam použitých zdrojů

- [1] MCLAUGHLIN, Emily, 2023. lean management. *CIO* [online]. 14 March 2023 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/lean-management>
- [2] JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
- [3] YASAR, Kinza and GAMBARDELLA, Tom, 2022. Lean Six Sigma. *CIO* [online]. 9 May 2022 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/lean-Six-Sigma>
- [4] MCLAUGHLIN, Emily and HANNA, Katie Terrell, 2021. Six Sigma. *CIO* [online]. 28 July 2021 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/Six-Sigma>
- [5] LEWIS, Sarah, 2020. fishbone diagram (Ishikawa cause and effect). *WhatIs* [online]. 16 December 2020 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/fishbone-diagram>
- [6] CANCIAN, Matheus, 2022. What is Ishikawa Diagram? Learn the 6 M's of production | Think Lean Six Sigma. *Think Lean Six Sigma* [online]. 29 June 2022 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.thinkleansixsigma.com/article/ishikawa-diagram>
- [7] GEORGE, Michael L. Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity. Brno: SC&C Partner, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [8] BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK. Podnikové informační systémy: Podnik v informační společnosti – 3., aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-7594-4.
- [9] SODOMKA, Petr a Hana KLČOVÁ. Informační systémy v podnikové praxi. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2878-7.
- [10] Zaostřeno: Podnikové procesy | *BusinessInfo.cz*, 2020. *BusinessInfo.cz* [online]. [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/clanky/zaostreno-podnikove-procesy/>

- [11] MOLNÁR, Zdeněk. Efektivnost informačních systémů. 2. rozšířené vydání. Praha: Ikar, 2000. ISBN 80-247-0087-5.
- [12] Informační systémy v kostce: ERP, CRM, implementace, [cit. 2024-04-16]. *Rascasone* [online]. Dostupné z: <https://www.rascasone.com/cs/blog/informacni-systemy-erp-crm-implementace>
- [13] LACKO, Ľuboslav. 1001 tipů a triků pro SQL. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3010-0.
- [14] ŠNÁBL, Ivo. Matematická biologie učebnice: Rozdělení databází podle typu. [online]. [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=zaklady-informatiky-pro-biology--databazove-systemy-v-biomedicine--uvod-do-prace-s-databazi--rozdeleni-databazi-podle-typu>
- [15] *Schéma transformátoru*, [no date]. [online]. Available from: https://cs.wikipedia.org/wiki/Transform%C3%A1tor#/media/Soubor:Transformer3d_col3_cs.svg
- [16] JEZERSKI, Eugeniusz. Transformátory: teoretické základy. Praha: Academia, 1973, s. 18. Dostupné také z: <https://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:c6f9bb77-0c00-48ce-ab4c-91651511b297>
- [17] KOPEČEK, Jan a Miloš DVOŘÁK. Přístrojové transformátory (měřící a jistící). Praha: Academia, 1966. Dostupné také z: <https://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:ea2c7ac0-da5f-11e5-afd2-5ef3fc9ae867>
- [18] KRYCHTÁLEK, Zbyněk a Josef PAUZA. Elektrické stanice. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:4d658180-e786-11e5-ae80-001018b5eb5c>
- [19] *Přístrojový transformátor*. [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://library.abb.com/r?cid=psc&q=tjc%207>
- [20] About ABB — ABB Group, [no date]. ABB Group [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://global.abb/group/en/about>

- [21] Logo společnosti ABB. [online]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/File:ABB_logo.svg
- [22] Mapa zemí kde ABB působí. [online]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/ABB#/media/File:ABB_world_map.svg
- [23] ABB Group - přední dodavatel digitálních technologií pro průmysl. abb.com/cz
[online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://new.abb.com/cz/o-nas>
- [24] *Přístrojový transformátor TJC 7*. [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z:
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1VLG101128&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [25] *Přístrojový transformátor TJO 6*. [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z:
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK101130D8258&LanguageCode=sk&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [26] *Senzor KECA 250*. [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z:
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1VLC000574&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [27] *Senzor KEVCY*. [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z:
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1VLC000574&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [28] *Rozvaděč NeoGear*. [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z:
https://library.e.abb.com/public/41432e63f9df40ce8b85c88178ea09a3/NeoGear_brochure_1TGC909002B0201_ENb.pdf
- [29] *Zabandážované jádro*. [online]. [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: <https://arcus-www.amazon.in/Electronic-work-Toroidal-Transformer-toroidal/dp/B094H1XK69>
- [30] *Provedení z lamel*. [online]. [cit. 2024-01-31]. Dostupné z:
<https://www.indiamart.com/proddetail/toroidal-ct-core-8603483930.html>
- [31] *Lité provedení*. [online]. [cit. 2024-01-31]. Dostupné z:
<https://www.elfadistelec.no/en/ferrite-toroidal-core-amidon-ft-240-77/p/15874342?trackQuery=cat->

NAV_PL_030316&pos=37&origPos=37&origPageSize=50&track=true&sid=986b823bba1d5801ea322fd97a201aac1aab5bd1&itemList=category

[32] *Navinuté sekundární vinutí*. [online]. [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: <https://www.electronicaembajadores.com/en/Productos/Detalle/BN1A10013/coils-core-inductors-solenoid/toroid-inductors/toroid-inductor-100-uh-12-8-a/>

[33] *Navíječka*. [online]. [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/toroid-coil-winding-machine-1>

[34] *Zabandážované sekundární vinutí*, [no date]. [online]. Available from: <https://www.conrad.com/en/p/sedlbauer-858-258-toroidal-core-transformer-1-x-230-v-2-x-12-v-ac-160-va-6-67-a-518700.html>

[35] *Navíječka*. [online]. [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: <https://www.synthesiswinding.com/transformer-winding-machine.html#distribution-transformer-automatic-winding-machine>

[36] *Primární cívká*. [online]. [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: <https://m.indiamart.com/proddetail/t-600awd-distribution-transformer-winding-machine-1822836491.html>

[37] Výsledky srovnání platu - Platy.cz. *Paylab - Salary survey, Compare salary, Salary data* [online]. [cit. 2024-05-06]. Dostupné z: <https://www.platy.cz/employee/viewresults/type/survey/5a6661f53d7d97c9dc84c90df1d4a14fc08f3aa6>

[38] *Přepravka RL-KLT 6147 - PK Group CZ*, pkgroup.cz [online]. [cit. 2024-05-06]. Dostupné z: <https://www.pkgroup.cz/prepravka-rl-klt-6147/>

[39] *Polovina formy na tlakové lití*. [online]. [cit. 2024-05-13] Dostupné z: <https://www.apgmachine.com/product/current-transformer-apg-mold-1-cavity/>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Ishikawa diagram (vlastní zpracování)	17
Obrázek 2 Schéma transformátoru [15]	21
Obrázek 3 Přístrojový transformátor [19].....	24
Obrázek 4 Logo společnosti ABB [21].....	25
Obrázek 5 Mapa zemí kde ABB působí [22].....	25
Obrázek 6 Přístrojový transformátor TJC 7 [24].....	27
Obrázek 7 Přístrojový transformátor TJO 6 [25]	27
Obrázek 8 Senzor KECA 250 [26].....	28
Obrázek 9 Senzor KEVCY [27]	28
Obrázek 10 Rozvaděč NeoGear [28].....	29
Obrázek 11 Proces objednávky (vlastní zpracování)	31
Obrázek 12 Proces výroby (vlastní zpracování)	36
Obrázek 13 Zabandážované jádro [29].....	38
Obrázek 14 Provedení z lamel [30]	38
Obrázek 15 Lité provedení [31].....	38
Obrázek 16 Navinuté sekundární vinutí [32]	38
Obrázek 17 Navíječka [33]	38
Obrázek 18 Zabandážované sekundární vinutí [34]	39
Obrázek 19 Navíječka [35]	43
Obrázek 20 Primární cívka [36].....	44
Obrázek 21 Polovina formy na vakuové lití [39].....	47
Obrázek 22 Forma pro tlakové lití (vlastní zdroj)	49
Obrázek 23 Stroj na tlakové lití (vlastní zdroj).....	50
Obrázek 24 Hotový transformátor (vlastní zdroj).....	52
Obrázek 25 Organizační struktura konečné montáže (vlastní zpracování).....	53
Obrázek 26 Procesy – konečná montáž (vlastní zpracování).....	56
Obrázek 27 Regál na ukládání materiálu (vlastní zdroj)	60
Obrázek 28 Nevhodně uložený materiál (vlastní zdroj)	60
Obrázek 29 Desky uložené na sobě (vlastní zdroj).....	62
Obrázek 30 Nerezová deska vlevo a pozinkovaná deska vpravo (vlastní zdroj)	63
Obrázek 31 Ishikawa diagram – konečná montáž (vlastní zpracování).....	64

Obrázek 32 Vizualizace zobrazení zakázek v Plánování výroby (vlastní zpracování)	
.....	67
Obrázek 33 Materiál na jednu zakázku (vlastní zdroj).....	68
Obrázek 34 Vizualizace – KLT boxy v regálu (vlastní zdroj).....	68

Seznam tabulek

Tabulka 1 Náhled tabulky dat	57
Tabulka 2 Hledání materiálu	59

Seznam grafů

Graf 1 Chyby v objednávkách	58
--	-----------

Seznam příloh

Příloha 1 – Objednávky zakázkového materiálu (vlastní zpracování)

Datum objednávky	Číslo zakázky	Plánované datum dokončení	Skutečně dokončeno	Doba čekání [dnů]
11.1.2024	608483057	15.1.2024	16.1.2024	5
11.1.2024	608483192	14.2.2024	14.2.2024	34
11.1.2024	608483196	14.2.2024	19.2.2024	39
11.1.2024	608496585	15.1.2024	16.1.2024	5
11.1.2024	608499719	15.1.2024	16.1.2024	5
11.1.2024	608505627	11.1.2024	12.1.2024	1
11.1.2024	608507372	12.1.2024	12.1.2024	1
11.1.2024	608507376	12.1.2024	12.1.2024	1
11.1.2024	608509799	15.1.2024	16.1.2024	5
11.1.2024	608509832	15.1.2024	15.1.2024	4
11.1.2024	608509855	15.1.2024	18.1.2024	7
11.1.2024	608509883	15.1.2024	18.1.2024	7
11.1.2024	608509888	15.1.2024	22.1.2024	11
11.1.2024	608509892	15.1.2024	18.1.2024	7
11.1.2024	608509897	15.1.2024	22.1.2024	11
11.1.2024	608509934	15.1.2024	12.1.2024	1
11.1.2024	608510759	15.1.2024	17.1.2024	6
15.1.2024	608492901	x	x	
15.1.2024	608499204	16.1.2024	17.1.2024	2
15.1.2024	608500224	16.1.2024	17.1.2024	2
15.1.2024	608501904	16.1.2024	16.1.2024	1
15.1.2024	608511513	16.1.2024	22.1.2024	7
15.1.2024	608512045	16.1.2024	24.1.2024	9
15.1.2024	608512057	16.1.2024	21.1.2024	6
15.1.2024	608512061	16.1.2024	24.1.2024	9
15.1.2024	608512144	16.1.2024	16.1.2024	1
15.1.2024	608512148	16.1.2024	16.1.2024	1
15.1.2024	608512183	16.1.2024	22.1.2024	7
15.1.2024	608512903	16.1.2024	16.1.2024	1
15.1.2024	608513507	17.1.2024	19.1.2024	4
15.1.2024	608513588	16.1.2024	18.1.2024	3
15.1.2024	608514429	17.1.2024	17.1.2024	2
16.1.2024	608513584	17.1.2024	22.1.2024	6
16.1.2024	608513649	17.1.2024	18.1.2024	2
16.1.2024	608513653	17.1.2024	17.1.2024	1
16.1.2024	608514397	17.1.2024	18.1.2024	2
16.1.2024	608514400	17.1.2024	18.1.2024	2
16.1.2024	608514419	18.1.2024	18.1.2024	2
16.1.2024	608514746	17.1.2024	22.1.2024	6
16.1.2024	608515562	18.1.2024	18.1.2024	2
16.1.2024	608515665	18.1.2024	22.1.2024	6
16.1.2024	608516815	18.1.2024	21.1.2024	5
16.1.2024	608516838	18.1.2024	19.1.2024	3
16.1.2024	608516959	18.1.2024	22.1.2024	6
16.1.2024	608516964	18.1.2024	5.2.2024	20

16.1.2024	608517082	19.1.2024	18.1.2024	2
16.1.2024	608517087	18.1.2024	18.1.2024	2
16.1.2024	608517588	19.1.2024	6.2.2024	21
16.1.2024	608517711	19.1.2024	26.1.2024	10
17.1.2024	608482591	19.1.2024	25.1.2024	8
17.1.2024	608482595	19.1.2024	26.1.2024	9
17.1.2024	608482599	19.1.2024	25.1.2024	8
17.1.2024	608482603	19.1.2024	25.1.2024	8
17.1.2024	608482608	19.1.2024	26.1.2024	9
17.1.2024	608482612	19.1.2024	26.1.2024	9
17.1.2024	608482861	19.1.2024	26.1.2024	9
17.1.2024	608517593	19.1.2024	22.1.2024	5
17.1.2024	608518357	19.1.2024	19.1.2024	2
17.1.2024	608518412	19.1.2024	23.1.2024	6
17.1.2024	608518421	19.1.2024	25.1.2024	8
17.1.2024	608518430	19.1.2024	24.1.2024	7
17.1.2024	608518543	19.1.2024	18.1.2024	1
17.1.2024	608518552	19.1.2024	19.1.2024	2
18.1.2024	608514721	22.1.2024	23.1.2024	5
18.1.2024	608517750	22.1.2024	22.1.2024	4
18.1.2024	608519657	22.1.2024	22.1.2024	4
18.1.2024	608519678	22.1.2024	23.1.2024	5
18.1.2024	608519684	22.1.2024	23.1.2024	5
18.1.2024	608519712	22.1.2024	23.1.2024	5
18.1.2024	608519759	22.1.2024	23.1.2024	5
18.1.2024	608520693	22.1.2024	22.1.2024	4
18.1.2024	608521411	22.1.2024	29.1.2024	11
22.1.2024	608505645	19.1.2024	23.1.2024	1
22.1.2024	608517252	23.1.2024	22.1.2024	0
22.1.2024	608521529	23.1.2024	29.1.2024	7
22.1.2024	608521588	23.1.2024	29.1.2024	7
22.1.2024	608521592	23.1.2024	26.1.2024	4
22.1.2024	608521596	23.1.2024	23.1.2024	1
22.1.2024	608521616	23.1.2024	22.1.2024	0
22.1.2024	608521627	23.1.2024	24.1.2024	2
22.1.2024	608521664	23.1.2024	23.1.2024	1
22.1.2024	608521852	23.1.2024	25.1.2024	3
22.1.2024	608522743	23.1.2024	23.1.2024	1
22.1.2024	608523161	24.1.2024	23.1.2024	1
22.1.2024	608523190	24.1.2024	22.1.2024	0
22.1.2024	608523273	24.1.2024	23.1.2024	1
22.1.2024	608524110	24.1.2024	26.1.2024	4
22.1.2024	608524113	24.1.2024	24.1.2024	2
23.1.2024	608517174	25.1.2024	24.1.2024	1
23.1.2024	608524995	25.1.2024	24.1.2024	1
23.1.2024	608525218	25.1.2024	30.1.2024	7
23.1.2024	608525279	25.1.2024	29.1.2024	6
23.1.2024	608525285	25.1.2024	24.1.2024	1
23.1.2024	608525370	25.1.2024	24.1.2024	1
23.1.2024	608526449	25.1.2024	30.1.2024	7
23.1.2024	608526815	26.1.2024	27.1.2024	4
23.1.2024	608528039	26.1.2024	9.2.2024	17

23.1.2024	608528237	26.1.2024	9.2.2024	17
23.1.2024	608528242	26.1.2024	12.2.2024	20
24.1.2024	608525257	25.1.2024	25.1.2024	1
24.1.2024	608526810	26.1.2024	29.1.2024	5
24.1.2024	608526833	26.1.2024	31.1.2024	7
24.1.2024	608526837	26.1.2024	31.1.2024	7
24.1.2024	608526864	26.1.2024	29.1.2024	5
24.1.2024	608534249	25.1.2024	8.2.2024	15
25.1.2024	608528320	29.1.2024	25.1.2024	0
25.1.2024	608528445	29.1.2024	29.1.2024	4
25.1.2024	608528449	29.1.2024	29.1.2024	4
25.1.2024	608528486	29.1.2024	1.2.2024	7
25.1.2024	608528532	29.1.2024	29.1.2024	4
25.1.2024	608528787	29.1.2024	29.1.2024	4
26.1.2024	608528791	29.1.2024	29.1.2024	3
26.1.2024	608530068	30.1.2024	29.1.2024	3
26.1.2024	608530191	30.1.2024	29.1.2024	3
26.1.2024	608530228	30.1.2024	29.1.2024	3
26.1.2024	608530252	30.1.2024	29.1.2024	3
26.1.2024	608530272	30.1.2024	1.2.2024	6
26.1.2024	608530287	30.1.2024	1.2.2024	6
26.1.2024	608530332	30.1.2024	31.1.2024	5
29.1.2024	608519766	22.1.2024	6.2.2024	8
29.1.2024	608521725	23.1.2024	6.2.2024	8
29.1.2024	608530152	30.1.2024	5.2.2024	7
29.1.2024	608531839	31.1.2024	11.2.2024	13
29.1.2024	608531843	31.1.2024	2.2.2024	4
29.1.2024	608532782	1.2.2024	1.2.2024	3
29.1.2024	608532838	31.1.2024	1.2.2024	3
29.1.2024	608532843	31.1.2024	5.2.2024	7
29.1.2024	608532851	31.1.2024	2.2.2024	4
29.1.2024	608532862	1.2.2024	6.2.2024	8
29.1.2024	608532881	31.1.2024	13.2.2024	15
29.1.2024	608533956	1.2.2024	31.1.2024	2
29.1.2024	608534083	1.2.2024	5.2.2024	7
29.1.2024	608534087	1.2.2024	5.2.2024	7
29.1.2024	608534252	1.2.2024	13.2.2024	15
30.1.2024	608527094	31.1.2024	31.1.2024	1
30.1.2024	608528313	1.2.2024	30.1.2024	0
30.1.2024	608528361	1.2.2024	8.2.2024	9
30.1.2024	608531782	31.1.2024	11.2.2024	12
30.1.2024	608531835	31.1.2024	1.2.2024	2
30.1.2024	608534051	1.2.2024	13.2.2024	14
30.1.2024	608534109	1.2.2024	31.1.2024	1
30.1.2024	608534196	1.2.2024	6.2.2024	7
30.1.2024	608534217	1.2.2024	5.2.2024	6
30.1.2024	608535939	x	x	
31.1.2024	608527892	1.2.2024	1.2.2024	1
31.1.2024	608533130	31.1.2024	2.2.2024	2
31.1.2024	608535852	2.2.2024	1.2.2024	1
1.2.2024	608482616	2.2.2024	6.2.2024	5

1.2.2024	608482621	2.2.2024	7.2.2024	6
1.2.2024	608482625	2.2.2024	6.2.2024	5
1.2.2024	608482630	2.2.2024	6.2.2024	5
1.2.2024	608482635	2.2.2024	6.2.2024	5
1.2.2024	608482639	2.2.2024	8.2.2024	7
1.2.2024	608528352	2.2.2024	8.2.2024	7
1.2.2024	608532786	2.2.2024	5.2.2024	4
1.2.2024	608534308	2.2.2024	6.2.2024	5
1.2.2024	608535678	2.2.2024	5.2.2024	4
1.2.2024	608535807	2.2.2024	13.2.2024	12
1.2.2024	608535815	2.2.2024	2.2.2024	1
1.2.2024	608535819	2.2.2024	12.2.2024	11
1.2.2024	608535912	2.2.2024	2.2.2024	1
1.2.2024	608537256	5.2.2024	8.2.2024	7
1.2.2024	608537649	5.2.2024	13.2.2024	12
1.2.2024	608537673	5.2.2024	14.2.2024	13
1.2.2024	608537726	5.2.2024	6.2.2024	5
1.2.2024	608538446	5.2.2024	2.2.2024	1
1.2.2024	608538457	5.2.2024	5.2.2024	4
2.2.2024	608535076	7.2.2024	2.2.2024	0
2.2.2024	608535080	7.2.2024	6.2.2024	4
2.2.2024	608539226	6.2.2024	7.2.2024	5
2.2.2024	608539285	6.2.2024	5.2.2024	3
2.2.2024	608539340	6.2.2024	6.2.2024	4
2.2.2024	608539349	6.2.2024	5.2.2024	3
2.2.2024	608539353	6.2.2024	5.2.2024	3
2.2.2024	608539370	6.2.2024	6.2.2024	4
2.2.2024	608540250	8.2.2024	5.2.2024	3
2.2.2024	608540251	9.2.2024	2.2.2024	0
2.2.2024	608540252	9.2.2024	2.2.2024	0
2.2.2024	608541229	7.2.2024	7.2.2024	5
5.2.2024	608534385	7.2.2024	7.2.2024	2
5.2.2024	608535857	2.2.2024	6.2.2024	1
5.2.2024	608537262	2.2.2024	6.2.2024	1
5.2.2024	608540116	6.2.2024	6.2.2024	1
5.2.2024	608541149	7.2.2024	13.2.2024	8
5.2.2024	608541153	7.2.2024	16.2.2024	11
5.2.2024	608541245	7.2.2024	8.2.2024	3
5.2.2024	608542115	x	x	
5.2.2024	608542759	8.2.2024	8.2.2024	3
5.2.2024	608542763	8.2.2024	9.2.2024	4
6.2.2024	608541383	7.2.2024	7.2.2024	1
6.2.2024	608543514	8.2.2024	23.2.2024	17
6.2.2024	608543668	8.2.2024	13.2.2024	7
6.2.2024	608548851	9.2.2024	12.2.2024	6
6.2.2024	608551552	6.2.2024	12.2.2024	6
7.2.2024	608535077	12.2.2024	8.2.2024	1
7.2.2024	608540254	12.2.2024	8.2.2024	1
7.2.2024	608542256	12.2.2024	14.2.2024	7
7.2.2024	608543525	9.2.2024	21.2.2024	14
7.2.2024	608544591	9.2.2024	12.2.2024	5
7.2.2024	608544599	9.2.2024	9.2.2024	2

7.2.2024	608544640	9.2.2024	12.2.2024	5
7.2.2024	608544644	9.2.2024	16.2.2024	9
7.2.2024	608545533	12.2.2024	14.2.2024	7
7.2.2024	608548881	12.2.2024	22.2.2024	15
7.2.2024	608548885	x	x	
7.2.2024	608549572	12.2.2024	19.2.2024	12
7.2.2024	608549580	12.2.2024	14.2.2024	7
7.2.2024	608549591	12.2.2024	13.2.2024	6
7.2.2024	608549605	12.2.2024	12.2.2024	5
7.2.2024	608549622	12.2.2024	14.2.2024	7
7.2.2024	608549626	12.2.2024	19.2.2024	12
7.2.2024	608549656	12.2.2024	14.2.2024	7
7.2.2024	608550897	12.2.2024	12.2.2024	5
7.2.2024	608552907	14.2.2024	21.2.2024	14
7.2.2024	608553993	8.2.2024	29.2.2024	22
7.2.2024	608554149	12.2.2024	8.2.2024	1
8.2.2024	608535078	13.2.2024	8.2.2024	0
8.2.2024	608540255	13.2.2024	8.2.2024	0
8.2.2024	608543870	9.2.2024	9.2.2024	1
12.2.2024	608560331	14.2.2024	13.2.2024	1
13.2.2024	608540257	14.2.2024	14.2.2024	1
13.2.2024	608540258	14.2.2024	14.2.2024	1
13.2.2024	608541362	13.2.2024	14.2.2024	1
13.2.2024	608551117	13.2.2024	14.2.2024	1
13.2.2024	608551180	13.2.2024	13.2.2024	0
13.2.2024	608554150	14.2.2024	14.2.2024	1
13.2.2024	608554157	14.2.2024	14.2.2024	1
13.2.2024	608554160	15.2.2024	14.2.2024	1
13.2.2024	608881228	15.2.2024	14.2.2024	1
15.2.2024	608560554	15.2.2024	16.2.2024	1
15.2.2024	608560558	19.2.2024	16.2.2024	1
15.2.2024	608560561	19.2.2024	16.2.2024	1
15.2.2024	608563964	20.2.2024	16.2.2024	1
15.2.2024	608563965	21.2.2024	16.2.2024	1
15.2.2024	608563966	22.2.2024	16.2.2024	1
19.2.2024	608527979	29.1.2024	19.2.2024	0
19.2.2024	608536810	x	x	
19.2.2024	608549990	19.2.2024	23.2.2024	4
19.2.2024	608551107	13.2.2024	19.2.2024	0
19.2.2024	608553220	14.2.2024	27.2.2024	8
19.2.2024	608554402	21.2.2024	26.2.2024	7
19.2.2024	608554621	15.2.2024	4.3.2024	14
19.2.2024	608556748	16.2.2024	29.2.2024	10
19.2.2024	608557532	21.2.2024	22.2.2024	3
19.2.2024	608557536	21.2.2024	23.2.2024	4
19.2.2024	608558776	19.2.2024	29.2.2024	10
19.2.2024	608558838	19.2.2024	19.2.2024	0
19.2.2024	608558905	19.2.2024	21.2.2024	2
19.2.2024	608559627	21.2.2024	27.2.2024	8
19.2.2024	608560372	20.2.2024	20.2.2024	1
19.2.2024	608560388	20.2.2024	21.2.2024	2
19.2.2024	608560392	20.2.2024	20.2.2024	1

19.2.2024	608560396	20.2.2024	20.2.2024	1
19.2.2024	608560400	20.2.2024	20.2.2024	1
19.2.2024	608560409	20.2.2024	21.2.2024	2
19.2.2024	608560473	20.2.2024	19.2.2024	0
19.2.2024	608560565	20.2.2024	20.2.2024	1
19.2.2024	608561495	20.2.2024	19.2.2024	0
19.2.2024	608561783	20.2.2024	20.2.2024	1
19.2.2024	608563069	21.2.2024	22.2.2024	3
19.2.2024	608563073	21.2.2024	23.2.2024	4
19.2.2024	608563104	21.2.2024	23.2.2024	4
19.2.2024	608563112	21.2.2024	22.2.2024	3
19.2.2024	608563132	21.2.2024	22.2.2024	3
19.2.2024	608563300	21.2.2024	29.2.2024	10
19.2.2024	608563775	21.2.2024	20.2.2024	1
19.2.2024	608563779	21.2.2024	21.2.2024	2
19.2.2024	608563802	21.2.2024	21.2.2024	2
19.2.2024	608563840	21.2.2024	11.3.2024	21
19.2.2024	608563968	23.2.2024	20.2.2024	1
21.2.2024	608554405	22.2.2024	26.2.2024	5
21.2.2024	608564838	23.2.2024	23.2.2024	2
21.2.2024	608565067	22.2.2024	23.2.2024	2
21.2.2024	608565104	22.2.2024	22.2.2024	1
21.2.2024	608565115	22.2.2024	26.2.2024	5
21.2.2024	608565993	23.2.2024	21.2.2024	0
21.2.2024	608565997	23.2.2024	29.2.2024	8
21.2.2024	608566164	22.2.2024	26.2.2024	5
21.2.2024	608566415	23.2.2024	23.2.2024	2
21.2.2024	608567095	23.2.2024	23.2.2024	2
21.2.2024	608567103	23.2.2024	26.2.2024	5
21.2.2024	608567119	23.2.2024	27.2.2024	6
21.2.2024	608567178	23.2.2024	26.2.2024	5
21.2.2024	608567188	23.2.2024	26.2.2024	5
21.2.2024	608567194	23.2.2024	26.2.2024	5
21.2.2024	608567210	23.2.2024	26.2.2024	5
21.2.2024	608571804	x	x	
21.2.2024	608572974	x	x	
21.2.2024	608573135	28.2.2024	4.3.2024	12
22.2.2024	608563096	21.2.2024	26.2.2024	4
22.2.2024	608563100	21.2.2024	23.2.2024	1
22.2.2024	608563815	21.2.2024	25.2.2024	3
22.2.2024	608563971	27.2.2024	27.2.2024	5
22.2.2024	608568776	26.2.2024	26.2.2024	4
22.2.2024	608568891	26.2.2024	28.2.2024	6
22.2.2024	608568895	26.2.2024	27.2.2024	5
22.2.2024	608568923	26.2.2024	6.3.2024	13
22.2.2024	608568927	26.2.2024	26.2.2024	4
22.2.2024	608568939	26.2.2024	1.3.2024	8
22.2.2024	608568943	26.2.2024	27.2.2024	5
22.2.2024	608568959	26.2.2024	27.2.2024	5
22.2.2024	608568963	26.2.2024	27.2.2024	5
22.2.2024	608569017	26.2.2024	26.2.2024	4
22.2.2024	608569026	26.2.2024	29.2.2024	7

22.2.2024	608569045	26.2.2024	27.2.2024	5
22.2.2024	608569852	26.2.2024	28.2.2024	6
22.2.2024	608570177	26.2.2024	22.2.2024	0
22.2.2024	608571010	26.2.2024	28.2.2024	6
22.2.2024	608573853	28.2.2024	1.3.2024	8
22.2.2024	608575721	26.2.2024	26.2.2024	4
26.2.2024	608554379	28.2.2024	6.3.2024	9
26.2.2024	608563878	27.2.2024	27.2.2024	1
26.2.2024	608568983	27.2.2024	27.2.2024	1
26.2.2024	608570303	27.2.2024	27.2.2024	1
26.2.2024	608570315	28.2.2024	4.3.2024	7
26.2.2024	608570318	27.2.2024	29.2.2024	3
26.2.2024	608570328	27.2.2024	28.2.2024	2
26.2.2024	608570340	27.2.2024	28.2.2024	2
26.2.2024	608570348	27.2.2024	27.2.2024	1
26.2.2024	608570459	4.3.2024	14.3.2024	17
26.2.2024	608571742	27.2.2024	27.2.2024	1
26.2.2024	608571977	27.2.2024	29.2.2024	3
26.2.2024	608572891	27.2.2024	27.2.2024	1
26.2.2024	608572970	28.2.2024	5.3.2024	8
26.2.2024	608572994	28.2.2024	4.3.2024	7
26.2.2024	608573022	28.2.2024	29.2.2024	3
26.2.2024	608573078	28.2.2024	29.2.2024	3
26.2.2024	608573083	28.2.2024	1.3.2024	4
26.2.2024	608573107	28.2.2024	29.2.2024	3
26.2.2024	608573780	5.3.2024	12.3.2024	15
26.2.2024	608574894	29.2.2024	4.3.2024	7
26.2.2024	608574907	x	x	
26.2.2024	608574911	29.2.2024	4.3.2024	7
26.2.2024	608575531	29.2.2024	27.2.2024	1
26.2.2024	608575545	29.2.2024	1.3.2024	4
26.2.2024	608575722	29.2.2024	26.2.2024	0
26.2.2024	608575723	29.2.2024	26.2.2024	0
26.2.2024	608575724	4.3.2024	26.2.2024	0
26.2.2024	608576381	x	x	
26.2.2024	608576976	29.2.2024	8.3.2024	11
26.2.2024	608577669	1.3.2024	5.3.2024	8
26.2.2024	608577985	4.3.2024	11.4.2024	45
26.2.2024	608580170	27.2.2024	11.4.2024	45
26.2.2024	608580173	x	x	
28.2.2024	608554386	29.2.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608573026	29.2.2024	4.3.2024	5
28.2.2024	608574926	1.3.2024	6.3.2024	7
28.2.2024	608574930	29.2.2024	4.3.2024	5
28.2.2024	608574961	29.2.2024	29.2.2024	1
28.2.2024	608575728	4.3.2024	29.2.2024	1
28.2.2024	608576252	1.3.2024	4.3.2024	5
28.2.2024	608576256	1.3.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608576260	1.3.2024	4.3.2024	5
28.2.2024	608576277	1.3.2024	6.3.2024	7
28.2.2024	608576459	1.3.2024	6.3.2024	7
28.2.2024	608576889	1.3.2024	5.3.2024	6

28.2.2024	608576906	1.3.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608576909	1.3.2024	1.3.2024	2
28.2.2024	608577273	4.3.2024	4.3.2024	5
28.2.2024	608577714	4.3.2024	6.3.2024	7
28.2.2024	608577729	1.3.2024	3.3.2024	4
28.2.2024	608577749	1.3.2024	28.2.2024	0
28.2.2024	608577753	4.3.2024	4.3.2024	5
28.2.2024	608577920	4.3.2024	12.3.2024	13
28.2.2024	608577926	4.3.2024	6.3.2024	7
28.2.2024	608577935	4.3.2024	7.3.2024	8
28.2.2024	608577951	4.3.2024	6.3.2024	7
28.2.2024	608577960	4.3.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608577995	4.3.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608578024	4.3.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608578030	4.3.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608578040	4.3.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608578555	4.3.2024	1.3.2024	2
28.2.2024	608578954	4.3.2024	5.3.2024	6
28.2.2024	608583104	29.2.2024	28.2.2024	0
28.2.2024	608583610	x	x	
29.2.2024	608575725	8.3.2024	1.3.2024	1
29.2.2024	608575726	6.3.2024	1.3.2024	1
29.2.2024	608575729	5.3.2024	1.3.2024	1
29.2.2024	608580010	11.3.2024	1.3.2024	1
29.2.2024	608583105	11.3.2024	1.3.2024	1
5.3.2024	608576645	4.3.2024	8.3.2024	3
5.3.2024	608579060	6.3.2024	11.3.2024	6
5.3.2024	608579130	5.3.2024	11.3.2024	6
5.3.2024	608580109	5.3.2024	15.3.2024	10
5.3.2024	608580113	5.3.2024	11.3.2024	6
5.3.2024	608580217	5.3.2024	6.3.2024	1
5.3.2024	608580306	5.3.2024	7.3.2024	2
5.3.2024	608580949	5.3.2024	6.3.2024	1
5.3.2024	608581083	6.3.2024	7.3.2024	2
5.3.2024	608581181	5.3.2024	6.3.2024	1
5.3.2024	608581664	6.3.2024	11.3.2024	6
5.3.2024	608581674	6.3.2024	8.3.2024	3
5.3.2024	608581690	6.3.2024	11.3.2024	6
5.3.2024	608581699	6.3.2024	7.3.2024	2
5.3.2024	608581704	6.3.2024	9.3.2024	4
5.3.2024	608581738	6.3.2024	5.3.2024	0
5.3.2024	608581748	6.3.2024	9.3.2024	4
5.3.2024	608582033	7.3.2024	7.3.2024	2
5.3.2024	608582705	6.3.2024	6.3.2024	1
5.3.2024	608583108	13.3.2024	11.3.2024	6
5.3.2024	608583170	6.3.2024	11.3.2024	6
5.3.2024	608583202	6.3.2024	5.3.2024	0
5.3.2024	608583342	7.3.2024	19.3.2024	14
5.3.2024	608583356	7.3.2024	8.3.2024	3
5.3.2024	608583360	7.3.2024	8.3.2024	3
5.3.2024	608583364	7.3.2024	11.3.2024	6
5.3.2024	608583372	7.3.2024	8.3.2024	3

5.3.2024	608583450	7.3.2024	8.3.2024	3
5.3.2024	608583544	7.3.2024	9.3.2024	4
5.3.2024	608585716	7.3.2024	8.3.2024	3
5.3.2024	608585754	7.3.2024	7.3.2024	2
5.3.2024	608589307	x	x	
7.3.2024	608582037	8.3.2024	8.3.2024	1
7.3.2024	608583303	8.3.2024	12.3.2024	5
7.3.2024	608583613	x	x	
7.3.2024	608583692	11.3.2024	12.3.2024	5
7.3.2024	608585919	8.3.2024	12.3.2024	5
7.3.2024	608585931	8.3.2024	18.3.2024	11
7.3.2024	608585954	8.3.2024	11.3.2024	4
7.3.2024	608586038	8.3.2024	8.3.2024	1
7.3.2024	608586128	8.3.2024	11.3.2024	4
7.3.2024	608586668	8.3.2024	8.3.2024	1
7.3.2024	608586795	8.3.2024	8.3.2024	1
7.3.2024	608586922	11.3.2024	13.3.2024	6
7.3.2024	608586966	11.3.2024	22.3.2024	15
7.3.2024	608586970	11.3.2024	22.3.2024	15
7.3.2024	608587000	11.3.2024	11.3.2024	4
7.3.2024	608587003	11.3.2024	13.3.2024	6
7.3.2024	608587014	11.3.2024	12.3.2024	5
7.3.2024	608587018	11.3.2024	18.3.2024	11
7.3.2024	608587046	11.3.2024	20.3.2024	13
7.3.2024	608587113	11.3.2024	20.3.2024	13
7.3.2024	608587535	11.3.2024	12.3.2024	5
7.3.2024	608587761	13.3.2024	10.4.2024	34
7.3.2024	608587766	13.3.2024	12.4.2024	36
7.3.2024	608587771	13.3.2024	10.4.2024	34
7.3.2024	608587873	11.3.2024	22.3.2024	15
7.3.2024	608587932	11.3.2024	22.3.2024	15
7.3.2024	608589310	x	x	
7.3.2024	608592304	7.3.2024	15.3.2024	8
8.3.2024	608587452	12.3.2024	11.3.2024	3
11.3.2024	608583683	14.3.2024	18.3.2024	7
11.3.2024	608583696	12.3.2024	12.3.2024	1
11.3.2024	608583700	13.3.2024	12.3.2024	1
11.3.2024	608585842	13.3.2024	14.3.2024	3
11.3.2024	608586352	18.3.2024	3.4.2024	23
11.3.2024	608589002	12.3.2024	13.3.2024	2
11.3.2024	608589027	12.3.2024	22.3.2024	11
11.3.2024	608589031	12.3.2024	21.3.2024	10
11.3.2024	608589044	12.3.2024	21.3.2024	10
11.3.2024	608589048	12.3.2024	22.3.2024	11
11.3.2024	608589052	12.3.2024	13.3.2024	2
11.3.2024	608589056	12.3.2024	12.3.2024	1
11.3.2024	608589072	12.3.2024	13.3.2024	2
11.3.2024	608589181	12.3.2024	14.3.2024	3
11.3.2024	608589184	12.3.2024	11.3.2024	0
11.3.2024	608589219	12.3.2024	20.3.2024	9
11.3.2024	608589245	13.3.2024	13.3.2024	2
11.3.2024	608590125	12.3.2024	11.3.2024	0

11.3.2024	608590988	13.3.2024	13.3.2024	2
11.3.2024	608590992	13.3.2024	13.3.2024	2
11.3.2024	608591008	13.3.2024	15.3.2024	4
11.3.2024	608591028	13.3.2024	22.3.2024	11
11.3.2024	608591032	13.3.2024	22.3.2024	11
11.3.2024	608591262	13.3.2024	15.3.2024	4
11.3.2024	608592166	13.3.2024	11.3.2024	0
11.3.2024	608592194	13.3.2024	20.3.2024	9
11.3.2024	608592217	13.3.2024	13.3.2024	2
11.3.2024	608592240	13.3.2024	21.3.2024	10
11.3.2024	608592336	13.3.2024	22.3.2024	11
11.3.2024	608593327	14.3.2024	14.3.2024	3
11.3.2024	608593343	14.3.2024	14.3.2024	3
11.3.2024	608593359	14.3.2024	22.3.2024	11
11.3.2024	608594954	14.3.2024	14.3.2024	3
11.3.2024	608595039	x	x	
13.3.2024	608580339	5.3.2024	14.3.2024	1
13.3.2024	608583214	14.3.2024	13.3.2024	0
13.3.2024	608583688	15.3.2024	20.3.2024	7
13.3.2024	608592317	15.3.2024	15.3.2024	2
13.3.2024	608593351	14.3.2024	27.3.2024	14
13.3.2024	608593355	14.3.2024	27.3.2024	14
13.3.2024	608593379	14.3.2024	23.3.2024	10
13.3.2024	608593383	14.3.2024	15.3.2024	2
13.3.2024	608593420	14.3.2024	18.3.2024	5
13.3.2024	608595005	15.3.2024	21.3.2024	8
13.3.2024	608595042	x	x	
13.3.2024	608595293	15.3.2024	15.3.2024	2
13.3.2024	608595628	15.3.2024	19.3.2024	6
13.3.2024	608595704	15.3.2024	18.3.2024	5
13.3.2024	608595711	15.3.2024	18.3.2024	5
13.3.2024	608595761	15.3.2024	20.3.2024	7
13.3.2024	608596135	15.3.2024	22.3.2024	9
13.3.2024	608596139	15.3.2024	15.3.2024	2
13.3.2024	608596153	15.3.2024	18.3.2024	5
13.3.2024	608596157	15.3.2024	14.3.2024	1
13.3.2024	608596187	15.3.2024	20.3.2024	7
13.3.2024	608596841	18.3.2024	19.3.2024	6
13.3.2024	608599078	18.3.2024	14.3.2024	1
13.3.2024	608601558	15.3.2024	15.3.2024	2
14.3.2024	608583404	18.3.2024	20.3.2024	6
14.3.2024	608592262	18.3.2024	19.3.2024	5
14.3.2024	608596837	18.3.2024	27.3.2024	13
14.3.2024	608596860	18.3.2024	20.3.2024	6
14.3.2024	608596872	18.3.2024	19.3.2024	5
14.3.2024	608598290	18.3.2024	28.3.2024	14
14.3.2024	608598616	19.3.2024	21.3.2024	7
14.3.2024	608599007	20.3.2024	28.3.2024	14
14.3.2024	608599044	20.3.2024	28.3.2024	14
14.3.2024	608599179	19.3.2024	25.3.2024	11
14.3.2024	608599540	19.3.2024	10.4.2024	27
14.3.2024	608599586	19.3.2024	10.4.2024	27

14.3.2024	608603331	20.3.2024	12.4.2024	29
14.3.2024	608603336	21.3.2024	11.4.2024	28
14.3.2024	608603341	21.3.2024	11.4.2024	28
14.3.2024	608603346	x	x	
14.3.2024	608603351	21.3.2024	12.4.2024	29
15.3.2024	608605629	18.3.2024	22.3.2024	7
15.3.2024	608582254	19.3.2024	22.3.2024	7
15.3.2024	608595297	19.3.2024	25.3.2024	10
15.3.2024	608595301	19.3.2024	22.3.2024	7
15.3.2024	608598354	20.3.2024	22.3.2024	7
15.3.2024	608599028	19.3.2024	20.3.2024	5
15.3.2024	608599032	19.3.2024	21.3.2024	6
15.3.2024	608599086	19.3.2024	20.3.2024	5
15.3.2024	608599143	19.3.2024	20.3.2024	5
15.3.2024	608599147	19.3.2024	21.3.2024	6
15.3.2024	608599151	19.3.2024	21.3.2024	6
15.3.2024	608599191	19.3.2024	25.3.2024	10
15.3.2024	608599227	19.3.2024	28.3.2024	13
15.3.2024	608599997	19.3.2024	25.3.2024	10
15.3.2024	608600111	20.3.2024	19.3.2024	4
15.3.2024	608600131	19.3.2024	22.3.2024	7
15.3.2024	608601337	20.3.2024	2.4.2024	18
15.3.2024	608601374	20.3.2024	22.3.2024	7
15.3.2024	608601758	20.3.2024	21.3.2024	6
15.3.2024	608603130	21.3.2024	25.3.2024	10
18.3.2024	608592312	21.3.2024	21.3.2024	3
18.3.2024	608592314	21.3.2024	22.3.2024	4
18.3.2024	608599069	21.3.2024	27.3.2024	9
18.3.2024	608600255	20.3.2024	22.3.2024	4
18.3.2024	608601411	20.3.2024	21.3.2024	3
18.3.2024	608601497	21.3.2024	20.3.2024	2
18.3.2024	608602234	21.3.2024	20.3.2024	2
18.3.2024	608603116	21.3.2024	27.3.2024	9
18.3.2024	608603147	21.3.2024	26.3.2024	8
18.3.2024	608603159	21.3.2024	25.3.2024	7
18.3.2024	608603164	21.3.2024	27.3.2024	9
18.3.2024	608603217	21.3.2024	24.3.2024	6
18.3.2024	608604017	21.3.2024	25.3.2024	7
18.3.2024	608604896	21.3.2024	25.3.2024	7
18.3.2024	608605084	22.3.2024	27.3.2024	9
18.3.2024	608605251	21.3.2024	10.4.2024	23
18.3.2024	608605545	22.3.2024	22.3.2024	4
19.3.2024	608596845	18.3.2024	20.3.2024	1
19.3.2024	608603059	21.3.2024	9.4.2024	21
19.3.2024	608608645	26.3.2024	11.4.2024	23
20.3.2024	608596744	22.3.2024	23.3.2024	3
20.3.2024	608599480	25.3.2024	27.3.2024	7
20.3.2024	608601447	20.3.2024	4.4.2024	15
20.3.2024	608601535	21.3.2024	20.3.2024	0
20.3.2024	608603172	21.3.2024	4.4.2024	15
20.3.2024	608603863	22.3.2024	27.3.2024	7
20.3.2024	608604029	x	x	

20.3.2024	608604957	22.3.2024	27.3.2024	7
20.3.2024	608605092	22.3.2024	25.3.2024	5
20.3.2024	608605173	22.3.2024	25.3.2024	5
20.3.2024	608605178	22.3.2024	24.3.2024	4
20.3.2024	608605182	22.3.2024	27.3.2024	7
20.3.2024	608605229	22.3.2024	4.4.2024	15
20.3.2024	608605555	22.3.2024	27.3.2024	7
21.3.2024	608605601	25.3.2024	26.4.2024	36
21.3.2024	608606390	25.3.2024	28.3.2024	7
21.3.2024	608606442	25.3.2024	27.3.2024	6
21.3.2024	608607485	25.3.2024	25.3.2024	4
21.3.2024	608608209	26.3.2024	2.4.2024	12
21.3.2024	608608371	25.3.2024	3.4.2024	13
21.3.2024	608608444	26.3.2024	8.4.2024	18
21.3.2024	608615021	22.3.2024	22.3.2024	1
21.3.2024	608615022	26.3.2024	25.3.2024	4
21.3.2024	608615023	26.3.2024	25.3.2024	4
22.3.2024	608615019	28.3.2024	25.3.2024	3
25.3.2024	608603334	2.4.2024	15.4.2024	21
25.3.2024	608603339	3.4.2024	15.4.2024	21
25.3.2024	608603344	3.4.2024	15.4.2024	21
25.3.2024	608603349	3.4.2024	15.4.2024	21
25.3.2024	608603354	x	x	
25.3.2024	608605254	2.4.2024	11.4.2024	17
25.3.2024	608607788	26.3.2024	26.4.2024	32
25.3.2024	608608404	26.3.2024	28.3.2024	3
25.3.2024	608608428	26.3.2024	26.3.2024	1
25.3.2024	608608448	26.3.2024	28.3.2024	3
25.3.2024	608608512	26.3.2024	9.4.2024	15
25.3.2024	608608526	26.3.2024	3.4.2024	9
25.3.2024	608608529	26.3.2024	3.4.2024	9
25.3.2024	608608532	26.3.2024	8.4.2024	14
25.3.2024	608608633	26.3.2024	25.3.2024	0
25.3.2024	608608815	26.3.2024	25.3.2024	0
25.3.2024	608609480	26.3.2024	28.3.2024	3
25.3.2024	608609760	26.3.2024	27.3.2024	2
25.3.2024	608611001	27.3.2024	3.4.2024	9
25.3.2024	608611005	27.3.2024	27.3.2024	2
25.3.2024	608611009	27.3.2024	26.3.2024	1
25.3.2024	608611041	27.3.2024	3.4.2024	9
25.3.2024	608611046	27.3.2024	3.4.2024	9
25.3.2024	608611089	27.3.2024	26.4.2024	32
25.3.2024	608611110	27.3.2024	3.4.2024	9
25.3.2024	608611890	27.3.2024	27.3.2024	2
25.3.2024	608611981	28.3.2024	4.4.2024	10
25.3.2024	608612630	27.3.2024	28.3.2024	3
25.3.2024	608612643	27.3.2024	27.3.2024	2
25.3.2024	608612647	27.3.2024	26.3.2024	1
25.3.2024	608612654	27.3.2024	28.3.2024	3
25.3.2024	608612659	27.3.2024	28.3.2024	3
25.3.2024	608612664	27.3.2024	28.3.2024	3
25.3.2024	608612901	28.3.2024	2.4.2024	8

25.3.2024	608612955	28.3.2024	11.4.2024	17
25.3.2024	608614572	2.4.2024	4.4.2024	10
25.3.2024	608615024	26.3.2024	26.3.2024	1
25.3.2024	608615025	26.3.2024	2.4.2024	8
27.3.2024	608605392	2.4.2024	8.4.2024	12
27.3.2024	608611950	27.3.2024	10.4.2024	14
27.3.2024	608612638	4.4.2024	8.4.2024	12
27.3.2024	608612669	27.3.2024	28.3.2024	1
27.3.2024	608612733	4.4.2024	9.4.2024	13
27.3.2024	608612892	28.3.2024	5.4.2024	9
27.3.2024	608613005	28.3.2024	3.4.2024	7
27.3.2024	608614544	2.4.2024	28.3.2024	1
27.3.2024	608614556	2.4.2024	10.4.2024	14
27.3.2024	608614605	2.4.2024	9.4.2024	13
27.3.2024	608614620	2.4.2024	5.4.2024	9
27.3.2024	608614628	2.4.2024	8.4.2024	12
27.3.2024	608614671	2.4.2024	3.4.2024	7
27.3.2024	608614707	2.4.2024	3.4.2024	7
27.3.2024	608615882	28.3.2024	3.4.2024	7
27.3.2024	608615948	3.4.2024	4.4.2024	8
27.3.2024	608618261	3.4.2024	3.4.2024	7