



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV MANAGEMENTU**

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF MANAGEMENT

NÁVRH VÝROBNÍHO PROCESU PRO PŘÍSTROJE PRO RENTGENOVOU DEFEKTOSKOPII

DESIGN OF THE PRODUCTION PROCESS FOR DEVICES OF X-RAY DEFECTOSCOPY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETR ČEJKA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ZDEŇKA VIDECKÁ, Ph.D.

BRNO 2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Čejka Petr, Bc.

Řízení a ekonomika podniku (6208T097)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává diplomovou práci s názvem:

Návrh výrobního procesu pro přístroje pro rentgenovou defektoskopii

v anglickém jazyce:

Design of the Production Process for Devices of X-ray Defectoscopy

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Vymezení problému a cíle práce

Teoretická východiska práce

Analýza procesu výroby přístrojů pro rentgenovou defektoskopii

Návrh výrobního procesu

Zhodnocení přínosu návrhu řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

- JUROVÁ, M. a kol. Výrobní procesy řízené logistikou. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2013. 272 s. ISBN 978-80-2650-059-9.
- KEŘKOVSKÝ, Miroslav. Moderní přístupy k řízení výroby, 2. vydání. Praha: Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-80-7400-119-2.
- LIKE, J.K. Tak to dělá Toyota. 14 zásad největšího světového výrobce. Dotisk 1. vydání. Praha: Management Press, 2010. 392 s. ISBN 978-80-7261-173-7.
- ŘEPA, Václav. Procesně řízená organizace. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2012. 304 s. ISBN 978-80-247-4128-4.
- TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. Řízení výroby a nákupu. 1. Vydání. Praha: Grada Publishing, 2007. 384 s. ISBN 978-80-247-1479-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Zdeňka Videcká, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

L.S.

Prof. Ing. Vojtěch Koráb, Dr., MBA
Ředitel ústavu

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
Děkan fakulty

V Brně, dne 21. 03. 2014

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou podnikové výroby a jejím řízením. Práce navrhuje a popisuje výrobní proces pro konkrétní výrobek. Výrobní proces zpracovává na základě analýzy hotového výrobku. Výroba je naplánována procesní formou, součástí jsou tedy i procesní mapy výrobních etap. Současně s naplánováním také stanovuje lidské potřeby pro výrobu a výpočet její ekonomičnosti. Práce se zabývá také problematikou jakosti výroby a navrhuje možnost, jak jakost ve výrobě zajišťovat.

Abstract

This thesis focuses in production business and its management. Theses propose and describe a manufacturing process for particular product. Production process is based on an analysis of final product. Production is scheduled in process form, so it includes process maps of production stages. Simultaneously with the planning, it also determines human needs for production, and calculation of its economics. Thesis also deals with the issue of product quality and suggests way to ensure quality in production.

Klíčová slova

Výroba, řízení výroby, outsourcing, procesní řízení, výrobní procesy, návrh procesů, zahájení výroby, kontrola, výrobní strategie, kapacita výroby

Keywords

Production, production management, outsourcing, process management, production processes, process design, start of production, controlling, production strategy, production capacity

Bibliografická citace

ČEJKA, P. *Návrh výrobního procesu pro přístroje pro rentgenovou defektoskopii*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2014. 99 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Zdeňka Videcká, Ph.D.

Čestné prohlášení

Já, níže podepsaný prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Zdeňky Videcké, Ph.D., a uvedl v seznamu veškerou použitou literaturu. 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 a o změně některých zákonů (autorský zákon)* v platném znění.

V Brně dne:

vlastnoruční podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat své vedoucí práce, paní Ing. Zdeňce Videcké Ph.D. za umožnění zpracování práce pod jejím vedením, odborné rady, konzultace a výborný přístup k vedení práce. Další poděkování patří mému kolegovi a dlouholetému kamarádovi panu Bc. Tomášovi Svobodovi, u kterého se nápad na přenosný rentgenový přístroj zrodil, a díky kterému bylo možné zpracovávat práci na tento produkt.

OBSAH

Úvod.....	11
Cíle diplomové práce	13
1 Výroba	14
1.1 Výrobní faktory	15
1.1.1 Práce.....	15
1.1.2 Půda	15
1.1.3 Kapitál.....	16
1.1.4 Informace	16
1.2 Řízení výroby	16
1.2.1 Hierarchie řízení výroby	17
1.3 Moderní koncepty řízení výroby	18
1.3.1 Plánování materiálových požadavků výroby (MRP).....	19
1.3.2 Plánování výrobních zdrojů (MRP II a ERP)	19
1.3.3 Optimalizování výrobních technologií (OPT)	21
1.3.4 Just-in-time (JIT)	21
1.3.5 KANBAN	22
1.3.6 Štíhlá výroba	22
1.4 Procesně řízená výroba	23
1.4.1 Proces.....	23
1.4.2 Kritické faktory úspěchu.....	24
1.4.3 Modelování procesů - ARIS EXPRESS	24
1.5 Řízení zásob	25
1.6 Řízení jakosti výroby	26
1.6.1 Standardizace a normování výroby.....	26
1.6.2 Činnosti řízení jakosti z hlediska výrobního procesu	28
1.6.3 Demingův cyklus – PDCA	29
2 Analytická část	31
2.1 Popis technologie přístroje	31
2.1.1 Rentgenové záření a jeho použití.....	31
2.1.2 Rentgenová defektoskopie v průmyslu.....	34
2.1.3 Charakteristika rentgenu v přístroji	35

2.1.4	Bezpečnost přístroje.....	38
2.2	Popis přístroje.....	39
2.2.1	Mechanická konstrukce	39
2.2.2	Zdroj RTG záření.....	40
2.2.3	Zobrazovací a snímací systém	41
2.2.4	Mikroprocesorové řízení.....	41
2.2.5	Napájecí systém	42
2.3	Blokové schéma přístroje.....	42
2.4	Kusovník přístroje.....	43
2.5	Technologický postup	44
2.6	Podnikové procesy	45
2.6.1	Objednávka	46
2.6.2	Výroba	48
2.6.3	Expedice.....	50
3	Návrhová část	51
3.1	Popis aktuálního stavu.....	51
3.1.1	Připravenost produktu.....	51
3.1.2	Popis společnosti.....	51
3.1.3	Konkurence a plánovaný rozsah výroby.....	52
3.2	Business strategie podniku.....	52
3.3	Výrobní strategie podniku.....	53
3.3.1	Výrobní program.....	53
3.3.2	Kvalita a zařízení	53
3.3.3	Plánování a řízení výroby	54
3.3.4	Řízení jakosti	54
3.3.5	Řízení zásob.....	55
3.3.6	Pracovní síla.....	56
3.3.7	Organizace	56
3.4	Pracoviště	56
3.5	Stanovení počtu pracovníků.....	57
3.6	Stanovení směnnosti.....	58
3.7	Návrh organizační struktury společnosti.....	58

3.7.1	Vedení společnosti	60
3.7.2	Vývoj	60
3.7.3	Výroba	61
3.7.4	Logistika	62
3.7.5	Obchod.....	63
3.7.6	Administrativa	64
3.8	Návrh výrobního procesu	64
3.8.1	Technická příprava výroby a nákup.....	65
3.8.2	Výroba a montáž přístroje.....	71
3.8.3	Kontrola snímače	82
3.8.4	Kabeláž, měřicí a indikační prvky	83
3.8.5	Příprava mechanické konstrukce	84
3.8.6	Finální montáž přístroje	85
3.9	Kontrola.....	86
3.10	Balení a příprava k expedici.....	87
3.10.1	Administrativní příprava přístroje	87
3.10.2	Fyzická příprava přístroje	88
3.10.3	Příprava převozního boxu.....	88
3.10.4	Finální balení	89
3.11	Přínos navržených procesních map	90
Závěr		92
Seznam použitých zkratk a symbolů.....		93
Seznam obrázků.....		94
Seznam tabulek		95
Seznam použitých zdrojů.....		96
Internetové zdroje.....		98
Zákoníky a vyhlášky		98
Seznam příloh		99

Úvod

Výroba byla pro český národ po mnohá léta stabilním zdrojem ekonomického růstu. Během posledních let je však podnikání ve výrobě v našich podmínkách stále náročnější. Doby mezinárodně úspěšných českých výrobních podniků, typu Bat'a, jsou již pryč, a místní výroba se soustřeďuje na méně sériové, či exkluzivní výrobky. Výrobky hromadné spotřeby jsou nyní vyráběny v Číně, kde jsou výrobní náklady mnohem nižší. Vyplatí se proto spíše převážet, než vyrábět v místech spotřeby.

Diplomová práce popisuje společnost, která je u konce vývoje přístroje pro rentgenovou defektoskopii, a chystá se jej uvést na trh. Protože zatím funguje jako malý start-up, doposud zaměřený spíše na vývoj, je pro ni tento krok poměrně významný.

Produkt byl zatím vyroben pouze jako prototyp, proto k němu není sestavený výrobní proces a k výrobě nejsou dostupné detailní informace. Daný je pouze výrobek, plány ke komponentám a postup některých technologických operací. V práci je vytvořena první verze výrobního procesu podniku, znázorňující průběh výroby od počáteční objednávky až po zabalený produkt připravený pro zákazníka. Společně s návrhem výrobního procesu je navržen také počet potřebných pracovníků, organizační struktura, pracoviště, jejich rozmístění a náklady na výrobu.

Diplomová práce je rozčleněna na tři části. V první části jsou teoretická východiska práce z oblasti výrobního managementu. Úvod tvoří popis výroby a výrobních faktorů (zdrojů) a důležitost řízení výroby v podniku. Kapitola popisuje také metody řízení výroby a moderní přístupy k jejímu řízení, včetně komplexního procesního přístupu. Poslední část teorie se zabývá problematikou řízení zásob a jakosti výrobního procesu.

Druhá kapitola se soustřeďuje na popis produktu a společnosti, a analýzu hlavního podnikového procesu. Jsou zde popsány funkce přístroje, možnosti použití i obecnější informace o rentgenové problematice. Problematika RTG záření totiž není veřejně moc diskutována, přitom se jedná o jedinečný druh záření. Úvodní část tvoří představení přístroje spíše po jeho technické stránce. V následující části analýzy je navržena základní struktura hlavního podnikového procesu. Součástí této kapitoly je také zmíněna problematika zajišťování jakosti výrobku v průběhu výrobního procesu. Je

také navržena metoda, která umožní správný tok informací a kontrolních podkladů v rámci celého výrobního procesu.

Poslední část práce je už zaměřena na konkrétní návrh výrobního procesu. Celá výroba přístroje je popsána tak, aby bylo možné s dostupnými podklady zajistit potřebné zdroje, přístroj vyrobit, zkontrolovat a připravit pro zákazníka. Navrhované procesy také zohledňují lidský faktor. U všech činností je jednoznačně jasné, jakou odbornost má pracovník, který činnosti vykonává. V navrhovaném procesu se také počítá s implementací kontrolního mechanismu a v závěru zajištění administrativních podkladů k přihlášení přístroje. Návrh výroby je sestaven tak, aby jeho výsledkem byl zabalený přístroj připravený pro zákazníka.

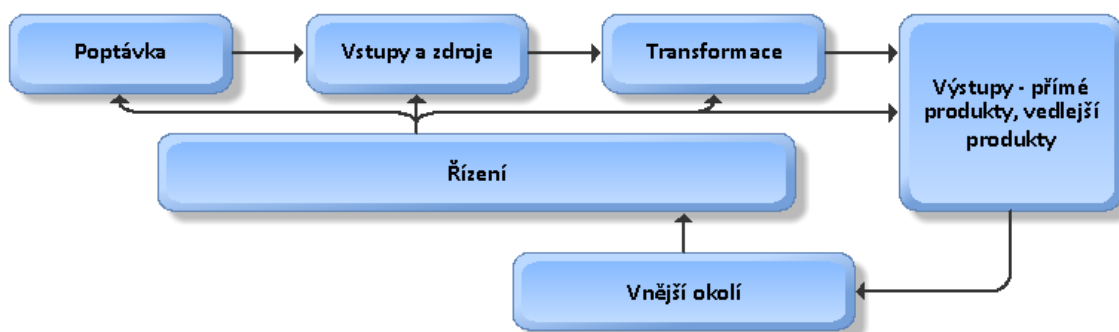
Cíle diplomové práce

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout proces výroby přístroje pro rentgenovou defektoskopii malé společnosti, která dosud výrobu nemá zavedenou. Řešení vychází z navržené výrobní strategie, konkrétního rozsahu výroby, potřebných zdrojů a návrhů řízení společnosti. Návrh řízení společnosti se vztahuje na stanovení potřebného rozložení výroby, topologii produktu, potřebnou obsluhu a stroje a řízení materiálového toku. Návrh obsahuje i ekonomické aspekty výroby, tzn. kalkulaci výrobků, stanovení ekonomické rovnováhy a zhodnocení celého výrobního procesu. Kalkulace jsou stanoveny na základě typového představitele.

Dílčím cílem je návrh způsobu zajištění jakosti výroby přístroje, s ohledem na možnosti společnosti. Výrobní proces vychází z detailního popisu technologie rentgenových přístrojů a záření, technologických procesů jednotlivých operací a z dodavatelských možností.

1 Výroba

Výroba slouží obecně k vytváření statků, po kterých je na trhu poptávka. Z hlediska řízení na výrobu pohlížíme jako na transformaci zdrojů na produkt. Výroba je složená z mnoha výrobních procesů, přičemž na každý z nich můžeme pohlížet jako na způsob přeměny vstupních prvků na soubor výstupů. Typické znázornění výrobního procesu z hlediska řízení je na **obrázku 1**. (MAKOVEC J. a kol. 1996.)



Obrázek 1 - Výroba jako transformační proces (zdroj: MAKOVEC J. 1996.)

„Z technického hlediska je pro výrobu typické, že v jisté posloupnosti operací dochází k účelnému technickému propojení všech výrobních faktorů – vstupů, přičemž využíváním výrobních zařízení za přímé či nepřímé účasti pracovníků dochází k přeměně především materiálu na hmotné statky (mění svůj tvar, fyzické a chemické složení, vlastnosti aj.)“(MAKOVEC J. a kol. 1996.)

Pro zákazníky jsou na prvních místech v prioritách kvalita, cena a dodací podmínky. Podle toho se musí zařídit i současné výrobní podniky. V posledních letech se ve výrobních podnicích zavádějí certifikace kvality a výrobního procesu, označovaných zkratkou ISO 9001. Tento certifikát je určitým znakem kvality výrobního procesu, standardizace výrobních operací a v konečném důsledku i kvality výrobku. Standardizace u výrobních operací může mít větší význam, než se na první pohled zdá. Některé podniky považují dokonce standardizaci jako hlavní cíl výroby, a to i kvůli svým odběratelům. Například v automobilovém průmyslu je velice časté, že dodavatelé jednotlivých komponent musí mít certifikáty kvality, aby s nimi bylo možné vůbec spolupracovat. Je to pochopitelné, protože shodné výrobky jsou i stejně funkční a vady se u nich vyskytují velice ojediněle.

1.1 Výrobní faktory

Předpokladem pro zajištění transformace vstupů na výrobky je existence zdrojů, potřebných pro výrobu. Výrobní faktory, které vstupují do výrobního procesu, je možné rozdělit na čtyři hlavní skupiny:

- Práce
- Půda
- Kapitál
- Informace

1.1.1 Práce

Práce neboli lidský výkon, je jeden z nejpodstatnějších faktorů při výrobě. Přestože je dnes snaha dosahovat co nejvíce automatizované výroby, jsou lidé nedílnou součástí každého podniku. Nejen, že je lidská práce v podniku nezbytná, je také jedním z nejdražších zdrojů. Mzdy a ostatní osobní náklady se podílejí podstatnou mírou na nákladech podniku. Pro efektivní rozvoj podniku je proto potřeba efektivně hospodařit s lidskou prací. (KUCCHARČÍKOVÁ A. a kol. 2011)

Jako výrobní faktor je možné práci charakterizovat vynaložením fyzické a psychické aktivity člověka k dosažení podnikových cílů. Na výkon pracovníka mají vliv nejen jeho schopnosti, ale také jeho motivace k práci. Výsledek a kvalita práce se v podstatné míře odvíjí podle volby správných pracovníků ke správným činnostem, a to s ohledem na jejich schopnosti i zájmy. (KUCCHARČÍKOVÁ A. a kol. 2011)

1.1.2 Půda

Pod pojmem půda se sdružují veškeré zdroje, které jsou svým původem přírodního charakteru. Přírodní zdroje byly před 18. stoletím jedním z rozhodujících faktorů úspěšnosti a růstu podniků. Tento výrobní faktor je nepřenositelný a nerozmnožitelný. V současné době, kdy je vysoké tempo ekonomického růstu a přírodní zdroje se více spotřebovávají, vzniká obava z jejich vyčerpání. Proto je snaha využívat alternativ přírodních zdrojů, které zajistí trvalé udržení ekonomického růstu bez dopadu na životní prostředí. S ohledem na využití ve výrobním procesu je možné ji uplatnit jako pěstitelský základ, stanoviště či staveniště. (KUCCHARČÍKOVÁ A. a kol. 2011)

1.1.3 Kapitál

Kapitálem jsou označovány výrobní faktory, které je možné získat za úplatu nebo působením lidské práce. Jsou výstupem předchozích výrobních aktivit, ale nejsou určeny pro přímou spotřebu. Jedná se zejména o budovy, stroje, technologie a další vybavení. (KUCHARČÍKOVÁ A. a kol. 2011)

Členění kapitálu může být následující:

- Reálný (produktivní) kapitál
 - Fixní (stroje, budovy)
 - Oběžný (výrobní zásoby)
- Potenciální (peněžní) – volné finanční prostředky
- Portfoliový (fiktivní) – finanční aktiva
- Produktový – statky určené k prodeji

1.1.4 Informace

V druhé polovině 20. století vystřídala industriální společnost informační. Mít správné informace ve správný čas bylo důležité vždy. Během informační společnosti je však potřeba kvalitních informací pro udržení rozvoje podniku nezbytná. Mezi informace lze zařadit také lidský kapitál, který zahrnuje vědomosti, zkušenosti a návyky člověka. Mezi potřebné informace patří v podniku klíčové know-how nebo znalosti dostupných technologií potřebných pro výrobu.

1.2 Řízení výroby

Jako řízení výroby lze považovat způsoby působení prvků ovlivňujících výrobní systém pro zajištění co nejoptimálnějšího fungování a rozvoje výroby. To vše s ohledem na stanovené cíle podniku a výroby. Potřeba řízení výroby úzce souvisí s efektivností, přičemž existuje snaha řídit výrobu tak, aby její náklady byly oproti výstupům co nejnižší.

Cíle řízení výroby vychází z podnikových cílů a podnikové strategie. Kromě všeobecných cílů firmy by měly být definovány i specifické cíle pro jednotlivé podnikové oblasti: vývoj, výrobu, kvalitu výroby, marketing, finance atd. Cíle se stanovují podle úrovně řízení na strategické, taktické a operativní. Jednotlivé cíle se dají rozlišit také podle časového hlediska na dlouhodobé, střednědobé a krátkodobé.

Strategické cíle bývají zpravidla dlouhodobé, taktické cíle střednědobé a operativní krátkodobé. (KERŤKOVSKÝ M. 2009)

Dle Makovce patří mezi základní cíle řízení výroby například: (MAKOVEC J. 1996)

- Zabezpečit výrobu výrobků nebo služeb na vysoké technickoekonomické úrovni v souladu s přáním zákazníků
- Zdokonalovat informační systémy řízení výroby
- Optimalizovat spotřebu výrobních činitelů a snižovat náklady
- Zkracovat průběžnou dobu přípravy výroby a výroby produktů
- Snižovat výrobní zásoby a zásoby rozpracované výroby
- Zkracovat materiálové toky a zabezpečit jejich rychlý a plynulý průběh
- Zabezpečit efektivnost a konkurenceschopnost podniku

1.2.1 Hierarchie řízení výroby

Stejně jako většinu oblastí, i výrobu je možné rozčlenit na tři úrovně. **Strategické řízení, taktické řízení a operativní řízení výroby.** Strategické řízení je nejvyšší úrovně a stanovuje jej nejvyšší vedení podniku. Z časového hlediska se jedná o dlouhodobé řízení. Taktické řízení je krátkodobějšího charakteru a spadá do kompetencí jednotlivých útvarů. Taktické řízení vychází z konceptů výrobní strategie, a z obecněji formulovaných cílů sestavuje konkrétnější akční plány, kde jsou v horizontu jednoho roku rozplánovány aktivity, které směřují ke strategickým cílům. Taktická oblast řízení je určena k aplikaci strategie do praktického prostředí podniku. Operativní řízení bývá spíše na úrovni výrobních provozů. Operativní řízení zajišťují manažeři na nejnižších úrovních. Ti jsou zodpovědní za řízení a plánování výroby přímo na dílnách. (KERŤKOVSKÝ M. 2009.)

Strategické řízení výroby

Strategické řízení výroby je realizováno v návaznosti na strategické rozhodování podniku. Jedná se o specifickou oblast, která se plánuje na dlouhodobé úrovni, zhruba pětileté období. Od strategických cílů se potom odvíjí celý průběh výroby. Na strategickém plánování jsou závislé také investice do výroby. Strategické řízení a plánování se prezentuje v poměrně širokém záběru, zejména obecným vyjádřením cílů a plánů, formou vizí. S tím je samozřejmě i spojen vysoký stupeň

nejistoty. Termíny nejsou udávány s vysokou přesností, například na půlroční období. Pro strategické řízení existuje několik hlavních otázek, které musí vrcholové vedení zodpovědět. Jedná se například o **stanovení výrobního programu**, kde je ze strany vedení potřeba nastavit směry jeho rozvoje, co se týká vyráběných produktů a množství. Do kompetencí manažerů majících na starost strategické řízení výroby spadá i rozhodování o **kapacitách a zařízeních**. Zde se rozumí zejména směr rozvoje, obnovy a další investice do výrobní oblasti. Ve strategické oblasti se dále rozlišují například oblasti **řízení jakosti, řízení zásob, lidských zdrojů, či plánování a řízení výroby** v hlavních konceptech – stanovení metod plánování, koncepce využívání informačních systémů apod. (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

Výrobní strategie by měla být úzce provázána s obchodní strategií celého podniku. Jejich cíle by se měly vzájemně doplňovat i s ostatními strategickými oblastmi. Výrobní strategie by měla formulovat zásady a principy, podle kterých se bude výroba v dané firmě organizovat s ohledem na uspokojování poptávky. Mezi další úkoly patří stanovení způsobů spolupráce s dodavateli a odběrateli. Hlediskem, na které musí brát management výroby ohled, je stabilita výroby a její dlouhodobá udržitelnost. (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

Operativní řízení výroby

Operativním řízením výroby jsou označeny řídicí činnosti, pro které je primárním cílem plnit výrobní plány při spotřebě minimálního množství vstupů. Operativní management tedy nemá za cíl stanovovat plány toho, kolik a pro koho se má vyrobit, ale soustředí se na dosahování co největší efektivity vložených zdrojů. Pro dané objemy výroby se na operativní úrovni řeší využití pracovníků u jednotlivých strojů a přesná organizace výroby na pracovištích. Typickým časovým obdobím na operativní úrovni jsou dny či týdny. Nejdlejší cíle operativního řízení jsou stanovovány maximálně v horizontu jednoho měsíce. Operativní řízení vychází výrobních plánů stanovovaných na taktické úrovni. (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

1.3 Moderní koncepty řízení výroby

Neustálé tendence dosahovat lepších výsledků dospěly k novým konceptům řízení výroby. Každá byla vyvinuta k tomu, aby odstraňovala nedostatky předchozí používané metody. V rámci této práce jsou představeny pouze některé moderní

koncepty řízení výroby. Každá z uvedených metod má své charakteristiky jak v oblasti dopadů na efektivitu výroby, tak na náročnost zavádění do podnikového procesu. Jako nejčastěji používané metody se dají v současné době považovat například: (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

- Metoda plánování materiálových požadavků (MRP),
- Metoda plánování výrobních zdrojů (MRP II) a pokročilé plánování zdrojů (ERP)
- Optimalizované produkční technologie (OPT)
- Metoda Just-in-time (JIT)
- KANBAN

1.3.1 Plánování materiálových požadavků výroby (MRP)

Tato metoda pochází z USA, kde vznikla z počátku 60. let. Jejím zaměřením je však pouze plánování zásob materiálu, než samotného průběhu výroby. Hlavní podstatou je optimalizace objednávání materiálů podle skutečných požadavků ve výrobě. Tato metoda již od počátku využívala prostředků výpočetních technologií, které byly schopny, podle vstupních dat (objednávky, skladové zásoby, předpovědi poptávky), naplánovat objednávky materiálových zásob. Výpočty prováděné v rámci MRP plánování jsou jednoduché a zavedení do podniku je poměrně snadné. Jedná se o základní metodu, která by měla být ve výrobě zavedena. Vzhledem ke své jednoduchosti při zavádění však skýtá také určité nevýhody, hlavně když nastanou odchylky od plánů. V takovém případě je možné pozdější hromadění zásob na skladě, protože se nebere v potaz průběh výroby. Alternativou je potom systém MRP s uzavřenou smyčkou, která již počítá i se skutečným průběhem výroby a odstraňuje tak některé nedostatky MRP. (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

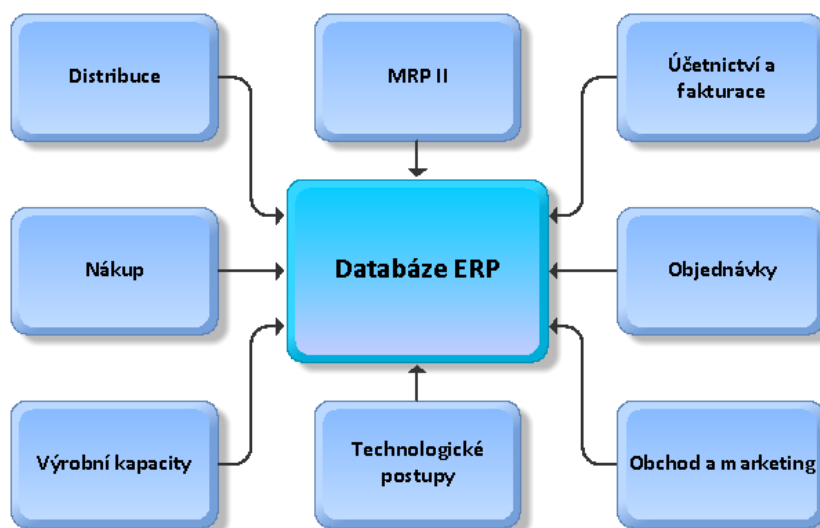
1.3.2 Plánování výrobních zdrojů (MRP II a ERP)

Systém plánování výrobních zdrojů je zdokonalený systém plánování materiálových požadavků. Užším propojením podrobného rozvrhu výroby s objednávkami materiálu a kapacitními omezeními je možné ještě lépe optimalizovat výrobní zdroje a jejich nákupy. Metoda MRP II byla vytvořena v 70. letech, a v některých podnicích se používá dodnes. Díky této metodě je možné výrazně snížit vázanost oběžných prostředků, což bývá mezi cíli řízení výroby. Při aplikaci jsou

největším problémem nepřesnosti vstupních dat, jako například špatné odhady pracnosti úkolů nebo neplánované odstávky výrobních zařízení. Oproti předchozí metodě MRP je systém MRP II rozšířen o podrobnější plánování výroby, zahrnováním kapacit a s vazbou na řízení prodeje. (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

Pro systémy na úrovni MRP II je potřeba v podniku také řešit problematiku zabezpečení sítě, protože v datech v tomto systému se skrývá podstata celé výroby. Vhodným napojením plánování zdrojů na ostatní podnikové systémy (nákup, účetnictví, obchod a marketing, vývoj, atd.) je možné vybudovat komplexní podnikový informační systém, který se řadí do kategorie pokročilého plánování zdrojů – Enterprise Resource Planning – ERP. S tímto systémem lze lépe řídit veškeré podnikové zdroje potřebné nejen při výrobě. Systém ve své databázi propojuje podnik v celém jeho průběhu výroby od dodavatelů po odběratele, a to včetně podpůrných oblastí. Výhodou užívání ERP systémů je také možnost propojení s HW komponenty ve výrobě, díky kterým je do něj možné integrovat mnohé kontrolní mechanismy. (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

V současné době existuje řada ERP systémů. V podnicích patří mezi nejvýznamnější dodavatele systémů společnost SAP, kde obsluhuje více než polovinu českého trhu. Například i společnost RWE používá jako informační systém ERP od společnosti SAP. Konkurence je však v této oblasti rozvinutá, takže je možné nalézt více než 30 různých ERP systémů. Systém SAP je totiž pro řadu menších podniků příliš komplikovaný a cenově nedostupný, a proto existují i jednodušší systémy, jako například Money S4 nebo S5.



Obrázek 2 - Příklad struktury ERP systému (zdroj: KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

1.3.3 Optimalizování výrobních technologií (OPT)

Tento koncept řízení výroby byl vyvinut v 70. letech v USA. Časově tak odpovídá systémům MRP II. Na rozdíl od MRP se však nesoustředí na spotřebu a zdroje, ale na výrobní toky a jejich optimalizaci. V souvislosti s touto optimalizací se zaměřuje hlavně na úzkoprofilová pracoviště, kde vychází z myšlenky, že výkonnost celého systému závisí od jeho nejslabšího článku, tedy úzkého místa. Proto není cílem této metody co nejvíce využít kapacit všech pracovišť, ale soustředit se na materiálové toky a podle úzkoprofilových míst ve výrobě plánovat i ostatní výrobní části. Kapacita celého výrobního podniku je shodná s kapacitou nejužšího místa ve výrobě, a zároveň se od ní odvíjí i úroveň rozpracované výroby. Pokud dojde ke zpoždění tam, kde není úzké místo, nemusí dojít k celkovému zpoždění. Zpoždění v úzkém místě však znamená opoždění celé výroby. Příprava výroby dle tohoto systému probíhá ve dvou etapách. První etapa je pro předběžné plánování, kde se zejména analyzuje výrobní proces od konce a postupuje se proti směru výroby. V této fázi se předpokládá neomezená kapacita výroby. Cílem je odhalit úzká místa výroby a určit kritické výrobní zdroje. Druhá etapa je určena pro finální naplánování výroby. Nejdůležitějším cílem je rozplánování úzkých míst s ohledem na co největší využití. Tato etapa se již plánuje od prvního kroku výrobního procesu a ne od posledního, jako tomu bylo u první fáze plánování. Navíc se již uvažují reálné výrobní kapacity. Závěrečnou fází plánování této etapy je výpočet kapacit pracovišť, která se nenachází v úzkých místech výroby. (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

1.3.4 Just-in-time (JIT)

Metoda řízení výroby JIT vznikla v Japonsku a v průběhu 70. let byla aplikována kromě Japonska také v USA a západní Evropě. Hlavní myšlenkou této metody je výroba i nákup pouze v potřebném množství a kvalitě. To vše hlavně v co nejpozdějším možném termínu. Díky tomu je možné snížit ztráty v podobě nadprodukce, čekacích dob či prostojů, dopravy i nákladů na skladování. Uplatňování této metody v podniku je možné chápat na třech rozdílných úrovních: (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

- Metoda JIT jako firemní filozofie řízení výroby
- Aplikace metody JIT v řízení výroby určitým souborem technik

- Implementace plánovacích principů JIT

Jednotlivé úrovně jsou vzájemně propojeny. Aplikace metody jako firemní filozofie zahrnuje i další dvě podúrovně a jedná se o maximální nasazení této metody v podniku. Implementace plánovacích principů je naopak jen základní částí zavedení metody JIT.

Metoda JIT má oproti klasickým přístupům k řízení výroby několik odlišností. K největším rozdílům patří omezený výrobní program, co největší standardizace výroby, co nejnižší mezioperační zásoby, omezený počet kooperujících společností, se kterými je navázána užší spolupráce. Plánování výroby je také realizováno za pomoci informačních systémů, díky kterým je možné snížit průběžnou dobu výroby. (KEŘKOVSKÝ M. 2009.)

1.3.5 KANBAN

Metoda řízení výroby formou KANBAN byla vyvinutá Japonskou společností Toyota, která ho jako první začala ve výrobě používat. Slovo KANBAN znamená v japonštině lístek nebo karta. Tento systém vznikl na základě myšlenky aplikace systému zásobování ze supermarketů do výroby. V supermarketu byl společně s prodaným zbožím u pokladny odevzdán lístek, který byl u každého kusu. Podle lístků bylo snadné kontrolovat, které zboží bylo prodané. Lístek pak putoval od pokladny do skladu, čímž bylo možné doplňovat pouze zboží, které bylo prodané. Smyslem zavedení tohoto systému výroby je podpora výroby na předchozí výzvu. Díky tomu bude možné redukovat zásoby na každém stupni výroby. Tato metoda je vhodná pro podnik, který vyrábí opakovaně velké množství stejných součástí s rovnoměrným odbytem. (JUOVÁ M. a kol. 2013.)

1.3.6 Štíhlá výroba

Metoda štíhlé výroby byla vyvinutá společností Toyota po 2. světové válce. Tento přístup byl na danou dobu jedinečný. Cílem nebylo vyrábět co největší množství, ale maximálně uspokojovat potřeby zákazníka tím, že se bude vyrábět jen to, co skutečně požaduje. Produkty jsou vyráběny v co nejkratším možném čase za minimalizace nákladů. Pro zachování kvality a minimalizování nákladů je nezbytné odstranit plýtvání podniku, kam se řadí zejména velké množství zásob, protoje ve

výrobě, přebytečné manipulace, zbytečné opravy, výroba většího množství, než po kterém je poptávka, apod. (LIKER, J. K. 2010.)

1.4 Procesně řízená výroba

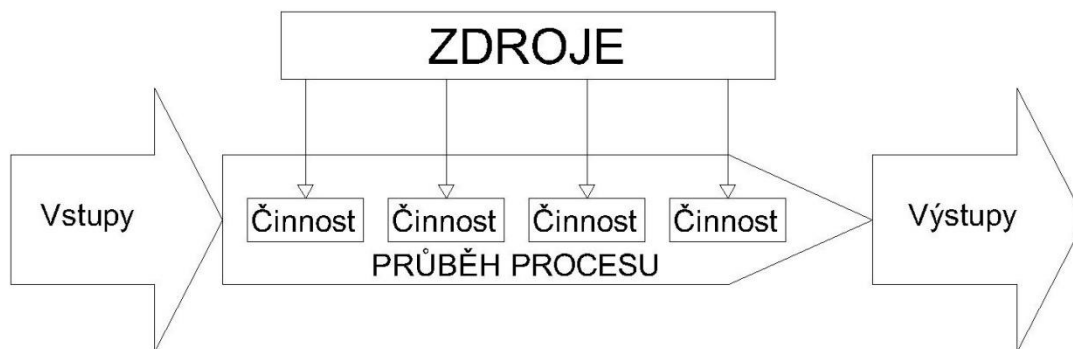
V posledních letech se do popředí řadí procesně řízená výroba, která kombinuje výhody některých systémů zmíněných v předchozí kapitole. Procesně řízená výroba se používá pro správně nastavený průběh výroby, a to jak z materiálového hlediska, tak z hlediska pohybu informací. K vizualizaci procesů v podniku se využívá procesních map. Tato kapitola slouží jako vstup do problematiky procesního řízení. Je třeba zmínit, že v případě zavádění procesního řízení do podniku je nezbytné stanovit veškeré podnikové procesy. Po úspěšném zavedení procesního řízení je možné nechat společnost certifikovat dle norem ISO 9001. Tento certifikát je považován za určitý znak kvality výroby a výrobků podniku.

1.4.1 Proces

Pojmem proces je definován jako pravidelně opakovaný sled činností, pomocí kterých získává podnik přidanou hodnotu. Vykonávání procesů však patří do běžného života každého člověka. Takovým procesem je například cesta do práce, ranní vstávání, vaření čaje apod. Proces však sám o sobě nic nevykoná. Procesem je možné označit pouze sled činností, které přidávají hodnotu. Navíc pro něj platí, že je opakovaný. Sled činností, který je vykonáván poprvé (a naposledy), jako proces označit nelze. V takovou chvíli se jedná spíše o projekt. Protože některé činnosti v rámci procesu potřebují ke své realizaci zdroje, je možné správným uspořádáním optimalizovat náklady a zvyšovat efektivnost procesu jako takového. (ŘEPA V. 2007.)

Pro zavedení procesního řízení existuje evropská norma ČSN EN ISO 9001:2001, podle které je „*proces soubor vzájemně působících činností, který přeměňuje vstupy na výstupy*“, grafické znázornění tohoto rčení je zobrazeno na **obrázku 3**.

Smysl procesního řízení vychází z myšlenky, že základním prvkem je správně popsaný, definovaný a zdroji zajištěný proces. Proces navíc musí mít konkrétního zákazníka a stanoveného vlastníka. (GRASSEOVÁ M. a kol. 2008.)



Obrázek 3 - Schéma procesu (GRASSEOVÁ M. a kol. 2008.)

1.4.2 Kritické faktory úspěchu

Zavedení procesního řízení vyžaduje velké úsilí, kvalitní strategii a dobré zázemí. Vždy však existuje riziko neúspěchu. Zavedení procesního řízení se nemusí podařit z několika důvodů. Proto se dají definovat určité kritické faktory, bez nichž se pravděpodobně nepodaří efektivně implementovat procesní řízení v celé šíři organizace, a naplňovat tak vize podniku. (GRASSEOVÁ M. a kol. 2008.)

Mezi nejvýznamnější kritické faktory je možné zařadit: (ŘEPA V. 2007.)

- 1) **Aktivní podpora** – ze strany vrcholového vedení (aktivním zapojením do projektu)
- 2) **Strategické zaměření** – cíle implementace musí souviset s podnikovou strategií
- 3) **Kvalitní případová studie** – zpracovaná případová studie implementace včetně měřitelných dopadů
- 4) **Dobrá metodika** – pro správné sestavení podnikové vize
- 5) **Efektivní systém řízení změny**
- 6) **Liniové vlastnictví**
- 7) **Vytvoření dostatečně velkého a znalého reengineeringového týmu**, který bude schopný implementaci procesního řízení zrealizovat

1.4.3 Modelování procesů - ARIS EXPRESS

ARIS Express je software, pomocí kterého je možné modelovat podnikové procesy. Je to perfektní nástroj pro první kroky s procesním řízením. Software má navíc intuitivní ovládání, takže je uživatel efektivní již od počátku práce. V programu jde modelovat organizační struktury, vývojové diagramy, procesy, atd. Tento program je

vytvořen společností Software AG, a je výborným nástrojem pro občasné uživatele případně začátečníky v procesní oblasti. (ARIS Community, 2014)

Výhody ARIS Expressu:

- ARIS Express je zdarma
- Má intuitivní uživatelské prostředí
- Výsledky lze rozšiřovat v profesionálních verzích ARIS

1.5 Řízení zásob

Cílem řízení zásob je nalézt a zajistit takovou úroveň zásob jednotlivých materiálů, aby mohly zajistit plynulý průběh výrobního procesu. Motivace k optimalizacím materiálových a jiných skladových zásob je hlavně z důvodů vázanosti kapitálu, dodatečné spotřebě práce a riziku. Úroveň zásob ovlivňují vnitřní a vnější faktory: (TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. 2007.)

- **Vnější faktory**
 - *Nákupní marketing*
 - *Umístění podniku a doprava*
 - *Pružnost dodavatelů*
- **Vnitřní faktory**
 - *Technická příprava výroby*
 - *Úroveň logistických procesů*
 - *Charakter výrobního procesu*

S řízením zásob je třeba uvažovat náklady, které nedílně souvisí se zásobami. Náklady na zásoby je možné rozdělit do tří skupin: (TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. 2007.)

- **Opatřovací náklady** – náklady na realizaci objednávky včetně přijetí zboží, objednacích nebo přepravních nákladů dodavatele
- **Skladovací náklady** – sem spadají náklady na skladové prostory, manipulaci se zásobami, náklady na kapitál vázaný zásobami
- **Náklady nedostatku** – tyto náklady jsou způsobeny chybným určením výše a času spotřeby, kvůli čemu vznikly prostoje, pokuty, ušlý zisk apod.

1.6 Řízení jakosti výroby

S řízením výroby nedílně souvisí také řízení její jakosti. Jako jakostní je možné označit takový výrobek, který splňuje veškeré charakteristiky produktu, které zákazník očekává. Jakost již neoznačuje pouze kvalitu zpracování výrobku, ale zahrnuje stupeň plnění funkcí, které má výrobek plnit.

K dosahování jakosti ve výrobě existuje mnoho přístupů. Na jakost výsledného výrobku má vliv i prvotní příprava výroby, volba dodavatelů, nastavení výrobního postupu apod. Řízení jakosti výroby je třeba chápat v celopodnikové šíři. Každý útvar, nebo pracovník v podniku by měl odpovídat za jakost svého výstupu. Protože i pracovník, který vyrábí polotovary pro další pracoviště, obsluhuje zákazníka, musí jeho výstup odpovídat všem požadavkům, které zákazník (další pracoviště) očekává. Pojmem celopodnikové zavedení řízení jakosti je myšlen široký rozsah aktivit, které jsou uplatňovány na všechny podnikové úrovně. S aktivním zapojováním řízení jakosti souvisí pojem úplného řízení kvality – TQM (Total Quality Management). Cílem TQM je zapojení a řízení kvality na všech úrovních podniku. Vznik této metody byl důsledkem zvyšující se náročnosti zákazníka a vyšší konkurence. Proto byl požadavek na kvalitu mnohonásobně vyšší a bylo jej třeba zapojit nejen do samotné konstrukce výrobku, ale do celého životního cyklu produktu. Zákazník požaduje co nejvyšší kvalitu při co nejnižší ceně. Jedná se o problematiku rovnováhy, u které nastavuje úroveň většinou vrcholový management. Ten může na základě výrobních možností a rentability nákladů nastavit požadavky na jakost. Opačná cesta, snižováním požadavků na výrobu, nevyužívání technologií či volba horších dodavatelů, může mít z krátkodobého hlediska pozitivní dopad na náklady, nicméně za cenu zhoršení jakosti produktů. To může způsobit například větší množství oprav nebo špatnou reputaci podniku, což vede ke zvýšení dodatečných nákladů. Řízení jakosti musí být aplikováno na všechny oblasti podniku a nejen na výrobu. Integrace celopodnikového řízení jakosti vyžaduje zapojení oblastí jako marketing, nákup, personalistika, apod. (TOMEK G. VÁVROVÁ V. 2000.)

1.6.1 Standardizace a normování výroby

S řízením jakosti výroby souvisí také standardizace a normování výroby. Cílem standardizace je snížení nahodilostí v řízeném procesu. Výsledkem standardizačního procesu jsou výrobní standardy a normy. Standardizace představuje

v tomto smyslu usměrňování, sjednocování a uspořádání vlastního procesu tak, aby byl řízený proces přehledný, a jeho výsledky šly jednoznačně měřit, analyzovat, vyhodnocovat a zlepšovat. (TOMEK G. VÁVROVÁ V. 2000.)

Standardizování v podniku prochází dle Tomka a Vávrové několika fázemi. Od první myšlenky k plně standardizovanému procesu vede cesta přes šest hlavních etap:

- Řídící procesy
- Věcné vstupní prvky výrobního procesu
- Činnosti a způsoby přeměn ve výrobním procesu
- Vztahy ve spotřebě a využití výrobních činitelů
- Kombinace při operativním řízení výroby
- Výstupy prvků výrobního procesu

Výstupem **standardizace řídicích procesů** jsou organizační normy, kde je sestaven průběh činností, které jsou v podniku vykonávány, oběh dokladů, zapojení pracovníků apod. Na úrovni řídicích procesů se stanovují podnikové řády, organizační struktura i bezpečnostní pravidla, pravidla materiálového toku, metodiky výrobní evidence, pravidla oběhu dokladů. Důležité je stanovit také systém podnikového značení a číslování například strojů, materiálů, pracovišť, dokumentů apod. **Standardizace věcných vstupních prvků výrobního procesu** představuje zejména stanovení materiálových, strojních a nástrojových standardů. Cílem je volba správných činitelů ve výrobním procesu, aby jejich používání bylo co nejefektivnější. Správnou volbou materiálu a dodavatelů je možné dosáhnout nižších nákladů na nákup materiálu nebo vytvářet silné vztahy s dodavateli. Ze standardizace výrobních strojů a zařízení plyne výhoda z lepšího plánování servisních zásahů i nákladů s tím spojeným, lepším předvídáním nákupu náhradních dílů a zajištění lepší plynulosti výroby. Se **standardizací činností a způsobů přeměn** ve výrobním procesu souvisí zejména technologické, pracovní a montážní postupy. Kromě toho se v rámci této etapy stanovují také logistické postupy k řízení materiálového toku a kontrolní metody. Výstupem jsou údaje o spotřebě materiálu, času, náradí a pracovních. Cílem **standardizace vztahů ve spotřebě a využití výrobních činitelů** je stanovit limity spotřeby jednotlivých činitelů v rámci výrobního procesu a jejich požadovaného využití. K této skupině je možné také započítat normy technologicky nutných ztrát nebo mank na zásobách. **Standardizací kombinací při operativním řízení výroby** se stanoví normy

na nižší úrovni výrobního procesu. Stanovuje se velikost výrobních dávek, výrobní takt, průběžná doba výroby, rozpracovanost zásob, případně plány práce výrobních linek. **Výstupními prvky výrobního procesu** se rozumí standardizace součástkové základny a finálních výrobků. Dosahuje se toho typizací, unifikací nebo stavebnicovým řešením. (TOMEK G. VÁVROVÁ V. 2000.)

1.6.2 Činnosti řízení jakosti z hlediska výrobního procesu

Příprava výroby	Technické informace	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Technické normy ➤ Základní parametry a problémy jakosti ➤ Problémy výrobní technologie
	Plánování servisu	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plán servisních činností ➤ Dokumentace pro odběratele ➤ Výcvik pracovníků
	Ověření prototypu	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Testy ➤ Proověření důležitých součástí, fází prototypu
	Organizace výroby	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plán kontrol ➤ Materiálový tok ➤ Požadavky na nákup ➤ Rozhodnutí o vlastní výrobě a dodávkách (kooperaci) ➤ Výběr zařízení ➤ Normy práce ➤ Normy spotřeby materiálu ➤ Jakostní třídy ➤ Kontrolní postupy (jakostní znaky a regulační hodnoty) ➤ Závuk pracovníků
	Organizace odbytu	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Příprava pracovníků ➤ Zaměření komunikace na jakostní charakteristiky
Výroba	Záběh	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontrola vstupů ➤ Výrobní kontrola ➤ Výstupní kontrola ➤ Hodnocení a analýza příčin neplnění kvality ➤ Nápravná opatření
	Běžná výroba	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontrola vstupů ➤ Výrobní kontrola ➤ Výstupní kontrola

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hodnocení a analýza příčin neplnění kvality ➤ Nápravná opatření ➤ Výcvik pracovníků ➤ Kontrola vztahů mezi operacemi ➤ Zlepšování bezpečnosti ➤ Zlepšování údržby ➤ Diagnostika řízení jakosti
	Skladování a doprava	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Péče při dopravě ➤ Péče při skladování ➤ Balení a expedice

Tabulka 1 - Hlavní činnosti řízení jakosti z hlediska výrobního procesu (TOMEK G. VÁVROVÁ V. 2000.)

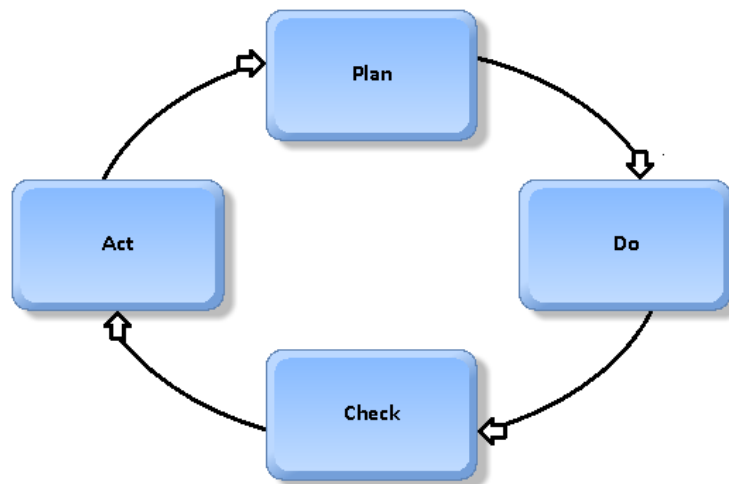
1.6.3 Demingův cyklus – PDCA

Pro neustálé zvyšování kvality existuje také určitá posloupnost činností nazývaných Demingův cyklus. Původně byl cyklus používán pouze pro analýzu a zlepšování procesů, v současnosti se však používá univerzálně pro různé druhy organizací a může posloužit jako prvek pro hledání a odstraňování nejakosti v procesu.

Demingův cyklus má čtyři fáze, které se neustále dokola opakují (neustálé zlepšování). Dle Karlöfa (KARLÖF, B., LÖVINGSSON, F. H. 2006.) se jedná se o:

- **Plan** (Plán) – stanovení cílů pro změny, které budou provedeny a zavedení metod, které tyto změny umožní.
- **Do** (Provedení) – implementování změn, které se zformulovaly v předchozí fázi. Dále se měří výsledky a provedou se veškerá nezbytná školení.
- **Check** (Kontrola) – Ohodnotit měřítka, implementaci práce a analyzovat výsledky. Podat zprávu rozhodujícím lidem, pokud je to potřeba.
- **Act** (Akce) – Provést činnosti týkající se toho, co bylo zjištěno a potom se vrátit k plánovací fázi a celý cyklus opakovat.

Myšlenka Demingova cyklu vychází z toho, že vždy existuje možnost, jak zlepšovat procesy. Nejlépe se možnosti pro zlepšení hledají při samotné realizaci. Proto je možné u opakujících se procesů vždy hledat možnosti, jakým je optimalizovat, zvyšovat jejich jakost nebo snižovat nákladu.



Obrázek 4 - Vizualizace Demingova cyklu (KARLÖF B. LÖVINGSSON F.H. 2006.)

2 Analytická část

Tato kapitola se zabývá již samotným přístrojem. Cílem je popsat používanou technologii přístroje, konstrukci a jednotlivé součásti přístroje, sestavit kusovník a stanovit hlavní podnikový proces. Kapitola slouží jako podklad pro následující kapitolu, protože zde jsou popsány jednotlivé součásti přístroje, ze kterých se vychází při stanovení výrobního procesu. V rámci kapitoly jsou popsány i některé obecnější informace o problematice rentgenů, díky čemuž bude snadnější porozumět možnostem a využití přístroje.

2.1 Popis technologie přístroje

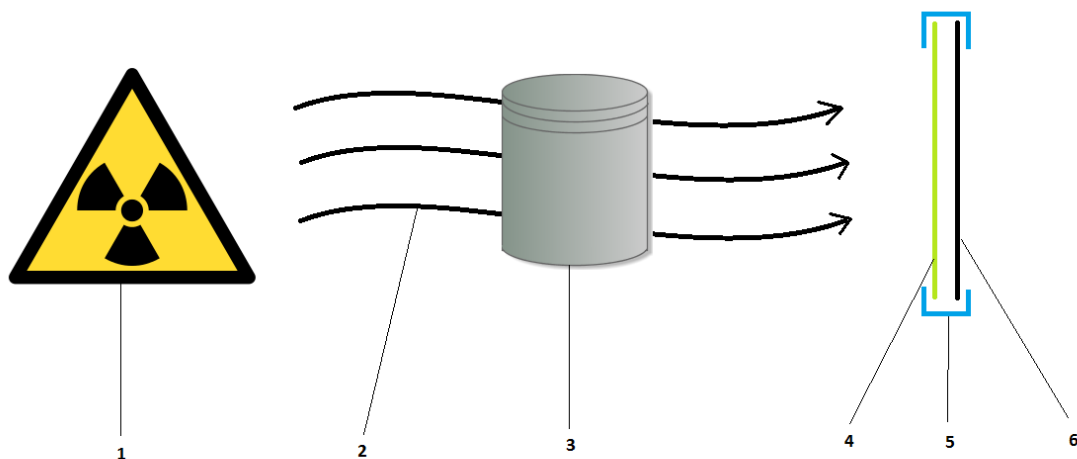
Vyráběný přístroj je určený pro průmyslovou defektoskopii. Zařízení je konstruováno tak, aby bylo přenosné a bylo možné ho snadno přepravit například mezi pracovišti. Přístroj má poměrně variabilní použití. Díky tomu, že je možné plynule nastavovat intenzitu RTG záření, je možné zkoumat různé druhy materiálů. Celý přístroj je ovládán přes mikroprocesor. Pro provoz přístroje je potřeba počítač s nainstalovaným ovládacím programem. Přes program je možné připojit vysoké napětí na rentgenku, čímž začne emitovat rentgenové záření a je možné začít měřit. Řídicí program má i další funkce. Je v něm možné sledovat zobrazený snímek, upravovat ho pomocí filtrů, ukládat apod. Přes počítač je řízen i motorek, pomocí kterého je možné otáčet zkoumaný předmět v přístroji, aniž by bylo nutné ho vypínat nebo otevírat. Díky otočnému stolku je možné vytvořit i CT snímek měřeného objektu.

2.1.1 Rentgenové záření a jeho použití

Rentgenové záření má oproti jiným druhům záření mnohé výhody. Projde totiž skrz řadu materiálu, přičemž se utlumuje. Míra útlumu je závislá od materiálu, skrz který záření prochází. Útlum je možné zaznamenávat různými metodami a dále s ním pracovat. Tento způsob měření s rentgeny se nazývá defektoskopií. Rentgenové defektoskopie se nejvíce užívá v lékařství. Díky rentgenu je možné nahlédnout do části těla, například na kosti nebo zuby, aniž by bylo potřeba chirurgického zákroku. Kostí mají mnohem výraznější útlum při průchodu záření, než měkká tkáň, takže snímky jsou i dobře kontrastní. Vzhledem k tomu, že RTG záření prochází materiály s útlumem, je možné ho zaznamenávat až za zkoumaným předmětem. V medicíně se nejčastěji používá fluorescenční fólie, ke které se těsně přiloží RTG film. Fluorescenční fólie při

dopadu záření přemění jeho energii na světlo a osvítí film přesně podle toho, jak utlumené záření na fólii dopadlo. (DRASTICH A. 2004.)

Schéma rozložení soustavy zobrazuje **obrázek 5**. Popis k obrázku v **tabulce 3**.



Obrázek 5 - Schéma sestavy k zobrazování pomocí RTG záření (zdroj: vlastní)

Číslo na obrázku	Význam
1	Zdroj RTG záření (rentgenka)
2	Znázornění průchodu paprsků RTG záření
3	Zobrazovaný předmět
4	Fluorescenční fólie
5	Držák na fólii a film
6	RTG film

Tabulka 2 - Popis k obrázku 5 (zdroj: vlastní)

RTG film, který je použit pro snímek, je velice citlivý. Charakteristikou a složením se podobá klasickému fotografickému filmu. Vysoká citlivost je důležitá pro přesné zaznamenání osvětlení. Samozřejmě existuje široké spektrum filmů v závislosti na použití. Liší se mezi sebou zejména citlivostí a rozměry. Film je po spuštění rentgenu osvětlen z fluorescenční fólie. Další postup je podobný, jako při vyvolávání klasických fotografií. Po vyvolání osvětleného filmu lékař získá rentgenový snímek, jako například na **obrázku 6**. (DRASTICH A. 2004.)



Obrázek 6 - Rentgenový snímek ruky (zdroj: www.ortodoncie-zlin.cz. 2014.)

Rentgenové záření se nepoužívá pouze pro defektoskopii, ale je s ním možné měřit i spektrum materiálu. K tomu existují rentgenové spektrometry, které v ručních provedeních vypadají jako fén. Spektrometry nepotřebují mít stínítko za prosvěcovaným materiálem, protože nezaznamenávají obraz zkoumaného materiálu. Způsob fungování je v měření energie a četnosti zpětně vyzářeného rozptýleného záření, z čehož je možné zjistit materiály použité ve zkoumaném předmětu. Spektrometry mají využití zejména u archeologů, kteří pomocí něj zjišťují strukturu použitých materiálů v předmětech, pro kontrolu složení betonů apod. Příklad ručního spektrometru je zobrazen na **obrázku 7**. (BAS, 2014.)

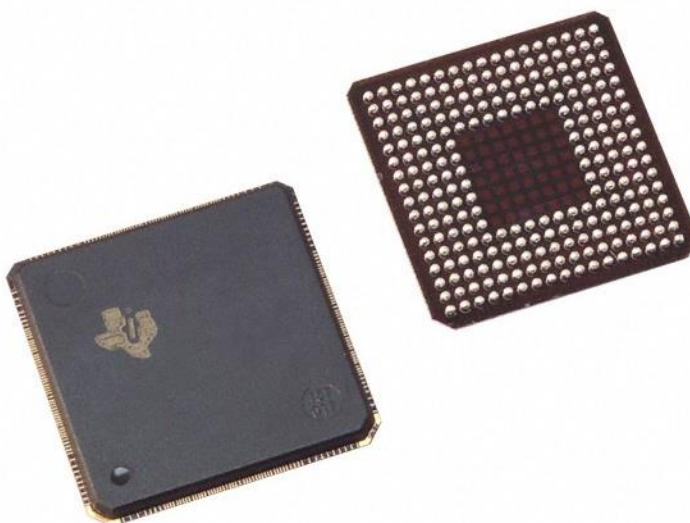


Obrázek 7 - Ruční spektrometr DELTA (zdroj: www.bas.cz. 2014.)

2.1.2 Rentgenová defektoskopie v průmyslu

RTG defektoskopie se nejvíce používá v lékařství, své použití má i v dalších oblastech. Tam se však většinou nepoužívá fluorescenční fólie s filmem, ale spíše jiných metod zaznamenávání záření. Mezi ně patří například GM trubice, scintilační krystaly, CCD čipy či polovodičové detektory. Použití tak rentgen nachází při letištních kontrolách, v potravinovém či jiném průmyslu. (LOMA SYSTEMS, 2014.)

Právě pro použití v průmyslu je přístroj vyráběný společností. Použití nalézá například v kontrolních procesech elektrotechnických podniků, potravinářském průmyslu, archeologii, svářečském oboru nebo slévárenství. Například při pájení součástek v BGA pouzdře (*obrázek 8*) není možná kontrola optickými metodami. Kontakty, kterými se připájí čip k desce, jsou po celé spodní straně čipu. Na rentgenovém snímku jsou však dobře vidět správně zapájené čipy, případně různé defekty vzniklé při pájení.



Obrázek 8 - Čip v pouzdře typu BGA (zdroj: www.digikey.com, 2014)

Rentgenové přístroje mají v průmyslu řadu možného použití. Pro některé aplikace není ani možné používat jiný druh měření nebo kontroly. Jako nedostatek rentgenových přístrojů se dá považovat pouze náročnější legislativa a bezpečnost. Ty jsou však profesionálním řešením eliminovány a není potřeba přístroj složitě přihlašovat nebo s ním pracovat v olověných vestách. Profesionálně odstíněný přístroj podléhá dle

vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně pouze ohlašovací povinnosti, protože je pro okolí minimálně škodlivý.

Problematickou částí pro široké používání rentgenů pro tuto oblast je v současné chvíli hlavně jejich vysoká cena. Tržně dostupná řešení v současné době začínají na cenových úrovních od jednoho do deseti milionů korun (podle kvality rozlišení a software). Pro některé menší podniky může být takto drahý přístroj nedostupný, a tak raději vynechají kontrolní proces. Produkt popisovaný v této práci by se však měl dostat s cenou až o 50% níže, čímž se stane dostupným pro mnohé podniky.

2.1.3 Charakteristika rentgenů v přístroji

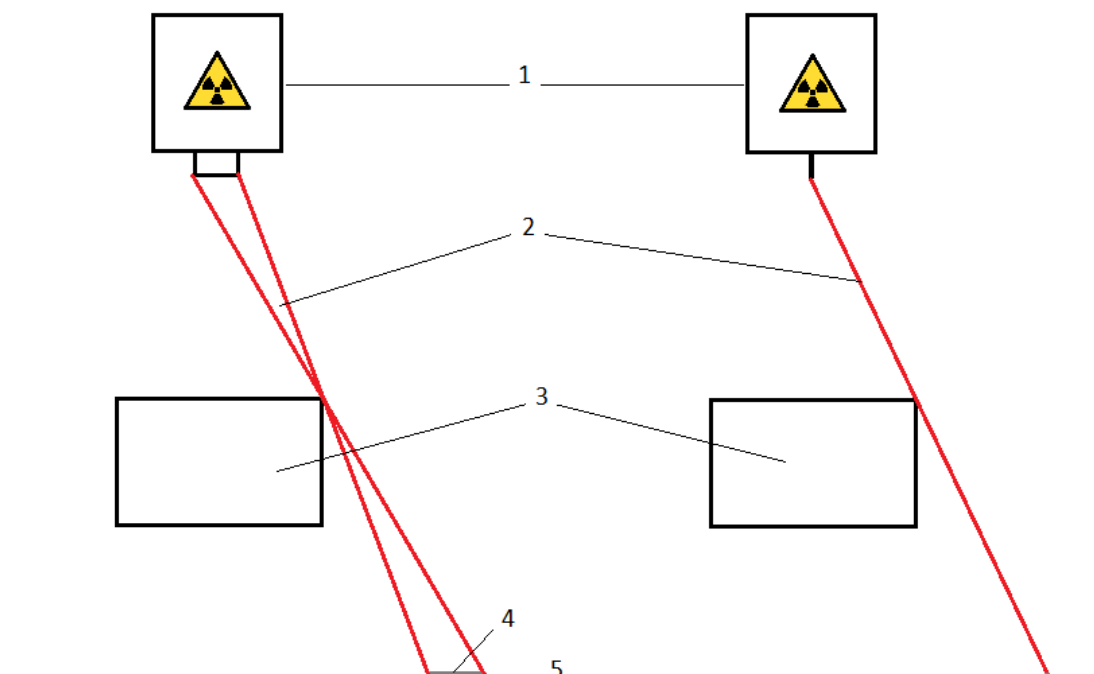
V oblasti rentgenů se udává několik základních parametrů, které informují o charakteristice RTG záření. Mezi ně patří hlavně anodové napětí na rentgence a proud rentgenkou. Tyto dvě hodnoty udávají intenzitu a energii záření. Anodové napětí na rentgence je v základní variantě přístroje nastavitelné v rozsahu od 20kV do 60kV. Maximální proud rentgenkou závisí i od nastaveného napětí na rentgence a pohybuje se v rozmezí 1mA (pro 20kV) – 250 μ A (pro 60kV). V produktové řadě společnosti jsou pak také přístroje s rentgenkou o maximálním anodovém napětí 120kV. Rentgenky se mohou ještě odlišovat podle velikosti ohniska.

Do přístroje bude možné instalovat jednu ze čtyř verzí zdroje záření.

1. RTG do 60kV bez malého ohniska
2. RTG do 60kV s malým ohniskem (micro-focus)
3. RTG do 120kV bez malého ohniska
4. RTG do 120kV s malým ohniskem (micro-focus)

Jednotlivé zdroje se od sebe odlišují rozdílnou energií záření a velikostí ohniska. Podle maximální energie záření je možné určit oblasti použití přístroje. Rentgen na vyšší napětí vyzařuje větší energii a je možné s ním prozářit i tvrdší materiály. Takovou energii je možné využít například pro kontrolu svárů tlustých materiálů. Nižší energie budou používány pro kontrolu kvality pájení, kontrolu prasklin v plastech či prozařování drobnějších předmětů. Faktor ohniska se zásadně promítá na rozlišení výsledného snímku. Snímek pořízený zdrojem s malým ohniskem (také nazývány micro-focus rentgenky) má mnohem menší rozostření snímku než snímek pořízený rentgenkou s běžným ohniskem. Jako rentgenky s malým ohniskem jsou označovány ty, jejichž ohnisko je o velikosti v řádu mikrometrů, často 5 μ m. Rentgenka

s běžným ohniskem má ohnisko o velikosti cca 0,5 mm, což je přibližně 100x větší, než u lepší rentgenky. Význam malého ohniska na rozostření snímku je znázorněn na **obrázku 9**.

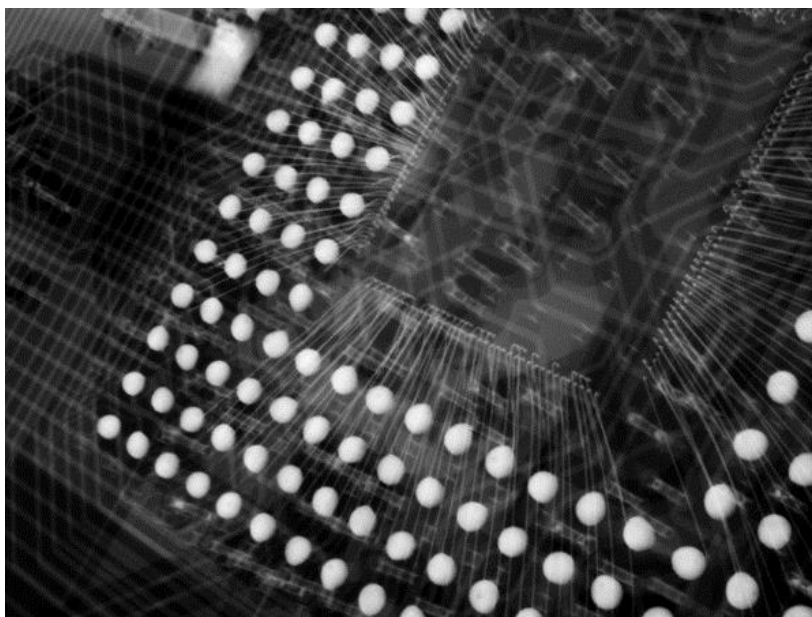


Obrázek 9 - Porovnání dopadu rozdílné velikosti ohniska (zdroj: vlastní)

Číslo na obrázku	Význam
1	Zdroj RTG záření – vpravo s malým ohniskem
2	Znázornění paprsků RTG záření
3	Zobrazovaný předmět
4	Plocha, kam se zobrazí jeden bod předmětu – důsledek geometrického rozostření
5	Stínítko

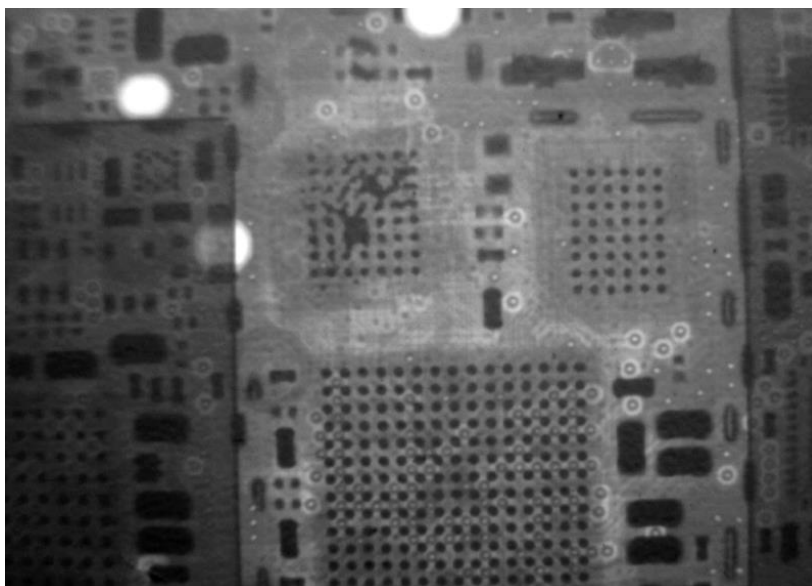
Tabulka 3 - Popis k obrázku 9 (zdroj: vlastní)

Při prozařování předmětu rentgenkou s malým ohniskem je zobrazovaný předmět minimálně rozostřený. S tímto zdrojem je možné maximálně využívat geometrického zvětšení. Přístroj s touto verzí rentgenky je však mnohem dražší. Kvalita snímků pořízených verzí s malým a běžným ohniskem je vidět na **obrázku 10** a **11**. Snímek na **obrázku 10** nebyl pořízen klasickým kolmým zobrazením, ale byl zachycen pod určitým úhlem – nejčastěji 45°. Díky tomu je možné vidět spoje částečně z profilu.



Obrázek 10 - Snímek - rentgenka s malým ohniskem (zdroj: rfsystemlab.com. 2014.)

Výhody, které plynou z použití rentgenky s malým ohniskem, jsou znatelné. Použitím malého ohniska jsou vidět mnohem větší detaily, jako například cesty vývodů u čipu. Velikost „vlákna“ na obrázku je ve skutečnosti pouze několik desítek mikrometrů. Takovéto rozlišení však nepotřebují všichni zákazníci. Pro kontrolu zapájení stačí i menší rozlišení. Snímek pořízený rentgenkou s běžným ohniskem je na **obrázku 11**. Na tomto obrázku je navíc vidět i chyba zapájení zjištěná rentgenovou kontrolou – na horním levém čipu jsou slité kuličky.



Obrázek 11 - Snímek z rentgenky s běžným ohniskem (zdroj: vlastní)

2.1.4 Bezpečnost přístroje

Na bezpečnost přístroje je možné pohlížet ze dvou úhlů. Prvním je bezpečnost RTG záření a druhým je elektrická bezpečnost. Ve spojení s rentgenem si většina lidí začne představovat něco nebezpečného a zdraví škodlivého. Proto je jednou z důležitých částí konstrukce přístroje také důraz na bezpečnost uživatelů proti ozáření RTG zářením.

Obava z RTG záření je však často přehnaná. Některé rentgeny vyzařují pouze slabé záření, které není nebezpečnější než záření dopadající z kosmu. Přehnaný strach z RTG záření může být způsoben nedostatečnou znalostí v této oblasti. RTG záření samo o sobě samozřejmě nebezpečné být může. Při dlouhodobějším působením na živé tkáně může způsobit až vznik nádoru. Dodržováním základních zásad používání rentgenů se však těmito situacím dá vyhnout. RTG záření je často zaměňováno s radioaktivitou a radioaktivními prvky. U obou se vyzařuje podobné spektrum vln, nicméně oproti radioaktivním látkám je z rentgenky vyzařováno pouze tehdy, je-li zapnutá = na rentgenku je připojeno napětí. Když je přístroj ve vypnutém stavu, záření neemituje a přístroj je stejně škodlivý, jako kterýkoliv jiný vypnutý spotřebič, například vypnutá televize. Když je přístroj zapnutý, intenzita záření klesá se čtvercem vzdálenosti. Navíc existují i materiály, ve kterých je záření výrazně utlumováno. Jako nejčastěji používaný ochranný materiál lze považovat olovo nebo železobeton. (ULLMANN V. 2014)

Pro přístroj bude k odstínění od záření používáno opláštění z olova. Při použití několika milimetrů olova se již nedostává z přístroje téměř žádné záření – všechno je pohlcováno olovem a kovovou konstrukcí.

V rámci zvýšení bezpečnosti jsou v přístroji zabudovány i některé ochranné prvky, aby nebylo možné zapnout rentgenku, pokud je otevřené víko přístroje. Maximální dávkový příkon ve vzdálenosti 10 cm od povrchu přístroje je menší než 1 $\mu\text{Sv/h}$, což odpovídá charakteristice drobného zářiče podle vyhlášky 307/2002 Sb. o radiační ochraně. Díky tomu bude přístroj podléhat pouze ohlašovací povinnosti z pohledu státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Protože přístroj používá k fungování elektrické napětí, je otázkou bezpečnosti i její vedení. Přístroj je sice napájený ze síťového napětí, nicméně hned z počátku se napětí transformuje na menší, které je bezpečné. Když se dodrží normy pro práci

s elektrickým napětím, je otázka elektrické bezpečnosti pouze formální. Na anodu rentgenky je přivedeno napětí až 60kV, které je z pohledu bezpečnosti významnější. Celá oblast, kde se toto vysoké napětí vyskytuje, je zalitá v pevném materiálu, který má dielektrickou pevnost okolo 20kV/mm. Při vhodném rozmístění jednotlivých komponent je bezpečnost i v této oblasti zajištěná. Na nádrž s rentgenkou se pak přivádí pouze nízké regulované napětí. I při neodborném zásahu by tak nemělo dojít k ohrožení na majetku nebo zdraví.

2.2 Popis přístroje

Samotný přístroj se skládá z několika hlavních částí, kterými jsou:

1. Mechanická konstrukce
2. Zdroj RTG záření
3. Zobrazovací a snímací systém
4. Mikroprocesorové řízení
5. Napájecí systém
6. Ostatní

2.2.1 Mechanická konstrukce

Celý přístroj je konstruován tak, aby byl ve své základní verzi snadno transportovatelný. Podle tohoto záměru je vyrobena i mechanická konstrukce. Přístroj je kvádrového tvaru se zhruba čtvercovým průřezem. Kvůli použitému stínění je však přístroj poměrně těžký. Při hmotnosti okolo 80kg už nejsou pro snadný transport považována pouze úchytná madla, proto jsou použita také kolečka a odklápěcí madlo. Přední a zadní kola mají různou velikost. Zadní kola jsou větší, a jsou pevně uchycena. Přední jsou menší, a mohou se otáčet také okolo svislé osy. Díky tomu lze s přístrojem jednoduše zatáčet. Madlo je vyklápěcí, a pokud není potřeba převážet přístroj, je v konstrukci zakomponováno tak, že nenarušuje eleganci přístroje. Odklopené madlo je na úrovni pasu a je možné za něj přístroj držet při převozu.

Vnitřní rozložení přístroje

Konstrukci je možné rozdělit na tři části. Zadní část přístroje obsahuje řídicí elektroniku, napájecí zdroje i zdroj RTG záření. V prostřední části je měřicí prostor, který je přístupný po odklopení víka. Přední část přístroje obsahuje zobrazovací a

snímací systém. Jednotlivé části jsou konstrukčně odděleny přepážkou. Přepážka oddělující RTG zdroj od měřicího prostoru je šroubovatelná, a po jejím odejmutí je možné namontovat nebo vyjmout RTG zdroj. Ta navíc kromě oddělení jednotlivých prostor utlumuje rozptýlené záření, které může způsobit snížení kvality pořízených snímků. K útlumu dochází díky použitému materiálu přepážky. Prostory pro snímací systém a měřicí prostor vzájemně odděluje přepážka s ochranným sklem a stínítkem. Na stínítku se neviditelné RTG záření změní na světelné paprsky, které je možné snímat opticky či polovodičovým CMOS snímačem. Součástí měřicího prostoru je také otočný stolek poháněný regulovatelným motorem. Stolek slouží k umístění zkoumaného předmětu. Výhodou otočného stolku je to, že je možnost otočit zkoumaný předmět pomocí řídicího programu, takže se při drobných posunech nemusí přístroj otvírat.

Vnější strana přístroje

Z vnější strany si přístroj zachovává jednoduchost, a je zbaven přebytečných ovládacích prvků. Přístroj se ovládá pouze jedním potenciometrem, kterým se reguluje napětí na rentgence. Napětí se pak zobrazuje na panelovém měřidle na panelu, kde jsou ještě umístěny signalizační LED diody. Ty signalizující zapnutí přístroje, připojení napětí na rentgenku a otevřené víko. Aby nedocházelo k provozování přístroje neoprávněnými osobami, je na ovládacím panelu i uzamykatelná spínací skříňka.

Ze zadní strany je panel pro připojení napájecího napětí pomocí kabelu. Stejným typem kabelu se připojuje například napájení do počítačů. Z této strany se také připojují kabely USB a je zde umístěn hlavní vypínač přístroje.

Odstínění

Mechanická konstrukce je vyrobena z ocelových plechů vyřezaných laserem na požadované rozměry. Nosná konstrukce je svařovaná, nalakovaná do jedné barvy. Boční stěny jsou lakovány na jinou barvu, a poté přišroubovány na nosnou konstrukci. Boční stěny jsou před montáží ještě opatřeny ochrannou vrstvou olova pro dostatečný útlum záření. Stejně tak i některé plochy nosné konstrukce jsou stíněny vrstvou olova.

2.2.2 Zdroj RTG záření

Zdroj záření se skládá z několika částí. Hlavní komponentou je samotná rentgenka. Na ni je z jedné strany připojeno napětí pro žhavení vlákna a z druhé strany připojeno vysoké napětí z VVN sestavy. Na vstup sestavy vede napětí několika kV,

kteře se znásobí až na 60kV. Veškeré komponenty jsou vzájemně propojeny a společně zalaty do polyuretanového izolačního materiálu. Na odlitý blok je ještě přišroubován chladič budiče, který musí být mimo odlitek.

Do přístroje se pak dává pouze odlitý blok, na který se připojí vstupní napětí pro rentgenku a měřidlo napětí na rentgence. V odlitku je okénko z rentgenky, kudy vychází paprsek RTG záření a připojovací konektor na připojení veškeré kabeláže.

2.2.3 Zobrazovací a snímací systém

Po projití záření předmětem je třeba zaznamenávat útlum záření vzniklý materiálem. Každý materiál má trochu jiné vlastnosti a trochu jinak utlumuje záření. Proto se při různém anodovém napětí různě odlišují jednotlivé materiály zkoumaného předmětu. Největší útlum mají těžké kovy (např. olovo). Nejmenší pak plasty, měkké materiály či tkáň. (DRASTICH, A. 2004.)

Zobrazovací systém je řešen vhodnou fluorescenční fólií, která je těsně přichycena na olovnaté sklo. Na fólii se dopadem paprsků zobrazí obraz struktury útluhu, který je vidět skrz sklo. Sklo zbývající rentgenové paprsky utlumí a za něj se dostane již pouze malá dávka záření. Odstínění sklem je vhodné zejména z důvodu životnosti snímacího systému. Větší dávka záření může způsobit poškození polovodičového snímače a tak vypalovat jednotlivé obrazové body. Ve finální fázi je obraz snímán průmyslovým snímačem o rozlišení 10Mpx.

2.2.4 Mikroprocesorové řízení

Aby bylo možné přístroj provozovat a ovládat přes počítač, je jeho důležitou částí mikroprocesorové řízení. Jedná se vlastně o osazenou elektronickou desku, která má řadu vstupů a výstupů. Veškeré vstupy a výstupy jsou rozděleny podle konektorů, kam se připojují. Deska navíc sdružuje a propojuje i takové komponenty, které nemusí být přímo řízeny mikroprocesorem. Například panelové měřidlo by mohlo být propojeno přímo na zdroj RTG záření. Kvůli jasnosti cest vodičů je i měřidlo, se všemi ostatními komponenty na ovládacím panelu, zapojeno na centrální procesorovou desku.

Řídící deska má v sobě zakomponován USB konektor, kterým je možné připojit počítač a přístroj ovládat. Připojení vysokého napětí na rentgenku je možné realizovat pouze přes řídicí SW v počítači. Regulace napětí na rentgence však zatím

není prováděna programově, ale přímou regulací zdroje, proto ji není možné nastavovat přes program, ale jen na přístroji.

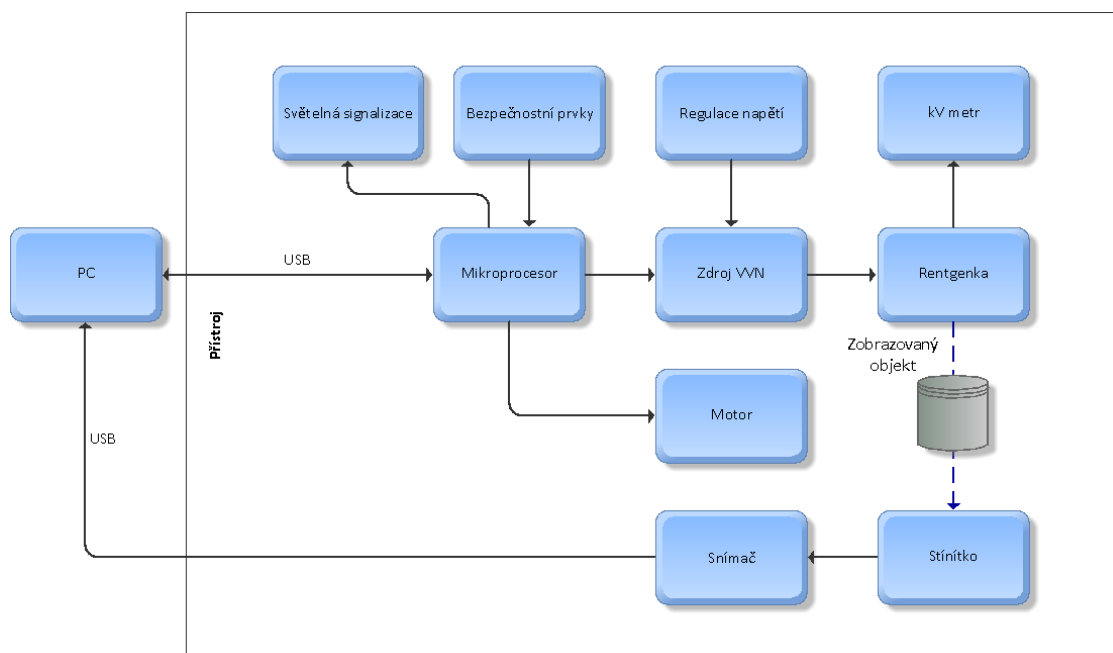
2.2.5 Napájecí systém

V přístroji je rozvedeno několik napájecích větví. Hned za vstupním síťovým napětím je umístěn zdroj, který je již od výrobce certifikovaný pro použití se síťovým napětím. Z něj je napájený vlastní zdroj, který má více výstupních napětí, potřebných pro celý přístroj. Napájet v přístroji jsou potřeba větve:

- Řídící mikroprocesor
- Ostatní napájení řídicí desky
- Žhavicí vlákno
- Budič VN pro rentgenku
- Motor

V zásadě je na celém napájení přístroje klíčový vlastní zdroj, který byl navržen pro tento účel. Na výstupu zdroje jsou všechny potřebné úrovně napětí pro přístroj. Zdroj vypadá na první pohled jako trochu větší počítačový. Je v něm ale umístěna jiná elektronika, a plechový box je také vyrobený přímo pro tento účel. Na výstupní straně zdroje je konektor, kterým se propojuje zdroj s mikroprocesorovou deskou.

2.3 Blokové schéma přístroje



Obrázek 12 - Blokové schéma přístroje (zdroj: vlastní)

Blokové schéma zobrazuje nejdůležitější součásti přístroje. Jak bylo zmíněno, celý přístroj je řízen mikroprocesorem. Ten dostává příkazy z počítače připojeného k přístroji pomocí USB portu. Mikroprocesor se dále stará o ověření, zda jsou všechny bezpečnostní prvky ve správné pozici, signalizuje pomocí LED diod stav přístroje, ovládá motorek podstavce a připojuje napětí na rentgenku. Pomocí potenciometru je možné na přístroji nastavovat rozsah vysokého napětí na rentgence. Velikost napětí je možné sledovat na panelovém měřidle, které je zapojeno do zpětné vazby vysokonapěťového zdroje. Rentgenka prosvěcuje předmět umístěný na otočném podstavci a zobrazuje jej na stínítku. Stínítko je snímáno snímačem, který je propojen s počítačem. Obraz ze snímače je zobrazen v programu k přístroji. Přístroj je napájený ze síťového napětí. Podle typu zákazníka je možné vyrobit přístroj napájený z 230V pro evropský trh nebo 110 V pro USA. Odlišnost je pouze v instalovaném, respektive objednaném zdroji. Síťové napětí je hned na začátku přístroje transformováno na menší napětí, které napájí jednotlivé komponenty v přístroji. Používá se několik úrovní napětí, a sice 5V, 12V a 24V. Vzhledem k používání nižších napájecích napětí v přístroji ho bude možné upravit i pro napájení z akumulátorů, případně z automobilu.

2.4 Kusovník přístroje

Kusovník přístroje je důležitým vstupem pro plánování nákupu. Je rozdělen na jednotlivé skupiny podle výrobních oblastí. Kusovník je většinou neměnný a jeho optimalizace se projeví nejen na ceně, ale i na kvalitě výstupu. (TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. 2007.)

Soupis pořizovaného materiálu, ze kterého se přístroj skládá, je uveden v **tabulce 4**. Náklady na jednotlivé položky v kusovníku jsou uvedeny v příloze.

Pozice	Popis
1	Mechanická konstrukce
1.1	Kovová konstrukce
1.2	Stínící olovo
1.3	Spojovací materiál
1.4	Otočný stolek
1.5	Stínítko
2	Hlavní zdroj
2.1	Plošný spoj
2.2	Elektronické součástky
2.3	Krabička

2.4	Síťový zdroj
3	Regulátor žhavení
3.1	Plošný spoj
3.2	Součástky
4	Snímač
5	Řídící deska
5.1	Plošný spoj
5.2	Součástky
6	Zdroj záření
6.1	VVN nádrž
6.1.1	Součástky
6.1.2	Odlévací box
6.1.3	Stínící fólie
6.1.4	PU hmota
6.1.5	Propojovací kabely
6.1.6	Rentgenka
6.1.7	Chladič
6.1.8	Konektory
6.1.9	Stínící olovo
6.2	VN budič
6.2.1	Plošný spoj
6.2.2	Součástky
6.2.3	Chladič
6.2.4	Spojovací materiál
7	Kabeláž
7.1	Kabely
7.2	Konektory
8	Měřicí, indikační a bezpečnostní prvky
8.1	Plošný spoj pro LED
8.2	Plošný spoj pro měřicí přístroj
8.3	LED diody
8.4	Měřicí přístroj

Tabulka 4 - Kusovník přístroje (zdroj: vlastní)

2.5 Technologický postup

Z technologického postupu se vychází při návrhu výrobního procesu, aby činnosti navazovaly tak, jak z technologického hlediska mají. Z technologických postupů se vychází také při stanovování kapacit výroby a přímých výrobních nákladů, protože zahrnují časy jednotlivých operací. (VEJDĚLEK, J. 1998.)

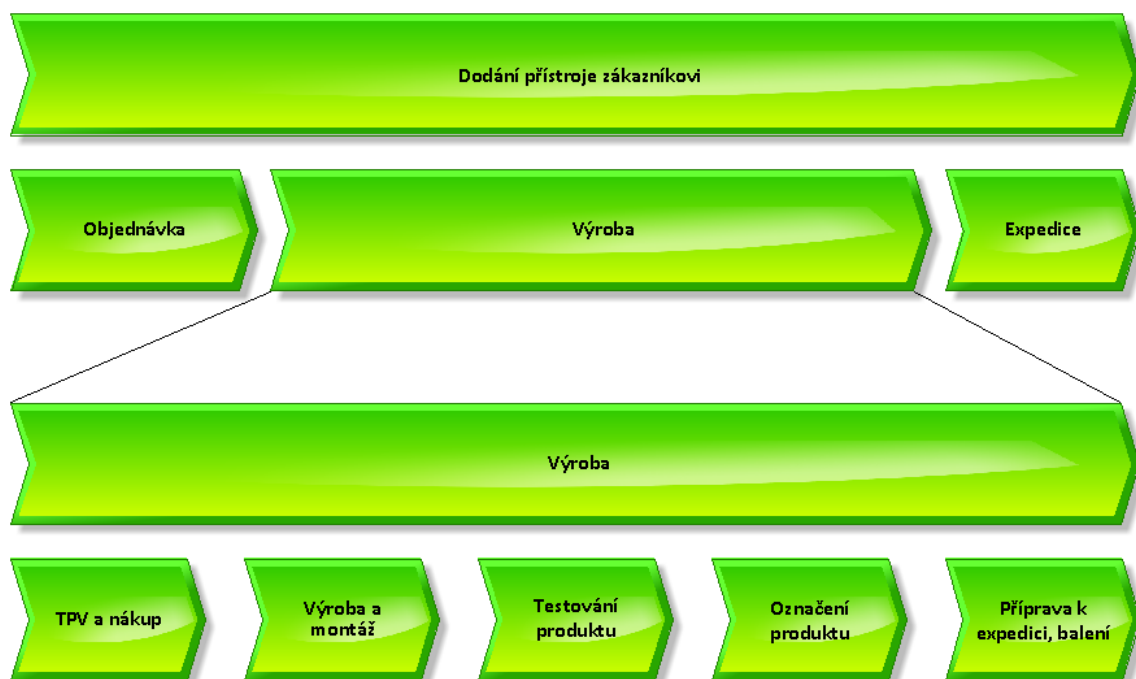
Technologické postupy se stanovenými časy operací a náklady na činnosti jsou uvedeny v příloze práce. Technologický postup je sestaven k operacím:

- Výroba hlavního zdroje
- Výroba regulátoru žhavení
- Výroba řídicí desky
- Výroba VVN nádrže a VN budiče
- Výroba kabeláže
- Příprava snímače
- Příprava mechanické konstrukce
- Montáž
- Kontrola
- Balení

2.6 Podnikové procesy

Nastavení výrobního procesu pro výrobu je klíčové pro rychlé obslužení zákazníka, za co nejefektivnějšího využití zdrojů. Nejdůležitějšími procesy v podniku jsou vždy ty, ze kterých vznikají podniku tržby. Jsou to procesy, kterými se obsluhuje zákazník. Podle typu podniku má tento proces různý průběh. Vzhledem k tomu, že se jedná o výrobní podnik, jsou procesy spojené s obsluhou zákazníka úzce provázány s výrobou. Oproti podnikům vyrábějícím zboží na sklad, je v tomto podniku výrobní proces mnohem výrazněji provázán se samotnou obsluhou zákazníka. (ŘEPA, V. 2012.)

V podniku by se dal proces obsluhy zákazníka rozdělit na tři části. Jedná se o objednávkový proces, výrobní proces a proces expedice. Výrobní proces je dále možné rozložit na pět fází. Vizualizace hlavních procesů v rámci podniku je znázorněn na **obrázku 13**.



Obrázek 13 - Znáznornění procesů (zdroj: vlastní)

V rámci návrhu procesu je pozornost soustředěna na samotnou výrobu produktu. Spouštěčem výrobního procesu bude závazná objednávka zákazníka a výstupem procesu bude zabalený přístroj připravený k expedici.

Cílem této kapitoly je popsat proces obsluhy zákazníka a definovat jeho klíčové součásti. Procesy však nebudou v této kapitole rozepsány zcela do detailů, zde se jedná hlavně o identifikaci hlavních částí procesu.

2.6.1 Objednávka

Objednávkový proces je počáteční fáze obsluhy zákazníka a dodání přístroje. Proces objednávky začíná prvním spojením zákazníka se společností. Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně drahé zařízení, které navíc používá pouze užší spektrum zákazníků, je třeba pečovat i o potenciální zákazníky a udržovat s nimi kontakt. Při prvním kontaktu se zjišťují informace ohledně oboru zákazníka a potenciální možnosti využití přístroje. Po představení přístroje a podání veškerých informací se dohodne individuální prodejní prezentace, kde se již zjišťuje reálný zájem zákazníka. Je-li zájem ze strany zákazníka o tento přístroj zřejmý, obchodní zástupce společně se zákazníkem sepíše konkrétní požadavky na přístroj a zpracuje nabídku. Přístroj má několik možností úpravy, a proto je velmi důležité tento krok nepodcenit a zajistit co nejoptimálnější parametry přístroje pro zákazníka. Přístroj se v základní variantě nabízí s několika

druhy rentgenek a s různým systémem pozorování snímků. Další možná individuální úprava, bude úprava mechanické konstrukce.

Pokud si zákazník vybere rozměrovou variantu přístroje, která je ve standardní nabídce, je výroba rychlejší. Navíc bude znát okamžitě výslednou cenu přístroje a nemusí čekat na individuální nabídku. Pokud požaduje větší měřicí prostor, je třeba ještě v rámci objednávkového procesu nechat úpravu zhodnotit konstruktérem a vytvořit nabídku na individuální úpravu produktu s finální cenou. Individuální úprava prodlouží objednávkový proces i samotnou výrobu.

Úprava mechanické konstrukce

Již od vývoje byl přístroj navrhován tak, aby byl řešen co nejvíce modulárně. Z toho konceptu čerpá výhody při zákaznických úpravách. Přístroj se bude vyrábět v základu ve dvou mechanických velikostech. Případná úprava mechanické konstrukce by spočívala ve změně měřicího prostoru. Podle požadavků na rozměry vnitřního prostoru se dopočítají ostatní rozměry, potřebné pro výrobu. Individuální úprava mechanické konstrukce prodlouží dodání přístroje o dobu, než konstruktér vytvoří modifikované výkresy přístroje a o dobu nového nastavení na výrobních linkách v dodavatelském podniku. I pro dodavatelský podnik je snadnější dodávat pokaždé stejné rozměry, proto se případné změny projeví i na čase dodání mechanické konstrukce od dodavatele. Všechny varianty, které se budou provádět na přístroji, budou archivovány pro další použití. Takto upravené varianty se mohou zařadit do katalogu přístrojů, a může být díky zákaznické úpravě vytvořena nová rozměrová varianta.

Zdroje RTG záření

Do přístroje bude možné instalovat jednu ze čtyř variant zdroje záření. Zdroje se od sebe odlišují v maximálním anodovém napětí a ve velikosti ohniska (GE M&C, 2014.).

Varianty parametrů zdroje záření jsou následující:

1. RTG do 60kV bez malého ohniska
2. RTG do 60kV s malým ohniskem (micro-focus)
3. RTG do 120kV bez malého ohniska
4. RTG do 120kV s malým ohniskem (micro-focus)

Vzhledem k předběžné analýze trhu budou hlavní instalované zdroje 60kV bez malého ohniska. Přístroje s touto rentgenkou budou vhodné pro běžné kontroly. Jejich cena však bude oproti ostatním výrazně nižší. Výkonné 120kV zdroje záření budou spíše doplňkovým zdrojem, protože jsou určeny pro specifické použití.

Zobrazovací systém

Poslední možnost úpravy získává zákazník ve variantnosti zobrazovacího systému. U tohoto přístroje se jedná o dvě možnosti zobrazování. První je zmíněná metoda stínítka, které je opticky snímáno. Druhou variantou je použití CCD snímače, který pro zobrazení útlumu stínítka nepotřebuje. Záření dopadá přímo na snímač, který díky své technologii zvládne snímat útlum přímo. S CCD snímačem je možné dosáhnout mnohem vyšší kvality snímků, protože rozlišení snímku je většinou omezeno rozlišením stínítka. CCD snímač bude nejčastěji používán v kombinaci s micro-focus rentgenkou. S touto kombinací je možné získat kvalitu snímku s rozlišením několika mikrometrů.

2.6.2 Výroba

Výrobní proces lze v jeho základní analýze rozdělit na pět částí:

- Technická příprava výroby (TPV) a nákup
- Výroba a montáž přístroje
- Testování přístroje
- Označení přístroje
- Příprava k expedici, balení

Technická příprava výroby a nákup

Technická příprava výroby a nákup vychází z objednávkového procesu. Podle požadavků zákazníka musí být také nakupovány komponenty. Objednávky jednotlivých dílů se ještě rozlišují podle toho, jestli se nakupují po jednom kuse nebo ve větším množství. Například mechanická konstrukce nebo snímací systém se nakupuje až na požadovaný kus, naopak drobné elektronické součástky se pořizují po větších baleních. V rámci nákupu a přípravy se zajišťuje, aby byly požadované komponenty připraveny ve správný čas. Tento proces je spojený s komunikací s dodavateli a kontrolou jejich plnění. Pro správnou návaznost *výroby a montáže* je potřeba, aby byl tento proces

důsledně dodržen. Jeho součástí je také ověření aktuální skladové dostupnosti komponent nakupovaných na sklad. (JUROVÁ, M. 2013.)

V případě nedostatečného množství na skladě je vytvořena objednávka. Kontrolu potřebných komponent a dílů ve větších podnicích kontroluje automaticky ERP systém. (MONEY, 2014.)

V podniku měl být ve spolupráci s partnery implementován ERP systém. Kvůli vzniklým komplikacím však k implementaci nedošlo a společnost tím pádem nemá možnost ERP systém využívat. První rok výroby tak musí zvládnout pouze za pomoci běžně dostupného software, kterým jsou zejména tabulkové editory či účetnický software se skladovým hospodářstvím. Toto řešení je dočasné, nicméně pro menší výrobu by mělo být zvládnutelné. V druhém roce by měl být pořízen alespoň základní ERP systém, čímž se zjednoduší proces opatřování komponent.

Součástí této výrobní fáze je i příprava a rozplánování práce. Protože se výroba zahajuje v závislosti na poptávce, není možné dlouho dopředu naplánovat celou výrobu, ale s příchodem objednávky ji zpracovat do současného vytížení. Výroba konkrétního kusu přístroje se zaplňuje s přesnými termíny zahájení i ukončení činností, z čehož vyplyne termín dokončení výroby přístroje. Plánování výroby je bez implementovaného ERP systému také náročnější, protože se musí více věcí kontrolovat ručně. S implementovaným ERP systémem bude plánování výroby probíhat mnohem více automatizovaně a jednodušeji.

Výroba a montáž přístroje

Výroba a montáž je nejobsáhlejším procesem v podniku. Výrobu přístroje je možné rozdělit na 5 částí – hlavní zdroj, regulátor žhavení, řídicí desku, zdroj RTG záření, kabeláž. Výroba elektroniky probíhá vlastními silami s ručním osazováním. Výroba plošných spojů k osazení je vyráběna externí společností, stejně jako mechanická konstrukce. Jediný plošný spoj, který je v podniku vyráběn svépomocí je pro budič VN.

Testování přístroje

Po dokončení přístroje je každý kus podroben testování funkčnosti. I když jsou dílčí kontroly prováděny v průběhu výrobního procesu, je na závěr provedena kontrola jako celku. Přístroj je vystaven reálným podmínkám. Připojí se k počítači bez ovladačů,

provede se instalace a přes program se ověří funkčnost jednotlivých prvků. Proveďte se také test přesnosti a kvality snímků pomocí přesných fantomů.

Označení přístroje

Protože na přístroji bude docházet k průběžnému inovování, bude potřeba někde evidovat informace o jednotlivých verzích produktů u konkrétních zákazníků. Proto by měl produkty v průběhu výroby doprovázet formulář, do kterého se budou vypisovat informace o verzích jednotlivých komponent v přístroji. Formulář by měl sloužit i jako záznamový arch z finální kontroly přístroje. Každý vyrobený přístroj bude mít tento interní formulář, kde se informace o verzích přiřadí podle výrobního čísla produktu. Uchováván bude jak v papírové, tak v elektronické formě. V rámci procesu označování musí být přístroj opatřen veškerými označovacími symboly a výrobním štítkem.

Příprava k expedici a balení

Vyroběný, zkontrolovaný a označený produkt je již připraven pro provoz u zákazníka. Nyní je ještě třeba ho připravit k transportu. Na přístroj je ochranný a převozní box navržen na míru, aby v něm byl přístroj dostatečně zafixovaný. Uvnitř přístroje je zafixovaný stolek proti posunu a výplňový materiál. K přístroji jsou také dodány veškeré informační materiály, kabely, instalační CD a podklady k přihlášení přístroje na SÚJB.

2.6.3 Expedice

Přístroj se bude zákazníkovi přepravovat prostřednictvím nasmlouvané přepravní společnosti. K zákazníkovi bude jezdit také obchodní zástupce, který přístroj představí a zaučí obsluhu.

3 Návrhová část

3.1 Popis aktuálního stavu

3.1.1 Připravenost produktu

Představovaný produkt je v současné chvíli ve fázi dokončeného prototypu. Produkt bude po doplnění posledních detailů zařazen do výrobního programu. Pro správné naplánování výroby je potřeba sestavit výrobní proces a určit jednotlivé činnosti v něm. Produkt je však poměrně složitý, proto bude návrh výrobního procesu rozdělen do několika částí. Po nastavení výrobního procesu bude vyroben první finální kus, který půjde na odborné testování a certifikace.

3.1.2 Popis společnosti

Přístroj je produktem mladé, dynamicky se rozvíjející vývojové společnosti, která se specializuje na vývoj produktů využívajících RTG záření. Současný tým společnosti tvoří kromě dvoučlenného vedení také vývojáři elektroniky, programátor počítačových aplikací, webový programátor, konstruktér a několik operativních pracovníků. Společnost spolupracuje především s talentovanými a nadšenými studenty, kteří ovšem nemají stejné časové možnosti, jako stálí zaměstnanci. V současné době je provoz společnosti koncipován hlavně pro vývoj. Ve vybavení jsou základní potřeby pro ruční pájení a výrobu prototypových plošných spojů, měřicí přístroje nebo generátory funkcí. Vybavení je však již nějakou dobu používáno.

Společně se zahájením výroby společnost bude pořizovat vybavení pro výrobu i vývoj, a bude potřeba rozšířit dosavadní prostory. Další, co bude pro zahájení výroby potřeba udělat, je najmutí pracovníků. V současné době totiž společnost nemá dostatečné množství výrobních a montážních pracovníků.

Společnost pro svůj provoz doposud nevyužívala žádný komplexnější informační systém a její provoz je organizován pouze za pomoci účetního systému Money S3 a základních kancelářských programů. Tento způsob ještě nějakou dobu zůstane, v horizontu dvou let by však měl být implementován některý pokročilejší systém.

3.1.3 Konkurence a plánovaný rozsah výroby

V současné době je na trhu několik přístrojů, které lze použít pro průmyslovou defektoskopii. Většinou se jedná o tzv. micro CT, které dokáží pořizovat RTG a CT snímky různých objektů ve vysokém rozlišení. Pro uživatele, kteří potřebují provádět měření s vysokou přesností, jsou tyto přístroje jasnou volbou. Kvůli neustále se vyvíjející technologii výroby se již některé postupy, vyžadující kontrolu defektoskopií, rozmáhají i do menších podniků. Ty si však drahá a přesná micro CT nemohou dovolit. Nutno podotknout, že pro většinu základních typů kontrol stačí nižší rozlišení, než má micro CT. Trh pro tento přístroj se tedy skládá z velkého množství menších firem, kterým stačí i menší rozlišení. Díky snížení rozlišení je možné přístroj sestavit pomocí jednodušších detekčních technologií, než je tomu u micro CT. To stejné platí i u software. Je samozřejmě velmi pěkné, když software k přístroji umí vše. Nicméně většina lidí potřebuje jen omezený soubor funkcí, a až s časem případně přichází potřeba využívat další funkce. Z toho důvodu je zde volena strategie postupného rozšiřování funkcionalit software dle přání zákazníků. Pokud bude někdo například potřebovat nové analytické funkce, může mu softwarové oddělení vytvořit zásuvný modul aplikace, kterým si funkci doplní. V případě, že funkce nepotřebuje, koupí si jen základ.

Porovnáním přístrojů s vyšším rozlišením a dle informací od potenciálních zákazníků byl odhadnut odbyt cca 200 ks přístroje ročně, na který se bude plánovat výroba. Konkrétní rozsah výroby se však bude odvíjet od samotné poptávky.

3.2 Business strategie podniku

Společnost je zatím malá a na trhu nemá své místo. Rentgenový přístroj je prvním produktem, kterým se společnost bude prezentovat. Společnost však nezůstane pouze u jednoho přístroje a s postupem času bude své produktové portfolio rozšiřovat. Společnost volí strategii cenového vůdce (cost leadership), protože v této kategorii přístrojů téměř neexistují společnosti soustředující se na nízké ceny. Přitom existuje řada malých firem, které vyhledávají právě tato řešení a drahé přístroje si nemohou dovolit. Výroba bude spíše zakázkového charakteru, protože si zákazník bude moct přístroj přizpůsobit podle potřeby. Společnost chce také budovat kvalitnější technické vzdělání pro mladé, kteří se z různých důvodů s praxí setkají jen obtížně.

Z dlouhodobějšího hlediska bude společnost také usilovat o zavedení kvalitního informačního systému a certifikaci dle standardů ISO 9001.

V první fázi zahájení výroby se vyrobí 5 kusů přístroje pro prezentační účely, dlouhodobější testy a certifikaci. V průběhu prvních třech měsíců je očekáván odbyt prostřednictvím distributorů a vlastních prodejí do 10 kusů měsíčně, přičemž maximální výroba je plánovaná na 200ks ročně.

Celkový maximální prodej zařízení je odhadován až na 500 ks ročně v průběhu dalších 5 let. Výroba ve větším rozsahu však bude vyžadovat reengineering výrobních procesů a výraznější zapojení automatizované výroby. Již od výroby 360 ks ročně má dle propočtu v příloze význam nechávat automaticky osazovat desky v přístroji.

3.3 Výrobní strategie podniku

V rámci stanovení výrobní strategie podniku je potřeba určit stanoviska pro hlavní oblasti výroby (KERKOVSKÝ M. 2009.):

- Výrobní program
- Kvalita a zařízení
- Plánování a řízení výroby
- Řízení jakosti
- Řízení zásob
- Pracovní síla
- Organizace

3.3.1 Výrobní program

Nyní je v programu pouze jeden produkt, který je však variabilní podle požadavků zákazníka. Jedná se o velké přístroje, které jsou vyráběny až na základě objednávky zákazníka. Produkt je navržen modulovým systémem, takže si zákazník může zvolit individuální parametry podle svých požadavků na funkce a přesnost.

3.3.2 Kvalita a zařízení

Společnost chce vyrábět jakostní a bezporuchové produkty při zachování nízkých cen. Vzhledem k tomu, že se jedná o výrazně levnější přístroje, určené spíše menším podnikům, jsou určité drobné odchylky tolerovány.

3.3.3 Plánování a řízení výroby

Protože má zákazník možnost individuálních úprav produktu, je výroba plánovaná na základě typového reprezentantu. Většina činností je v případě odlišných variant stejná, liší se pouze materiálové vstupy do výroby. V případě individuálních úprav konstrukce je třeba navíc zapojit konstruktéra.

Výroba je řízena tlakovým systémem. Počátek výroby je definován přijetím objednávky s požadovanou specifikací produktu. Pro každé pracoviště je po přijetí objednávky sestavena materiálová kalkulace, jsou prověřeny kapacity a stanoveny termíny zahájení a dokončení mezifází.

Vyráběné přístroje budou mít od počátku jasného konkrétního zákazníka, který přístroj odebere. Systém výroby je tedy „Make to Order“. Díky tomu nebude potřeba velký sklad pro hotové výrobky, protože se prakticky ihned budou odesílat zákazníkovi.

Výroba elektronických desek bude osazována v rámci podniku. Výpočet výhodnosti osazování desek externě je uvedena v příloze. V **tabulce 5** je uveden přehled, které desky se vyplatí osazovat externě a v jakém množství.

Osazovaná DPS	Roční objem
Hlavní zdroj	320
Regulátor žhavení	300
Řídicí deska	400
VN budič	480

Tabulka 5- Osazované desky a objemy k zavedení osazování automaty (zdroj: vlastní)

3.3.4 Řízení jakosti

V rámci dosahování co nejvyšší kvality výrobků jsou v podniku zapojeny některé aktivity, které mají za cíl zvyšovat jakost produktu. V rámci jakosti však nejsou v této kapitole popsány všechny postupy, které jsou v podniku implementovány. Zaměření je pouze na oblast výroby, případně nákupu.

Vzhledem k tomu, že je potřeba nastavit výrobní proces, je možné do něj implementovat také různé postupy, díky kterým bude možné kontrolovat výrobu a řídit jakost výroby. Aby bylo možné zajistit jakost výsledného produktu, musí být jakostní i vstupy do výroby. Toho lze dosáhnout volbou kvalitních dodavatelé, kteří mají také zavedený určitý jakostní standard, a dá se na ně spolehnout. Elektrotechnika má navíc velké množství druhů součástek, které vypadají podobně. Proto je výběr dodavatele elektronických součástek klíčový. Špatné označení některé součástky by mohlo

způsobit nefunkčnost některé osazované desky a tím i nejakost produktu. Volba dodavatelů ostatních součástí je také důležitá kvůli zajištění včasných a bezchybných dodávek a kvalitních výrobků. Záznamy o dodávkách a kontrolách budou zaznamenávány do databáze a následně vyhodnocovány.

V průběhu výroby by měla být z počátku výraznější kontrola vyrobených komponent. Jednotlivé kroky se budou kontrolovat, zda proběhly správně a výstup splňuje požadavky. Každá z vyráběných komponent bude mít své výrobní číslo a informace z výroby a testování. V databázi by mělo být evidované, který pracovník na přístroji pracoval a v případě zjištění pozdějších chyb bude možné dohledat, kdo za nejakost nese odpovědnost. Díky tomu bude možné vytvořit rodokmen přístroje, ze kterého bude evidentní, kteří pracovníci přístroj sestavovali a jaké výsledky měly kontroly přístroje. Za kontroly na přístroji a případné opravy odpovídají vždy zkušenější pracovníci (vývojáři), kteří jsou však pro podnik nákladnější. V případě, že se některé průběžné kontroly zjeví jako přebytné, je možné je svěřit do odpovědnosti výrobním pracovníkům nebo je úplně vyřadit z procesu.

3.3.5 Řízení zásob

Zásoby budou v podniku řízeny kombinací dvou způsobů. Běžné součástky se pro elektroniku nevyplatí nakupovat po jednotlivých kusech přímo na přístroj. Jedná se navíc o poměrně drobné položky, a s poskytovanými množstevními slevami se dá dostat až na 60% nákupní ceny oproti ceně při jednom kuse. Proto budou součástky nakupovány po více kusech. V případě jejich nedostatku se objednávají a do druhého dne dorazí do společnosti.

Ostatní položky je však lepší nakupovat až na základě požadavku na výrobu, a spíše zásoby řídit některou z moderních metod dodávání v požadovaném čase. Možné metody řízení jsou uvedeny v *kapitole 1.3*. Například snímač, zdroj záření nebo mechanická konstrukce jsou objednávány až na základě požadavků zákazníka.

Klíčovými jsou pro řízení zásob dodavatelé, kteří jsou voleni na základě kvality poskytovaných služeb, pružnosti reakce, rychlosti dodání a ceny. Bude spíše snaha budovat dlouhodobější vztahy s dodavateli než přecházet mezi nimi podle aktuálně nižší ceny.

3.3.6 Pracovní síla

Společnost při svých dosavadních aktivitách významně spolupracuje se studenty technických škol. Kooperace se studenty by měla být rozšiřována i do budoucna. Společnost chce rozvíjet i další spolupráci s akademickou sférou a poskytovat různé praktické stáže. Členové týmu budou podporováni v dalším vzdělání a pomocí stáží budou moct své znalosti dále předávat mladším generacím.

3.3.7 Organizace

Společnost je ještě malá, takže organizační struktura je plochá. Společnost je řízena mladými lidmi a mladé lidi chce také do vlastních řad, protože jsou nejlepším zdrojem kreativních nápadů. Společnost však externě spolupracuje i s několika senior vývojáři, se kterými je možné návrhy konzultovat. Díky tomu se vývoj neustále zdokonaluje.

3.4 Pracoviště

Výroba produktu bude probíhat na několika pracovištích. Včetně zázemí budou v podniku založena následující pracoviště:

Číslo pracoviště	Pracoviště	Počet pracovišť
1	Vedení	1
2	Administrativní pracoviště	2
3	Elektrotechnické pracoviště	3
4	Montážní pracoviště	3
5	Kontrolní pracoviště	1
6	Nákup	1
7	Sklad	1
8	Vývojový sklad	1
9	Vývojové pracoviště	2
10	Konstrukce	1
11	Stíněný prostor	1
12	Pec	1
13	Výroba DPS	1

Tabulka 6 - Přehled podnikových pracovišť (zdroj: vlastní)

Každé pracoviště je vybaveno podle konkrétních požadavků. Náklady na vybavení pracovišť jsou uvedeny v příloze práce. Jedním z nejnákladnějších pracovišť je stíněný prostor, kde je možné testovat otevřené RTG zdroje bez obavy z ozáření.

Dalším drahým pracovištěm je kontrolní, kde je potřeba speciální měřicí přístroj pro kontrolu dávkového příkonu. Třetím nejdražším pracovištěm je vývojové, pro které je potřeba pořídit široké spektrum přístrojů.

3.5 Stanovení počtu pracovníků

Následující *tabulka 7* obsahuje přehled o potřebných pracovnících pro zajištění výroby. Pracovníci jsou rozděleni na dvě skupiny – Režijní pracovníci a výrobní pracovníci. Režijní pracovníci jsou zaměstnáváni a hrazení podnikem v každém případě. Výrobní pracovníci jsou hrazení od výkonu a platí se jim za odvedenou práci. Počet výrobních pracovníků tak neznamená počet plných úvazků, ale počet dostupných pracovníků, použitelných na výrobu. Výrobních pracovníků je možné mít více a podle časových možností je kombinovat. Díky tomu se může jednat např. i o studenty na DPP. S náklady na výrobní pracovníky se pak počítá jako s přímými náklady na výrobu v rámci variabilních nákladů produktu.

Mzdy režijních pracovníků	Náklady zaměstnavatele na úvazek	Počet pracovníků - úvazků	Roční náklady celkem
CEO	67 000 Kč	1	804 000 Kč
CFO	67 000 Kč	1	804 000 Kč
Elektrotechnik - vývojář VN	40 200 Kč	1	482 400 Kč
Elektrotechnik - vývojář	40 200 Kč	2	964 800 Kč
Vývojář SW	40 200 Kč	1	482 400 Kč
Konstruktor	40 200 Kč	0,8	385 920 Kč
Nákupčí	29 480 Kč	0,8	283 008 Kč
Skladník	21 440 Kč	1	257 280 Kč
Marketingový pracovník	33 500 Kč	1	402 000 Kč
Obchodní zástupce	46 900 Kč	2,5	1 407 000 Kč
Administrativní pracovník	29 480 Kč	1	353 760 Kč
Účetní	29 480 Kč	0,5	176 880 Kč
Celkem režijní pracovníci		13,6	6 803 448 Kč
Mzdy výrobních pracovníků – hrazení dle odvedené práce		Počet pracovníků	
Elektrotechnik		2	
Elektrotechnik VN		1	
Montážní pracovník		3	
Kontrolní pracovník		1	

Tabulka 7 - Přehled pracovníků (zdroj: vlastní)

3.6 Stanovení směnnosti

Více než jeden pracovník je potřeba pouze na elektrotechnickém a montážním pracovišti. Pokud by měl být zahájen vícesměnný provoz, musela být na pracovišti po dobu druhé směny také odpovědná osoba, která by zvýšila režijní mzdy. Vícesměnný provoz však ušetří náklady na pracoviště a plochu potřebnou k jeho vybudování.

Roční úspora z jednoho pracoviště a potřebné plochy je však mnohem menší, než náklady na odpovědného pracovníka, který by na výrobu dohlížel. Podnik bude mít tedy pro danou kapacitu stanovený jednosměnný provoz. Výpočet ideální směnnosti je uveden v příloze.

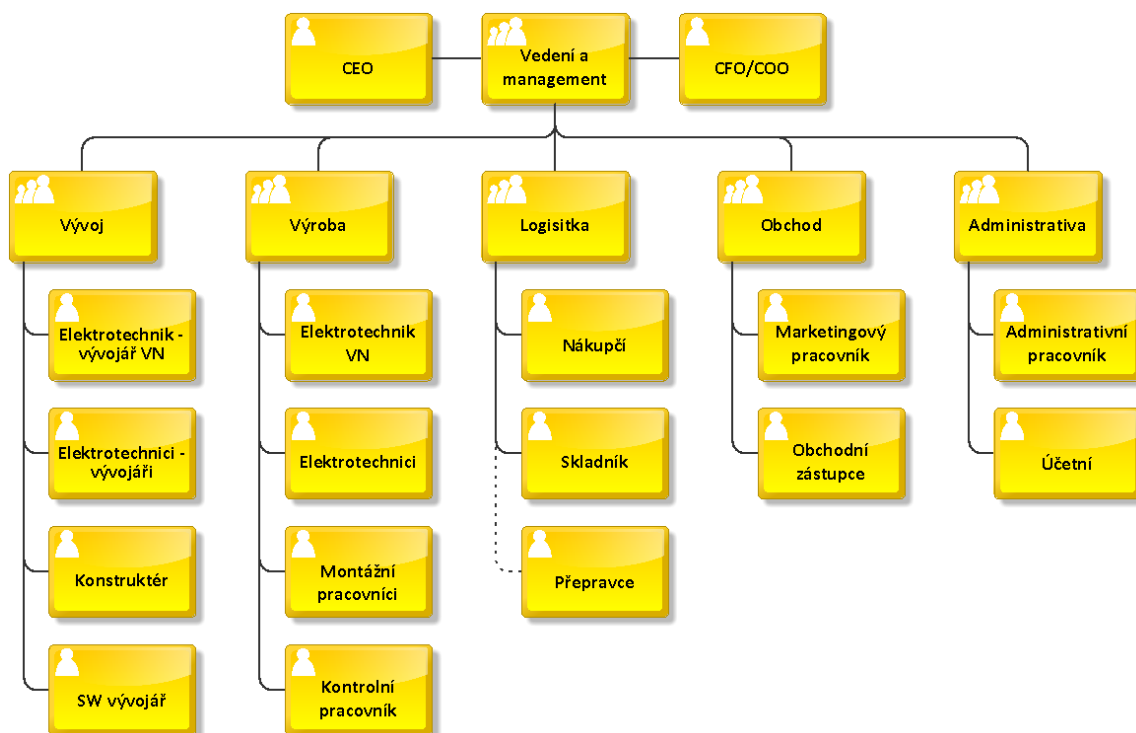
3.7 Návrh organizační struktury společnosti

Současně s přípravou produktu na trh bude potřeba rozšířit pracovní sílu podniku, dle požadavků uvedených v předchozích kapitolách. Doposud je v týmu pouze několik lidí. Kromě dvoučlenného vedení, které se stará také o obchod, je ve společnosti skupina vývojářů. Mezi nimi jsou dva elektro vývojáři, strojní konstruktér, a SW vývojář. Elektro-vývojáři mají každý své specifické zaměření. Jeden se orientuje na zdroje a vysokonapěťové aplikace, zatímco druhý spíše na digitální techniku a procesory. Tito pracovníci doposud zvládají veškeré činnosti pro chod společnosti včetně udržování průběžné agendy.

V rámci zahájení výroby přístroje se budou rozšiřovat lidské zdroje. Kromě výrobních pracovníků bude potřeba obstarat také pracovníky pro zajišťování a kontrolu materiálových toků, rozšířit obchodní zastoupení společnosti i administrativní zázemí. V rámci rozvoje bude vytvořeno patnáct nových pracovních pozic a nasmlouván externí přepravce. Protože se již bude jednat o více pracovníků s rozlišnými úkoly, byla navržena organizační struktura, která pracovníky rozděluje podle zaměření a odbornosti na skupiny:

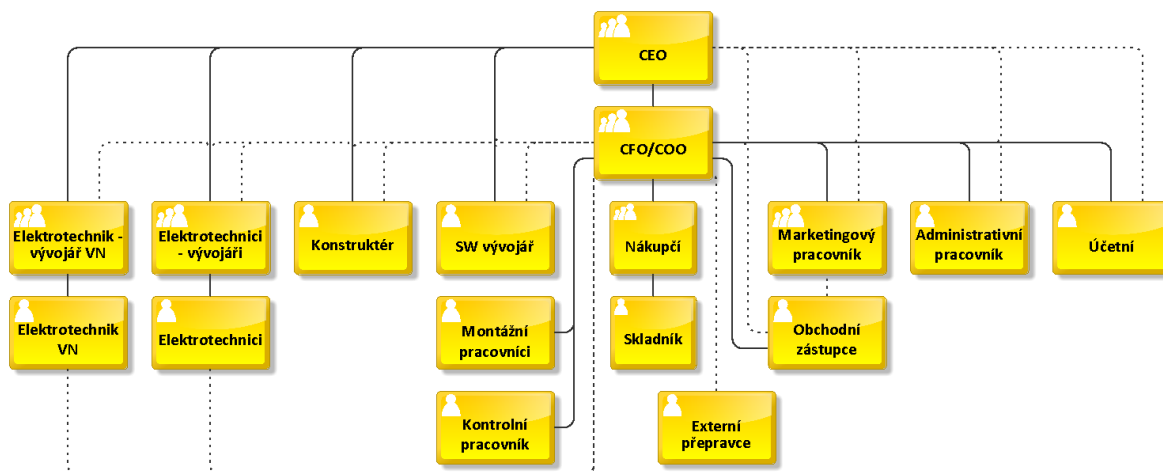
- Vedení a management
- Vývoj
- Výroba
- Logistika
- Obchod
- Administrativa

Organizační struktura svým návrhem odpovídá funkčnímu modelu. Její vizualizace je zobrazena na **obrázku 14**. Vzhledem k tomu, že se jedná o první a zatím jediný vyráběný produkt, je toto zobrazení dostatečné. Nevýhoda tohoto zobrazení je v tom, že neznázorňuje dostatečně odpovědnosti jednotlivých pracovníků. Protože v zobrazené organizační struktuře zatím není počítáno s vedoucími pracovníky jednotlivých oddělení, všichni pracovníci mají odpovědnost vůči členům vedení. Pro urychlení některých komunikačních kanálů je vhodné ujasnit odpovědnosti jednotlivých pracovníků.



Obrázek 14 - Organizační struktura (zdroj: vlastní)

Návrh organizační struktury, která je sestavena podle odpovědností, je znázorněna na následujícím **obrázku 15**. Ve schématu jsou znázorněny dvě rozdílné vazby. Spojení plnými čarami udává přímou odpovědnost, spojení tečkovanými čarami znázorňuje sekundární odpovědnost. Přepravce v podniku nemá přímou odpovědnost, protože se jedná o externí společnost. Skladník má pouze přímou odpovědnost vůči nákupčímu. Nákupčí je v dané situaci stanoven jako vedoucí skladu. Výrobní elektrotechnici však odpovídají za práci vývojářům, kteří případné způsobené vady odstraňují.



Obrázek 15 - Odpovědnostní organizační struktura (zdroj: vlastní)

3.7.1 Vedení společnosti

Vedení společnosti je klíčové pro úspěšný růst společnosti. Tato společnost má v současné chvíli dvoučlenné vedení. Jeden z členů se orientuje spíše na dlouhodobější vizi, tvorbu základních konceptů a plánování vývoj. Druhý člen se zaměřuje na krátkodobější horizont plánování, finanční řízení podniku a řízení na operativní úrovni.

3.7.2 Vývoj

Vývojové oddělení tvoří stabilní základnu podniku. Jsou to pracovníci, kteří již delší dobu spolupracují na aktivitách společnosti. Vývojové oddělení bude se zahájením výroby rozšířeno o dalšího pracovníka. Případné poruchy zařízení budou mít na starost vývojoví pracovníci, kteří budou zajišťovat opravu v průběhu výroby. Do doby, než bude najat speciální pracovník, věnující se pouze opravám u zákazníků, bude v pracovní náplni vývojových pracovníků také zajištění servisního zásahu u zákazníka.

Vývojových pracovníků je v současné době šest. Každý z nich má trochu jinou specializaci.

- Elektrotechnik – vývojář VN
- Elektrotechnik – vývojář – 2x
- Konstruktor
- SW vývojář

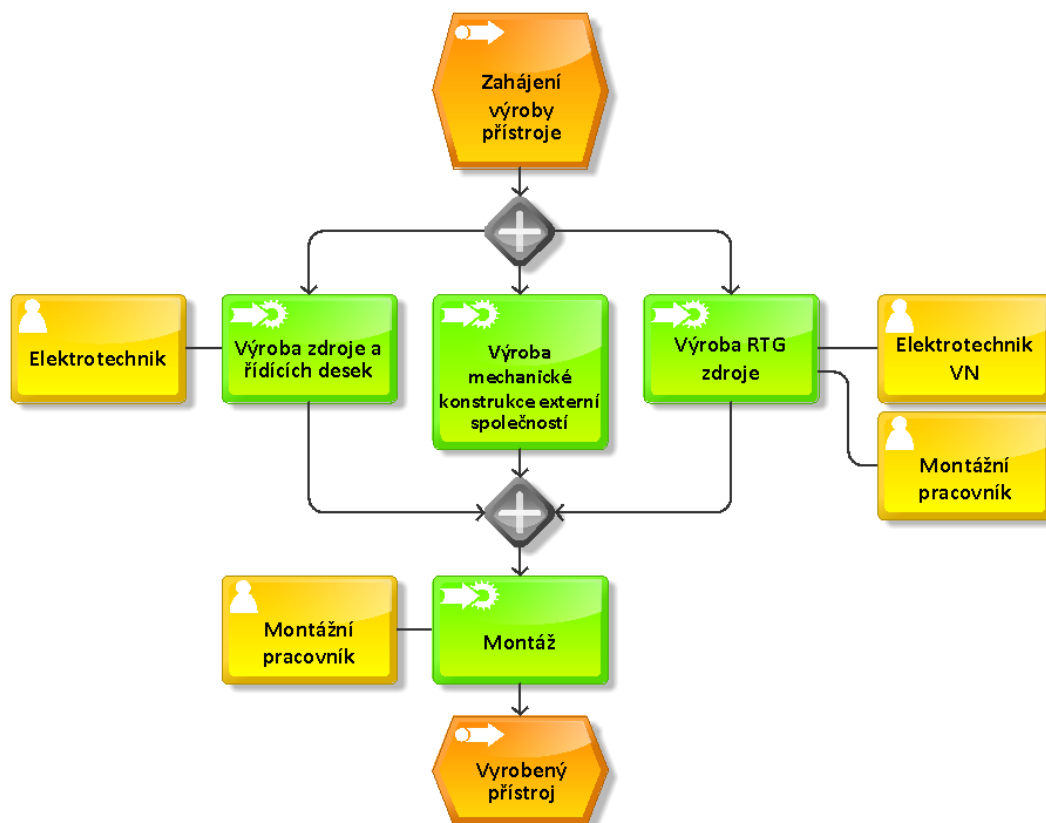
3.7.3 Výroba

Současně se započítím výroby bude nezbytné najmout výrobní pracovníky, kteří budou zajišťovat plynulý chod produkce. Doposud se společnost zabývala zejména vývojem a případnou výrobu zajišťovala externí spoluprací. Pro zahájení budou potřeba zejména elektrotechnici, kteří budou osazovat jednotlivé komponenty a zajišťovat elektrickou funkčnost výrobku. Jeden elektrotechnik se bude specializovat na výrobu VN zdrojů či jiných vysokonapěťových aplikací. Jeho hlavním úkolem bude výroba nádrže se zdrojem RTG záření. Tento pracovník musí být důkladněji proškolen a měl by mít také větší zkušenosti s elektronikou a vysokým napětím. Další dva elektrotechnici se budou zaměřovat na nízkonapěťové aplikace a osazování. Pracovníci jsou na úrovni výrobních pracovníků, takže nemusí mít zkušenosti s návrhem obvodů, ani s jejím fungováním. Výrobní pracovníci se hlavně musí umět vyznat ve schématech a musí umět precizně pájet. Může se jednat o středoškolské absolventy, či absolventy odborných učilišť. Případnými zájemci na pozice výrobních elektrotechniků mohou být i studenti některých vysokých škol. Pokud se osvědčí jako šikovní a budou mít zkušenosti i s návrhy, mohou být přesunuti na některé vývojové projekty.

Pro kompletaci a montáž budou ve výrobním týmu tři montážní pracovníci, kteří budou zajišťovat kompletaci přístroje. Odbornost či zkušenosti montážního pracovníka nemusí být příliš velké, nicméně bude odpovědný za správné zapojení jednotlivých komponent v přístroji. Proto budou pro tuto práci nejvhodnější kandidáti mezi absolventy středních škol ze strojní či elektrotechnické oblasti.

Závěrečnou kontrolu výstupu bude mít na starost kontrolní pracovník, který spadá pod výrobní oddělení. Ten po dokončení montáže ověří veškeré funkcionality přístroje.

Všichni výrobní pracovníci budou odměňováni na základě odvedené práce. Zjednodušené schéma výroby by se dalo zobrazit **obrázkem 16**, kde je vidět, jak jsou jednotliví pracovníci zapojeni do průběhu výroby. Výroba mechanické konstrukce je vyráběna externí společností, proto k ní není přiřazený žádný pracovník. Podrobný výrobní proces je znázorněn až v následujících kapitolách.



Obrázek 16 - Zobrazení paralelizace procesů (zdroj: vlastní)

3.7.4 Logistika

Logistické oddělení vznikne nově. Toto oddělení se stará zejména o první a poslední krok výrobního procesu. Hlavním úkolem logistického oddělení je zajišťování potřebných součástí pro výrobu, údržba systému ve skladu součástek a komponent a závěrečnou expedici přístroje.

Při výrobě elektrotechnických zařízení je jeden z největších problémů sklad a hospodaření se součástkami. Pro elektroniku existuje nepřehledné množství součástek. Liší se hodnotami, přesností, použitelným napětím, velikostí pouzdra, a mnoha dalšími parametry. Každý druh součástky má navíc trochu odlišné hlavní parametry. Například kondenzátory mají jako jeden z parametrů materiál dielektrika, který však u jiných součástek neexistuje. Některé součástky navíc nemají ani značení na pouzdře, a tak nelze okem rozpoznat, o jakou součástku se jedná. Jak nákup, tak následná práce s nimi proto musí být řádně evidována, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám.

Pro zajišťování nákupu od dodavatelů bude přijat nákupčí, který bude určen pro komunikaci s dodavateli a zajišťování včasného dodávání materiálových vstupů. Nákupčí bude mít přehled o situaci ve skladu ze systému skladového hospodářství.

Přijaté objednávky či požadavky vývojářů na nové součástky zanalyzuje a zajistí potřeby u dodavatelů. Jeho podřízeným bude skladník, který se bude starat hlavně o fyzické zajištění skladu. V případě potřeby však musí být nákupčí schopen zastat také práce skladníka.

Úkolem pracovníka skladu bude kromě rozřazování přijatého materiálu také příprava součástek pro výrobní pracovníky. Součástky budou rozdělovány podle desky, na kterou jsou určeny. Předávání součástek výrobním pracovníkům musí být vždy potvrzováno na základě podpisu přebírajícího pracovníka. Je to sice byrokracie navíc, díky ní ale bude možné vyhodnocovat hospodárnost pracovníků a lépe řešit případná manka ve skladu.

Úkolem logistického oddělení je také zajištění dopravy hotového přístroje k zákazníkovi. K tomu se bude využívat externí přepravní společnost. Přepravu přístroje bude doprovázet také obchodní zástupce, který přístroj zákazníkovi po převzetí předvede a provede úvodní školení pracovníka. Přeprava bude ale součástí procesu expedice, takže její detaily již nejsou v práci rozepsány.

3.7.5 Obchod

Současně s rozvojem výroby bude potřeba více rozšířit i obchodní aktivity podniku. Doposud byly prodávány pouze vývojové služby, které nevyžadovaly tak aktivní oslovování zákazníků. V některých situacích stačí pro udržení podniku pouze jedna dlouhodobější vývojová zakázka. Pro prodej výrobků však bude potřeba rozšířit obchodní zastoupení, které bude aktivně komunikovat s potenciálními klienty a distributory. Proces zajišťování zákazníka zase předchází výrobnímu procesu a tak není v práci podrobně popsán.

Pro zajištění marketingových aktivit a podporu prodeje bude v podniku také marketingový pracovník. Jeho hlavním úkolem bude příprava veškerých prodejních podkladů, údržba webových stránek, zajišťování PR aktivit, komunikace s novináři, příprava marketingových akcí a další aktivity, které by měly přímo i nepřímo navyšovat prodeje.

3.7.6 Administrativa

Výroba a zajištění její kvality s sebou nesou také vyšší administrativní zátěž na pracovníky. Pro udržování kvality bude výrobní proces doprovázet řada výrobních protokolů, které budou pracovníci v průběhu vyplňovat a reportovat do nich aktuální stav. Jednotlivé vyráběné komponenty budou mít svá vlastní identifikační/výrobní čísla. Ke každému kusu komponenty vyráběné v rámci podniku bude v průběhu výroby vyplňován doprovodný formulář. Díky němu bude možné určit, o jakou verzi se jedná, kdy byla vyráběná a hlavně kdo ji vyráběl. Při závěrečné montáži pak bude vytvořen souhrnný výrobní protokol, kde budou vepsány jednotlivé komponenty a jejich výrobci. Každý zákazník tak bude vědět, kdo pracoval na jejich přístroji a v případě poruch bude možné podnikem určit, kdo měl za výrobu dané komponenty odpovědnost.

Druhým nově přijatým pracovníkem, respektive pracovnící, do administrativního oddělení bude účetní. Doposud je účetnictví zpracováváno externě. S výrobou však přijde také mnohem větší množství nákupů i faktur, takže bude přijata vlastní účetní, byť jen na částečný úvazek.

3.8 Návrh výrobního procesu

Jak bylo v předchozí kapitole popsáno, výrobu je možné rozložit do pěti hlavních kroků. V předchozí kapitole byly rozklíčovány hlavní činnosti, které by měly být v rámci jednotlivých procesů vykonány. Cílem této kapitoly je sestavení procesní mapy pro celý výrobní proces a náležitě jej popsat. Procesní mapa je pro celou výrobu značně rozsáhlá, a kompletní je dána jako příloha práce. Pro zachování návaznosti se bude výrobní proces členit stejně jako v **kapitole 2.6.2** na následující části:

- Technická příprava výroby a nákup
- Výroba a montáž přístroje
- Testování přístroje
- Označení přístroje
- Příprava k expedici, balení

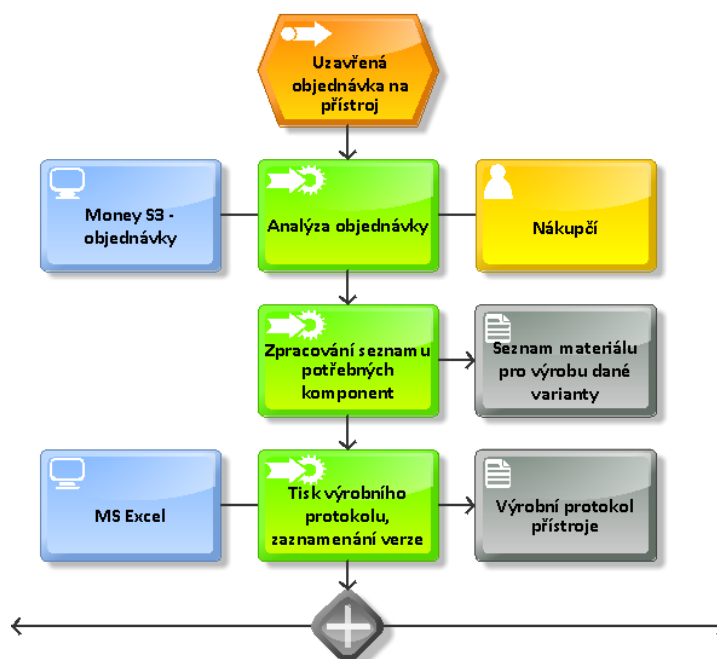
Při navrhování výrobního procesu existuje omezení zdroji, které jsou k dispozici pro realizaci procesu. Nejvýznamnějším zdrojem v procesu jsou většinou lidské zdroje. Lidské zdroje jsou nejčastěji používaným zdrojem, a jsou součástí většiny činností v procesu. Na druhou stranu jsou také jedny z nejdražších, a proto se musí co

nejefektivněji využívat. Pro správné sestavení procesů je třeba znát omezení, daná ze strany lidských zdrojů. Proto je dobré v průběhu plánování výrobního procesu vytvářet a doplňovat organizační strukturu. Z ní jsou názorně vidět zaměstnanci, kteří v podniku pracují a jaké pozice zajišťují.

3.8.1 Technická příprava výroby a nákup

Cílem tohoto procesu je připravit pro výrobní pracovníky veškerý materiál. Součástí tohoto procesu je také zajištění objednávky komponent, které se pořizují až na základě objednávky od zákazníka. Jedná se hlavně o mechanickou konstrukci a zobrazovací systém.

Proces začíná potvrzenou objednávkou od zákazníka, kterou obchodní zástupce zadá do systému objednávek v programu Money S3. Tento program není jen účetním softwarem. Jeho součástí je i systém nabídek, objednávek a hlavně skladového hospodářství. Nejedná se sice o ERP systém, ale společně s tabulkovým editorem MS Excel je možné vytvořit jednoduchou databázi k evidování jednotlivých výrobků.

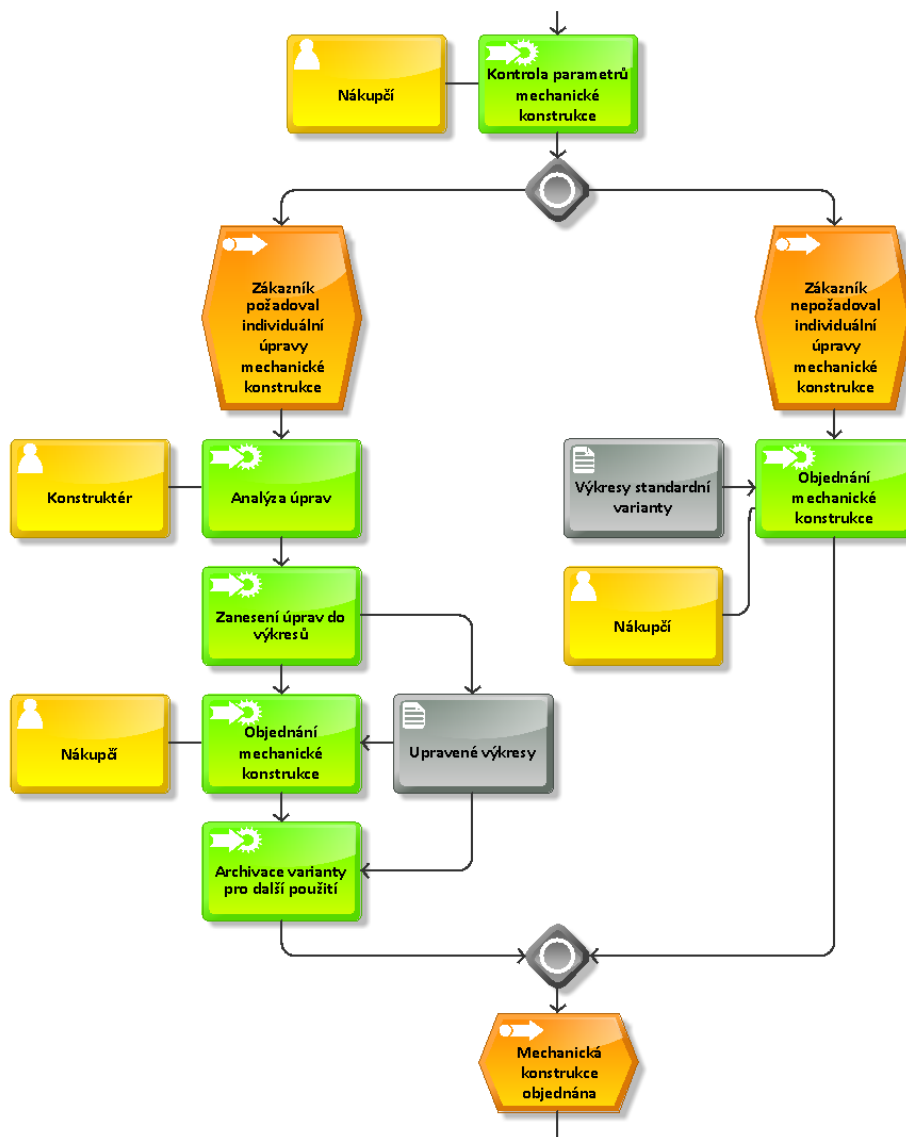


Obrázek 17 - Zajištění komponent přístroje I. (zdroj: vlastní)

Počátek výrobního procesu zahajuje nákupčí, který musí nejdříve zpracovat analýzu objednávky. V rámci analýzy zjistí nákupčí požadavky zákazníka, kde jde v tuto chvíli hlavně o výkon přístroje, požadované rozlišení a přesnost. Zjištěné informace zadá do speciálně vytvořené databáze v MS Excel, přiřadí produktu výrobní

číslo a vytiskne výrobní protokol přístroje. Proces se dále rozděluje do dvou větví. Jedna větev je směřována k zajištění mechanické konstrukce, a druhá k zajištění ostatního materiálu potřebného pro výrobu přístroje. Během úvodní fáze je také naplánována výroba vzhledem k aktuálním možnostem podniku a stanoví se předpokládaný termín dokončení výroby produktu. Tuto činnost vykonává vedení výroby (COO), které je za dodržení tohoto termínu zodpovědné.

Zajištění mechanické konstrukce je samostatně odděleno, protože konstrukce se nechávají vyrábět vždy až pro konkrétní zakázku. Je to z důvodu variantnosti přístroje, kde si zákazník může zvolit požadované rozměry měřicího prostoru, a také z důvodu toku peněz. Protože mechanická konstrukce je jednou z nejnákladnějších komponent v přístroji, nebudou drženy skladem. Později, až bude produkt ověřen na trhu, budou zvoleny některé rozměry konstrukcí, které budou pro většinu aplikací vhodných, a budou vyráběny na sklad. Kromě toho, že je mechanická konstrukce nákladná, její výroba trvá také poměrně dlouho. Díky držení základních verzí mechanické konstrukce na skladě by mohlo dojít o zkrácení výrobního procesu až o dva týdny. V rámci této větve procesu je nutné zjistit, zda se zákazníkem požadovaná konstrukce již vyráběla a je vytvořena přesná výrobní dokumentace, nebo bude potřeba návrh upravovat podle požadovaných rozměrů. Pokud se jedná o standardizovanou verzi, pouze se zašle objednávka dodavateli na výrobu konstrukce s výrobní dokumentací. Je-li však nutné provést na mechanické konstrukci změny, musí konstruktér zanalyzovat a provést změny ve výkresové dokumentaci tak, aby bylo možné konstrukci objednat u dodavatele. Objednávku opět provede nákupčí, který následně nově vytvořenou úpravu mechanické konstrukce archivuje, aby bylo možné ji příště objednat bez úprav konstruktéra.



Obrázek 18 - Zajištění mechanické konstrukce (zdroj: vlastní)

Když je od dodavatele potvrzena objednávka, je tento úsek procesu ukončen. Paralelně s touto větví probíhá druhá část procesu. V ní je připravován všechen ostatní materiál pro výrobu. Jedná se zejména o DPS k výrobě jednotlivých komponent, elektronické součástky, rentgenka, mechanické spojovací prvky, lepidla, krabičky, kabely, komponenty zobrazovacího systému, stínící materiál, atd.

Po analýze objednávky vytvoří nákupčí dle zákaznické varianty seznam potřebného materiálu a komponent. Tento seznam závisí od zákazníkem nastavených parametrů a požadavků na přístroj. Skladník ho pak zpracuje a za pomoci systému skladového hospodářství vytvoří seznam chybějícího materiálu. Většinou by měly být elektronické součástky skladem, protože se nakupují ve větším množství a objednávají

se tedy jen výjimečně. Na druhou stranu dražší komponenty se kupují podobně jako mechanická konstrukce až po objednavce přístroje. Mezi ně patří zejména zobrazovací systém, který navíc může být, podle požadavků zákazníka, také několika druhů. Proto by bylo příliš nákladné mít různé varianty zobrazovacích systémů skladem. Kromě mechanické konstrukce a zobrazovacího systému se materiál a součásti pro výrobu nakupují v různém množství, podle výhodnosti dodavatelských slev. Je proto potřeba zkontrolovat, zda je ještě konkrétní součást skladem či nikoli.

Zpracovaný seznam převezme opět nákupčí, který zajistí objednávky u jednotlivých dodavatelů. Po přijetí materiálu od dodavatele zajistí skladník naskladnění dodávky na sklad. Jediné, co dorazí až v průběhu výrobního procesu, bude snímač. V této části procesu se pouze zajistí jeho objednání od dodavatele. Současně také bude připravovat skladové výdejky a nachystá veškerý materiál, který je skladem. Ten následně rozdělí do jednotlivých krabic podle toho, na jakou část výroby budou potřeba. Rozdělení je na následující skupiny:

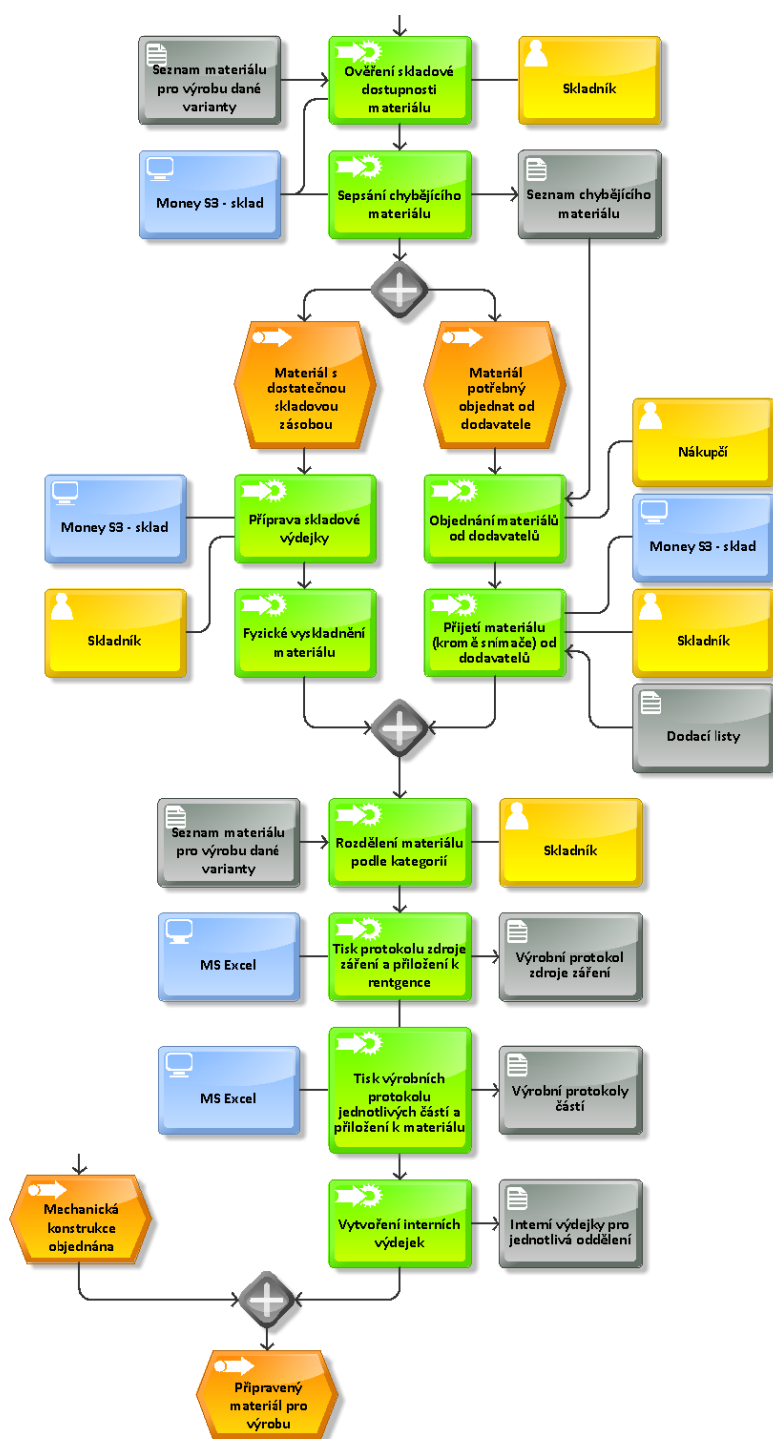
- Materiál pro výrobu regulátoru žhavení
- Materiál pro výrobu hlavního zdroje
- Materiál pro výrobu řídicí desky
- Materiál pro zobrazovací systém (kromě snímače)
- Materiál pro výrobu VVN soustavy (vč. rentgenky)
- Materiál pro výrobu VN budiče
- Materiál pro výrobu nádrže na RTG zdroj
- Materiál pro výrobu kabeláže
- Měřicí a bezpečnostní prvky
- Materiál pro montáž konstrukce mechanické konstrukce

Vzhledem k tomu, že zařízení pracuje s rentgenovým zářením, musí být používání zařízení ohlášeno na příslušném úřadě (SÚJB). Samotné přihlášení přístroje je na konečném zákazníkovi, nicméně pro správné informace do přihlášky je nutné již od počátku mít vytvořený list k rentgence. V něm jsou informace k rentgence a její výrobní číslo. Přesná evidence lampy v přístroji má výhodu i pro výrobce. V případě poruchy může zjistit, od kterého dodavatele a v jaké dávce byla tato lampa dodána. Díky tomu může analyzovat kvalitu dodavatelů a vybírat mezi nimi, čímž bude

zvyšovat jakost svých přístrojů. Ke zdroji záření je proto vytvořen výrobní protokol, kde je evidována přímo konkrétní rentgenka.

Formulář k rentgence bude sloužit také jako výrobní protokol zdroje záření. Jeho návrh je součástí práce jako *příloha 10*.

K ostatním částem budou také vytvořeny výrobní protokoly podobného charakteru. Do protokolu se bude v průběhu výroby zaznamenávat, kdo na jejich výrobě pracoval, kdo je kontroloval, případně opravoval, a kdo schválil. Kromě toho se do nich budou také zaznamenávat výsledky z jednotlivých měření i jednotlivé nalezené a opravené vady. Výrobní protokol bude takovým rodokmenem každé komponenty v přístroji a v závěru i celého přístroje. Výrobní protokol bude společně s komponentou či přístrojem putovat výrobou až do samotného ukončení výroby a archivace.



Obrázek 19 - Zajištění ostatních komponent pro výrobu (zdroj: vlastní)

Závěrem procesu přípravy výroby jsou k jednotlivým boxům s materiálem vytvořeny interní výdejky. Těmi potvrzuje přebírající pracovník převzetí daného materiálu do výroby. Výdejky zůstanou ve skladě a materiál se přesune do výroby. Samotná příprava výdejek je již poslední činností v této větvi procesu. Převzetí materiálu na základě potvrzení výdejky se provádí až ve chvíli, kdy je materiál potřeba

ve výrobě. Na **obrázku 19** je znázorněna právě tato větev. Ve spodní části procesního diagramu je znázorněno propojení s druhou větví procesu, kde se objednává mechanické konstrukce. Jsou-li ukončeny obě větve procesu, je technická příprava výroby a nákup zakončen a může se přejít do druhé fáze výrobního procesu – samotné výroby a montáže produktu.

3.8.2 Výroba a montáž přístroje

Po zajištění jednotlivých komponent do přístroje přechází výrobní proces do fáze výroby a montáže. Ukončení zajišťování komponent však neznamená, že jsou všechny na místě a připraveny k montáži. Některé komponenty byly v předchozím kroku pouze objednány a až v průběhu výroby a montáže dorazí od dodavatele. Jedná se především o snímač a mechanickou konstrukci.

Výroba přístroje je rozdělena do několika paralelních větví, ve kterých jsou vyráběny jednotlivé části. V jednotlivých větvích se vyrábí:

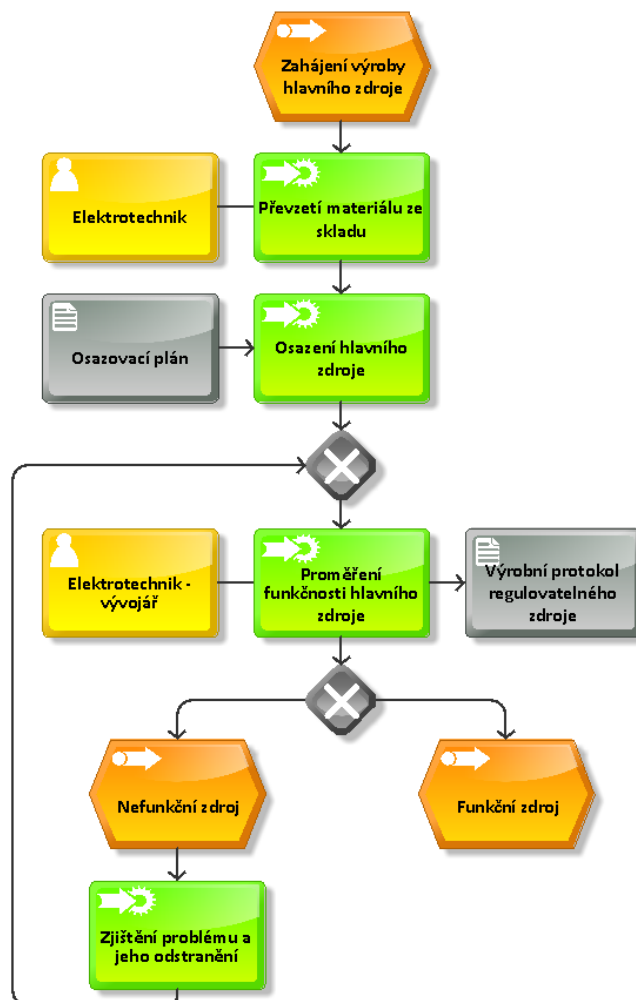
- Hlavní zdroj
- Regulátor žhavení
- Řídící deska
- Zdroj RTG záření
 - VVN nádrž
 - VN budič
- Testování snímače
- Kabeláž, měřicí a indikační prvky
- Příprava mechanické konstrukce

Jednotlivé části výroby na sobě většinou nejsou závislé. Omezení, které zde je, je v podobě omezených lidských kapacit. Pro výrobu jsou používáni tři elektrotechnici a tři montážní pracovníci. Pro průběžnou kontrolu navíc do procesu vstupuje také kontrolní pracovník.

Hlavní zdroj

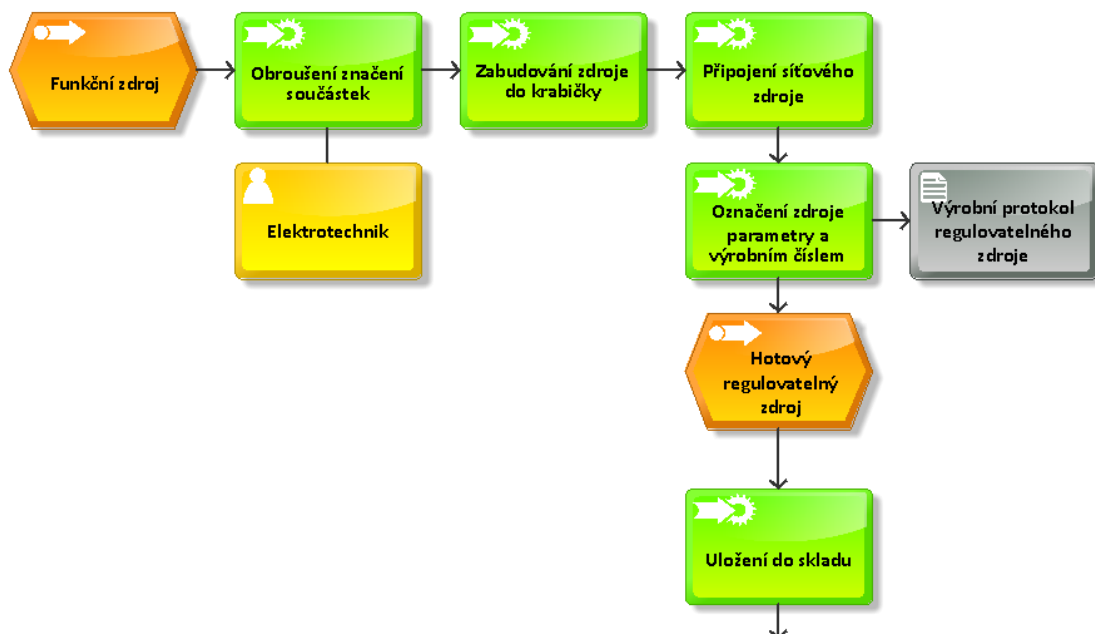
Hlavní zdroj slouží v přístroji pro rozvod veškerého napájecího napětí. Z hlavního zdroje je potřeba napájet jak mikroprocesorové řízení, tak zdroj záření. Jediné, co není součástí hlavního zdroje, je regulátor žhavení, který je napájena žhavená katoda rentgenky.

Výroba hlavního zdroje v zásadě obsahuje hlavně osazení plošného spoje součástky podle schématu a osazovacího plánu. První část procesu je znázorněna na **obrázku 20**. Proces začíná převzetím příslušné sady součástek ze skladu na základě potvrzení skladové výdejky. Pracovník, který materiál převzal, je vždy ten, který bude daný zdroj také vyrábět. Součástí materiálu jsou jak desky plošných spojů, tak součástky a krabička. Po převzetí materiálu ze skladu výrobní pracovník – elektrotechnik – osadí napájecí zdroj podle osazovacího plánu. Elektrotechnik si vždy po sobě práci kontroluje, i tak následně předá osazenou desku odbornějším pracovníkovi – vývojáři k proměření. Vývojář zdroj připojí na testovací napětí a proměří veškeré výstupní vlastnosti. Případné drobné odchylky nastaví vnitřními trimry. Naměřené hodnoty zaznamená do výrobního protokolu zdroje.



Obrázek 20 - Výroba hlavního zdroje I (zdroj: vlastní)

V případě, že se při připojení na výstupu nevyskytuje žádné napětí, nebo jsou jiné problémy, musí vývojář zjistit, z jakého důvodu. V malosériové či kusové výrobě je výhodnější najít problém a odstranit jej než vyrábět novou desku. Pokud by se desky vyráběly v tisících kusech, nebudou se osazovat ručně, ale na automatech. Díky tomu se sníží chybovost, zvýší se rychlost osazování i celkové náklady na vyrobenou desku. Potom bude levnější nefunkční desku vyřadit a vzít nově osazenou. Hledání chyby je pak většinou nákladnější než celá výroba. Dokud však probíhá osazování ručně, vyplatí se chybu najít. Může se jednat o špatně připájený kontakt nebo otočenou či vadnou součástku. Elektrotechnik po sobě opticky zapájení spojů kontroluje, i tak se ale může stát, že nějakou součástku špatně připájel. Objevit špatně připájené kontakty je však pomocí vlastního přístroje snadné. Osazená deska se vloží do přístroje a špatně připájené spoje se na snímku snadno objeví. V řadě případů pak stačí jen lépe prohřát kontakty, a závada je odstraněna. I o původní závadě a její nápravě pracovník provede záznam do výrobního protokolu. Z těch bude možné analyzovat nejčastější průběžné chyby, a zamýšlet se nad systémem jejich odstraňování.



Obrázek 21 - Výroba hlavního zdroje II. část (zdroj: vlastní)

Po vyzkoušení zdroje a případného uvedení do provozu se musí zabezpečit ochrana zdroje po jeho duševní stránce. Vzhledem k tomu, že byl zdroj vyvinut speciálně pro tuto aplikaci, mohla by být snaha o jeho napodobování. Zdroj lze takto

ochránit pouhým odstraněním popisu klíčových součástí. Najít konkrétní součástku, která by byla vhodná do schématu, je téměř nemožné.

Po ošetření rizikového faktoru okopírování bude osazená deska zabudována do krabičky. V krabičce se propojí se síťovým zdrojem, zafixuje a zašroubuje. Krabička zdroje je označena výrobním číslem s aktuálním datem a vyplní se zbývající část výrobního protokolu. Hlavní zdroj je sestaven a připraven k montáži do přístroje. K tomu může dojít, až je připravena mechanická konstrukce s nainstalovaným rozvodem kabeláže. To většinou trvá déle, takže je hlavní zdroj uložen do skladu.

Regulátor žhavení

Regulátor žhavení má prakticky shodnou strukturu výroby, jako hlavní zdroj. Modul regulátoru je však jednodušší, protože není zabudován do krabičky. Regulátor nepracuje s nebezpečným napětím, takže není potřeba dalšího ochranného krytu speciálně pro tento modul.

Výrobní pracovník osadí plošný spoj podle schématu, a předá jej ke kontrole vývojovému pracovníkovi. Vývojový pracovník regulátor proměří a výsledky z měření zaznamená do výrobního protokolu. V případě nefunkčnosti je průběh stejný, jako u hlavního zdroje. Regulátor však obsahuje méně součástí a tak je možné opravu provést rychleji. Součástky na regulátoru jsou navíc ve větších pouzdrech, takže se budou lépe pájet a výskyt chyb by tak měl být minimální. Přesto v případě nefunkčnosti je regulátor opravován. Oprava je však také velice rychle provedená.

Následuje ochrana proti odcizení know-how, kde se u klíčových obvodů obrousí označení a případně se zalijí do polyuretanu. Hotový regulátor je poté uložen do skladu a připraven k zabudování do dodané mechanické konstrukce.

Řídící deska

Řídící deska je další, kterou má elektrotechnik osazovat. Tato deska je svou obtížností pro osazovacího pracovníka tou nejnáročnější. Jsou na ní použity jedny z nejmenších pouzder součástí a je osazena mikroprocesorem, který má kontakty velice blízko u sebe. Postupem výroby se však trochu od předchozích odlišuje. Po převzetí součástí a plošného spoje se dle osazovacího plánu osadí pouze mikroprocesorová část. Poté je provedena kontrola funkčnosti, kterou však u této desky neprovádí vývojový pracovník, ale elektrotechnik. Deska se připojí k napájení, a

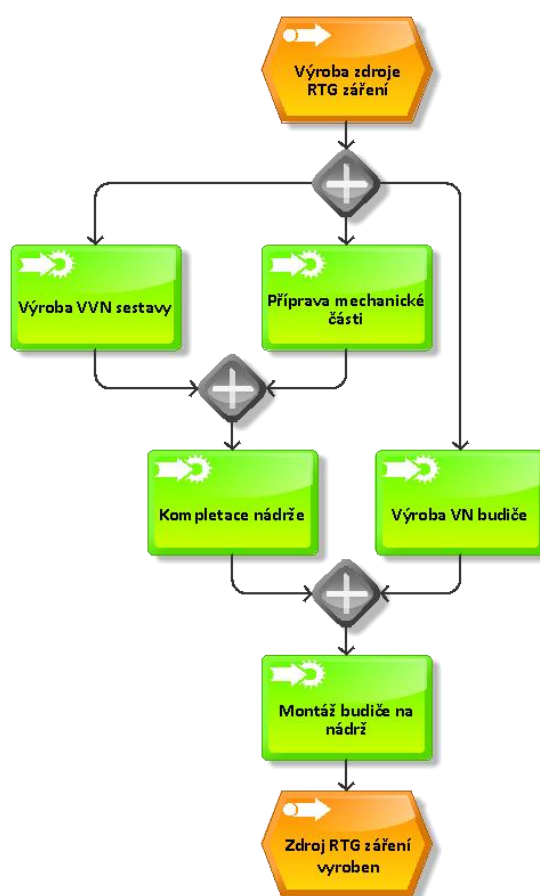
prostřednictvím programátoru i k počítači. Rozpozná-li programátor desku, měla by být mikroprocesorová část funkční a v pořádku. Až teprve pokud v tomto kroku nastanou komplikace, a desku nepůjde programátorem načíst, předá se vývojovému pracovníkovi k nalezení chyb a následné opravy. Hledání opravy je na této desce náročnější, hlavně kvůli mikroprocesoru. U něj se může častěji stát, že je špatně připájen. Buď bude mít některé kontakty nedostatečně připojené k desce, nebo některé vzájemně slité, čímž zkratuje dané vývody. Mikroprocesor se navíc mohl při výrobě poškodit, protože je citlivý na výskyt elektrostatického náboje. Pracovníkovi se může stát, že se nabije elektrostatickou elektřinou, a pokud se před prací s obvodem neuzemní a nevybije, může mikroprocesor zničit. Jestli je procesor zničený se bohužel nedá změřit. Pokud jsou veškeré kontakty správně zapájeny, procesor není nějak otočený oproti osazovacímu plánu, a i veškeré ostatní potřebné součástky jsou správně zapájeny, musí se deska vyzkoušet s novým procesorem.

Protože je procesor na celé desce nejdražší a nejcitlivější součástkou, musí se s ním pracovat co nejopatrněji, aby k jeho zničení nedocházelo. Vzhledem k ceně se také mikroprocesor mění až mezi posledními součástkami. Až se vývojáři podaří rozchodit mikroprocesorovou část, předá opět desku elektrotechnikovi. Ten do mikroprocesoru naprogramuje příslušný zdrojový kód, označí výrobní číslo a osadí ostatní součástky na desce. Ostatní součástky jsou například ovládací relé, konektory, či řídicí regulátor motoru otočného stolku. Po osazení nachystá antistatický sáček, do kterého osazenou desku vloží. V něm se bude tato deska vždy přenášet, aby nedošlo k poškození mikroprocesoru statickou elektřinou.

Desku si převezme vývojář, který otestuje funkčnost veškerých periférií. Připojí testovací motor pro ověření funkčnosti regulace, vyzkouší ovládání relé a ostatních výstupů. Potvrzení funkčnosti jednotlivých výstupů potvrdí pracovník do výrobního protokolu. Pokud některá část nebude fungovat, zjistí problém a odstraní jej. I o vyskytlém problému provede záznam do protokolu tak, že popíše, co na desce nefunguje a po odstranění závady zaznamená důvod, proč nefungovala. Po odzkoušení se výrobní číslo desky zaeviduje do databáze v MS Excel, kde se zaznamená nejen její výroba, ale také například verze firmware v mikroprocesoru. Celý proces výroby řídicí desky je zobrazen v příloze.

Zdroj RTG záření

Zdroj záření je poslední velkou komponentou, která je v rámci podniku vyráběna. Zdroj záření je vyroben ze tří dílčích částí. Jednou je mechanická část VVN nádrže, druhou je vnitřní VVN sestava a třetí je řízený budič VN. Mechanická část se vyrábí průběžně se sestavou VVN, budič se vyrábí nezávisle. Protože je v nádrži napětí až 60 nebo 120kV, je celá tato část odlita do polyuretanového materiálu s vysokou elektrickou pevností. VN budič je spíše elektronická záležitost. Pomocí něj se reguluje vysoké napětí na rentgence a tím i energie záření.

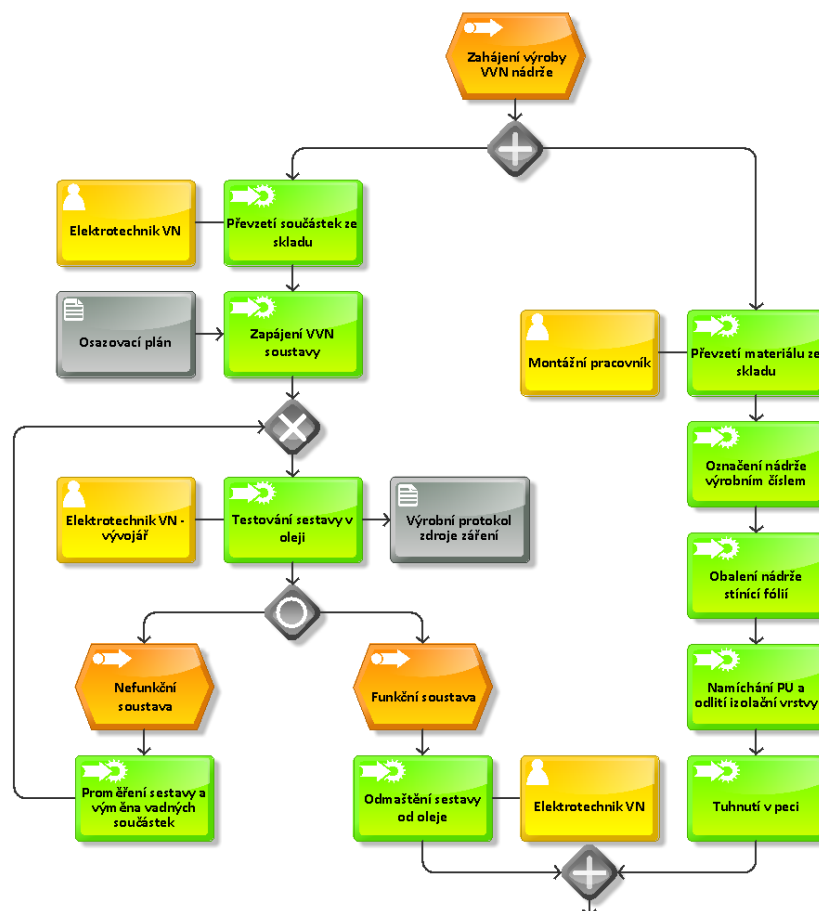


Obrázek 22 - Struktura výroby zdroje RTG (zdroj: vlastní)

Výroba zdroje záření by měla být první, která se začne vyrábět po objednávce zákazníkem. Její výroba má složitější výrobní proces, než ostatní části a navíc kvůli určitým technologickým pauzám trvá také poměrně dlouho. První, čím se začne, je výroba VVN nádrže, která se skládá z mechanické části a VVN sestavy.

VVN nádrž

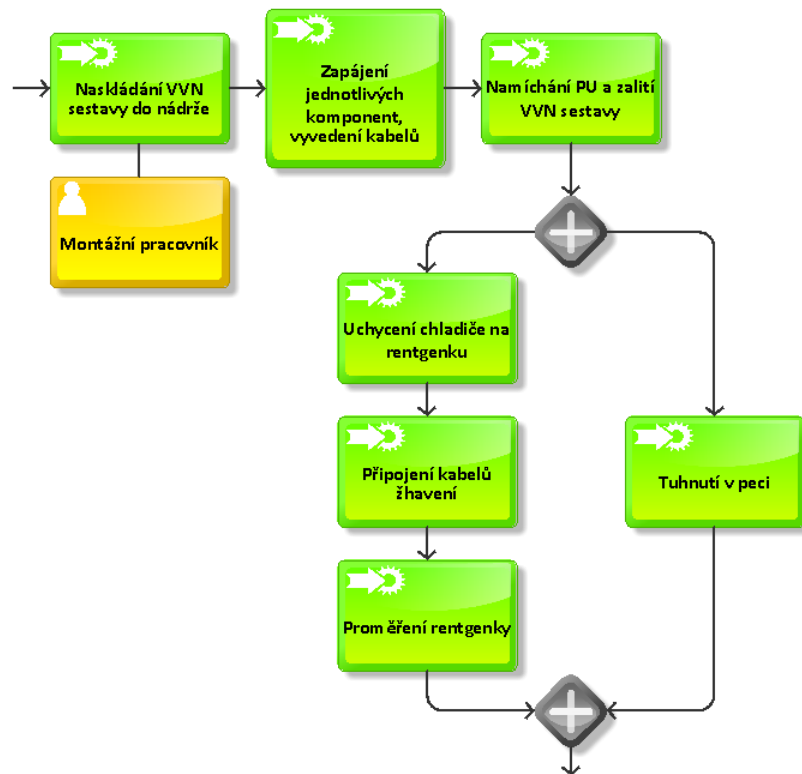
Výroba VVN sestavy spočívá v zapájení součástek podle osazovacího plánu. VVN sestava však není připájená k plošnému spoji, ale jen vzájemnými vývody. Elektrotechnik, který sestavu vyrobí, ji předá VN vývojáři. Ten otestuje funkčnost nejprve v oleji. Sestava se nedá testovat volně v prostoru, protože vzduch nemá velkou dielektrickou pevnost. V některém místě by mohlo vysoké napětí přeskočit a sestavu zničit. Olej nebo polyuretan mají elektrickou pevnost mnohem vyšší, takže k výboji nedojde. Vývojový pracovník, který sestavu testuje, ji už zde podrobuje zátěžovému testu. Je důležité, aby byly všechny součástky plně funkční a zvládaly náročné požadavky velmi vysokého napětí. U menších rentgenů je to 60kV, u větších dokonce až 120kV. Pracovník o měření zaznamenává informace do výrobního protokolu ke zdroji záření, kam zapisuje naměřené hodnoty. VVN sestava je po náročném testování předána výrobnímu pracovníkovi, který ji vyráběl. Ten zajistí její dokonalé odmaštění a připraví ji k montáži do nádrže.



Obrázek 23 - Výroba VVN sestavy a příprava mechanické části nádrže (zdroj: vlastní)

Úkolem montážního pracovníka je připravit nádrž, ve které bude zdroj záření umístěn. Po převzetí materiálu ze skladu začne označením výrobního čísla nádrže na lepící štítek. Protože bude v nádrži vysoké napětí, musí pracovník nádrž odstínit speciální fólií, aby nevyzařovala do okolí rušící šum. Do pořízeného boxu je potřeba nejprve odlít z polyuretanové hmoty izolační vrstvu. Polyuretanová hmota je dvousložková, takže je před zalitím potřeba pečlivě rozmíchat, aby dobře vytuhla. Pokud by byla hmota nedostatečně rozmíchaná, mohlo by vytvrzení trvat až o šest hodin déle. Po zalití rozmíchanou hmotou a srovnání hladiny se nádoba vloží do vývěvy, která odsaje veškerý vzduch. Díky tomu v hmotě nezůstanou vzduchové bublinky. Pokud by v ní zatuhly bublinky, výrazně by se snížila dielektrická pevnost. Šířka mezer mezi jednotlivými kontakty je však dimenzovaná tak, aby byl ještě rezerva pro případ horších dielektrických vlastností odlitku. Hmota začne tuhnout po zhruba dvaceti minutách. Poté se vloží do horkovzdušné pece a nechá se vytvrdit.

Po vytvrzení je možné na první vrstvu naskládat odmaštěnou sestavu. Pokud nedojde k pečlivému odmaštění od oleje, polyuretan těsně neobalí vodiče. Mezi vodičem a polyuretanem by zůstala drobná vrstva oleje, která sníží izolační pevnost. K sestavě se připájí vysokonapěťové vodiče i všechny ostatní vývody. V následujícím kroku je namíchaná další část polyuretanu, kterou se zalije VVN sestava do boxu. Box s čerstvým polyuretanem se vloží do vývěvy a odsaje se co nejvíce vzduchu. Některé bublinky by se na povrch dostaly samovolně i bez pomoci vývěvy, většina z nich by však v odlitku zůstala. Odlévací hmota je velmi hustá a vzduch se nedostane tak snadno na povrch. Až začne hmota výrazně houstnout a tuhnout, vloží se nádrž na vytvrzení do pece. Tuhnutí v peci je jedna z mála činností, ke které není potřeba lidská práce. Zobrazení procesu je na **obrázku 24**.



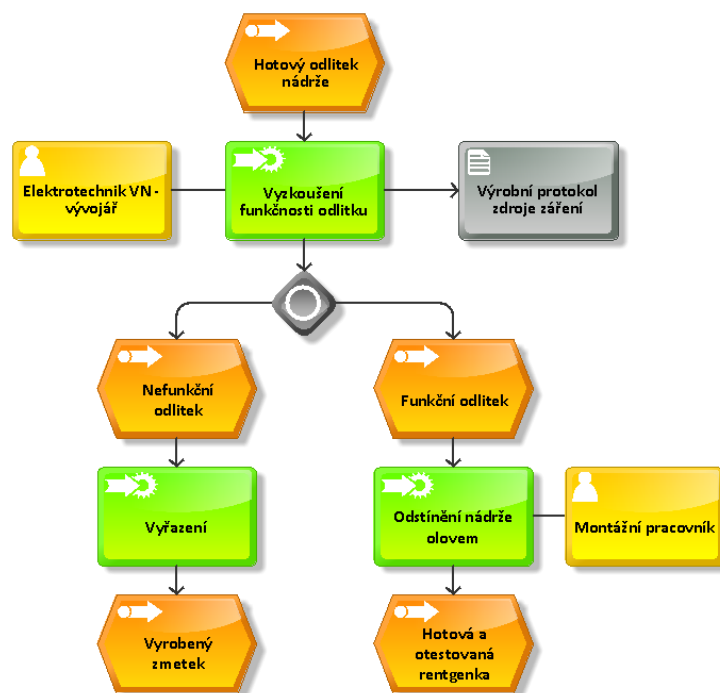
Obrázek 24 – Kompletace VVN nádrže I. (zdroj: vlastní)

Montážní pracovník tak může během tuhnutí v peci připravit rentgenku na zabudování. Protože společně s vyzařováním RTG záření rentgenka produkuje i teplo, je potřeba mít na anodu připojený chladič. Většina rentgenek je k uchycení chladiče již od výroby uzpůsobena, takže ho stačí jen přišroubovat. Je však důležité nanést na spojovací plochy teplo vodivou pastu, aby se tepelná energie co nejlépe přenášela na chladič. Dále na rentgenku připájí vodiče pro regulátor žhavení a proměří, jestli není vlákno spálené nebo přerušené. V takovém případě by byla rentgenka nefunkční a bylo by nutné použít jinou. Tato situace by měla být velice výjimečná, protože kvalita dodávaných rentgenek je na vysoké úrovni. Není proto zaznamenána v procesním diagramu. Jsou-li všechny činnosti provedeny, a druhá vrstva v peci již vytvrzená, může se pokračovat dalším krokem. Následuje připevnění rentgenky. Rentgenka se položí na odlitou vrstvu polyuretanu a její anoda se připájí na vývod VVN sestavy. Následně je opět rozmíchán polyuretan a odlíje se poslední vrstva, kterou se zakryjí veškeré vysokonapěťové spoje. Po vytvrzení v peci se na odlitek přišroubuje svorkovnice, do které se připojí vyvedené kabely. Tento sled činností je zobrazen na následujícím obrázku.



Obrázek 25 - Kompletace VVN nádrže II. (zdroj: vlastní)

Po dokončení těchto činností je hotový odlitek zářiče. Následuje pouze finální kontrola, kterou provádí VN vývojový pracovník. Součástí měření je také vyzkoušení zářiče a udělení testovacího snímku. Tím se ověří, jestli nemá rentgenka zhoršené vlastnosti, například poškozeným terčíkem. Jedná se však o rutinní kontrolu, protože nové rentgenky na tyto poruchy netrpí. Kontrolní krok je důležitý hlavně pro ověření celkové funkčnosti. Zdroj záření se zatíží a po určité době se nechá zapnutý. Tím se ověří jeho stabilita a také dostatečná izolační pevnost. Pokud by v odlitku byly nedostatečné vzdálenosti mezi vývody nebo zatuhlé vzduchové bubliny, mohlo by dojít k vzájemnému přeskočení napětí. To může způsobit až zničení některé části VVN sestavy nebo i rentgenky.



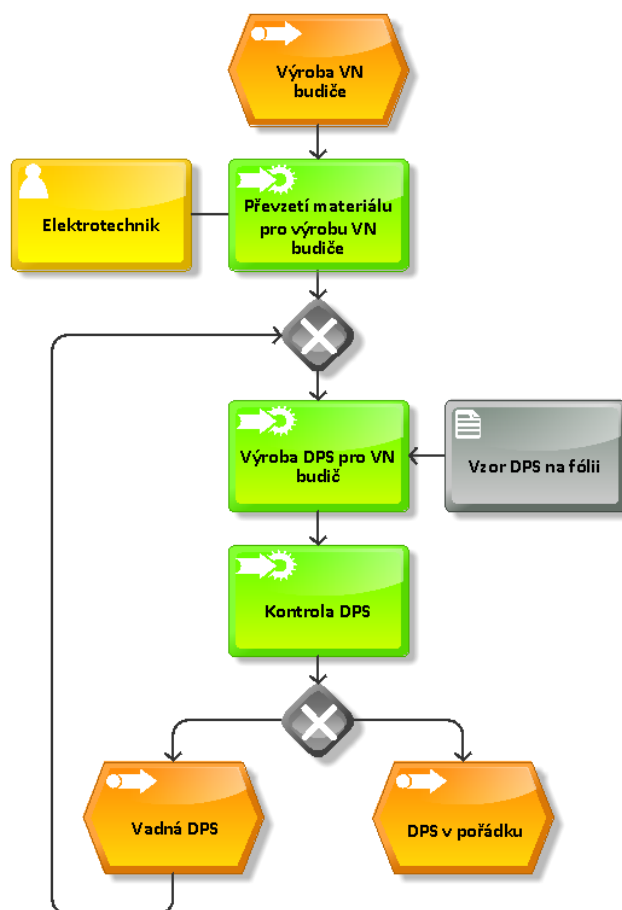
Obrázek 26 - Kompletace VVN nádrže III. (zdroj: vlastní)

Pokud odlitek s rentgenkou jako celek nefunguje, bohužel se nedá opravit. V takovém případě je vyroben zmetek a výroba VVN nádrže musí začít znovu. Jedná se však o situaci, která by vzhledem k předchozím kontrolám neměla nastat. Jedná se o nejdražší součást přístroje, takže musí být vždy stoprocentní. Přesto je potřeba tuto

kontrolu provést, aby mohla být potvrzena funkčnost jako celku. Otestovaná nádrž se již jen odstíní olověným plechem. Rentgenka je nastavená určitým směrem, kterým bude vyzařovat nejvíce záření. I tak ale do okolí vyzařuje další RTG záření, které ale nevyužíváme. Proto se odstíní olovem i samotná nádrž. Bude tak vyzařovat méně do okolního prostoru a zachovávat pouze svazek záření požadovaným směrem.

Budič VN

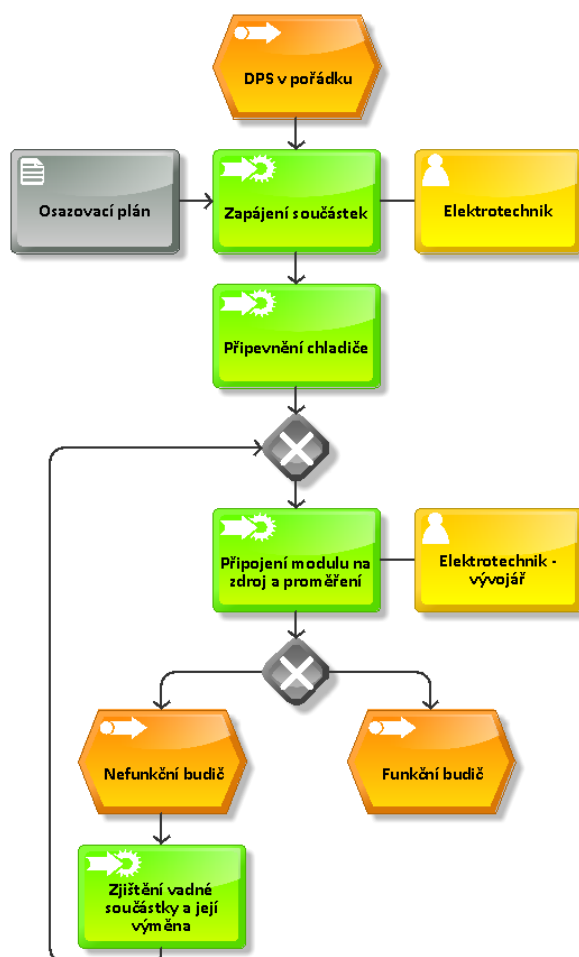
Výroba budiče VN se hodně podobá výrobě například zdrojů. Oproti předchozím se ale na budič plošný spoj neobjednává, ale vyrábí se vlastní. Proces výroby začíná převzetím materiálu pro výrobu, kde však není plošný spoj od výrobce, ale pouze podklady k výrobě a deska. Plošný spoj pro budič je pouze jednovrstvý a má velmi silné spoje. Proto je bez problémů možné jej vyrábět v podmínkách podniku.



Obrázek 27 - Výroba budiče VN I. (zdroj: vlastní)

Interně vyráběnou desku je nutné proměřit a zkontrolovat, zda jsou všechny cesty správně vyleptány. Pokud je plošný spoj špatný, je lepší vyrobit nový, než původní desku opravovat. U této desky by však neměl vznikat problém, a tak se její

opakovaná výroba očekává pouze výjimečně. Po kontrole plošného spoje je již proces velmi podobný s některými předchozími. Přichází na řadu osazení součástkami, připevnění chladiče a jeho kontrola. Kontrolu provádí elektrotechnik – vývojář. Pokud by budič nefungoval, vývojář zjistí vadu a budič opraví. Dokončovací fáze výroby budiče je znázorněna na **obrázku 28**.



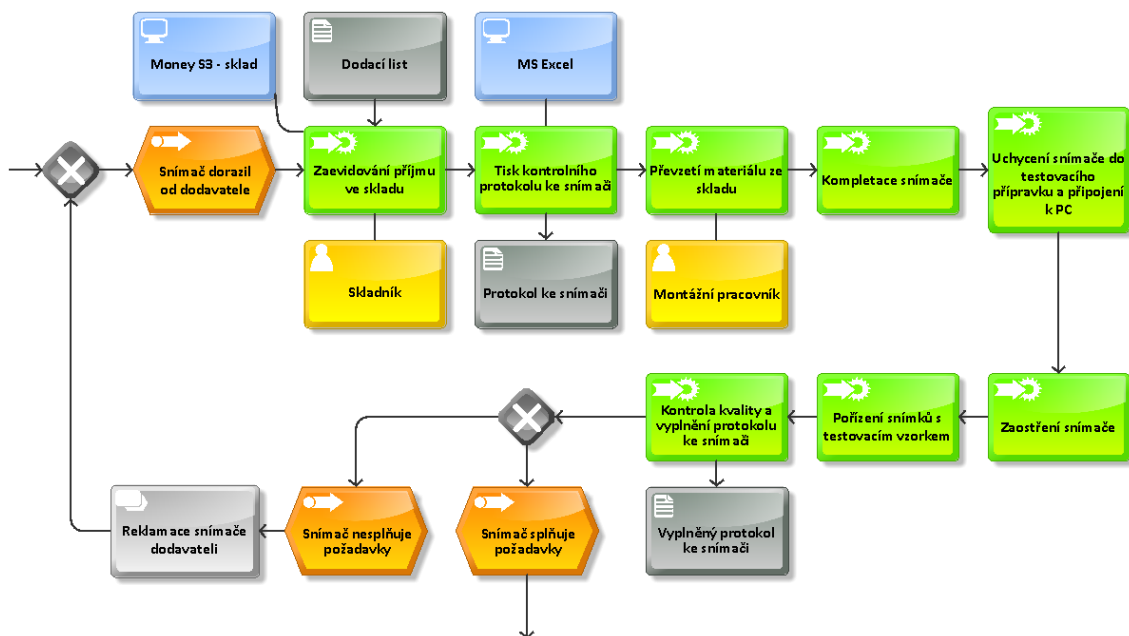
Obrázek 28 - Výroba budiče VN II. (zdroj: vlastní)

Vyrobením budiče budou veškeré komponenty pro zdroj záření hotovy a bude chybět už jen přidělat budič na nádrž a zapojit jej. Po připojení ještě pracovník doplní protokol o informace o budiči. Tím je zdroj zařízení připraven k montáži.

3.8.3 Kontrola snímače

Proces kontroly snímače je velmi jednoduchý souběh činností. Proces je možné začít až potom, co dorazí snímač od dodavatele. Příjem eviduje na základě dodacího listu skladník, který po zaevidování snímače do skladového systému vytiskne protokoly k testovanému snímači. Montážní pracovník pak převezme materiál včetně snímače ze

skladu a začne pracovat na samotné kontrole a testování. První, co bude muset pracovník udělat, je kompletace snímače. Snímač je složen z několika komponent, které jsou od dodavatele dodávány samostatně. Následuje uchycení snímače do speciálního přípravku určeného pro kontrolu a nastavování. Pracovník snímač připojí k počítači, kde je nainstalovaný ovládací program. Snímač inicializuje a doostří optickou část. Poté pořídí v testovací sestavě několik snímků a porovná kvalitu snímků. Jedná se hlavně o zjištění vad na senzoru nebo mechanických poruch. Po ověření kvality se o proběhlém testování uvede záznam do protokolu ke snímači. Tím je snímač připraven k montáži do přístroje. V případě, že by některé testovací kroky měly negativní průběh, je snímač reklamován u dodavatele. Problematické v této situaci budou časové prodlevy, protože se bude muset čekat na dodání nového snímače. Vzhledem k časové náročnosti některých jiných operací by však měla být i určitá časová rezerva pro případnou závadu. Proces je vizualizován na **obrázku 29**. V příloze je pak proces zapojen v celém schématu a má klasické vertikální uspořádání shora dolů.



Obrázek 29 - Kontrola snímače (zdroj: vlastní)

3.8.4 Kabeláž, měřicí a indikační prvky

Jednou z posledních částí v přístroji jsou kabelové rozvody a indikační prvky. V rámci výroby jsou připraveny všechny kabelové propojky, podle konkrétních kusovníků. Přístroj je navržený tak, aby byly cesty kabelových rozvodů co nejjednodušší. Jednotlivé desky jsou vždy propojeny co nejmenším množstvím kabelů.

Příprava je proto poměrně snadná. Z kotoučů se nastříhají správné délky kabelů od jednotlivých průřezů a barev. Kabely se poté nakrimpují a zalisují do konektoru. Zde je potřeba dodržet správné pořadí kabelů, aby nedošlo k prohození napájení nebo ke zkratu.

Měřicími a indikačními prvky jsou na přístroji myšleny signalizační LED diody, a ručkový měřicí přístroj. Lišta s LED diodami a deska pro měřicí přístroj se osadí součástkami, čímž jsou signalizační prvky připraveny a je možné je instalovat do panelu konstrukce.

3.8.5 Příprava mechanické konstrukce

Předchozí proces nemá počátek procesu závislý na nějakém předem dokončeném procesu. Příprava kabelů a signalizačního panelu je závislá pouze na skladových zásobách jednotlivých dílů. Ty bývají nakupovány po více kusech, takže jsou často skladem. Mechanická konstrukce se bude objednávat od dodavatele vždy na konkrétní přístroj. Je to z důvodů možných úprav a také kvůli finanční a prostorové zátěži. Výroba dodavatelem by měla trvat takovou dobu, aby se v daném čase stihly vyrobit veškeré ostatní komponenty. Výroba by měla být ještě o nějakou dobu kratší, aby bylo možné konstrukci převzít a připravit k montáži všech ostatních komponent.

Potom, co konstrukce dorazí od dodavatele, převezme ji skladník a zaeviduje její příjem do skladového systému. Poté si ji převezme montážní pracovník a zaznamená ji do výrobního protokolu přístroje. Poté konstrukci důkladně překontroluje, zda je kompletní a bezchybná. Po provedení kontroly demontuje kryty z konstrukce, aby ji mohl odstínit pomocí olověných plátů. Jakmile je konstrukce demontovaná, pracovník převezme ze skladu veškeré ostatní komponenty, které budou v přípravné fázi potřeba. Jedná se hlavně o nařezané olověné pláty pro odstínění, lepidla a ochranné plasty. Kromě toho budou mezi komponenty kola a ochranné magnetické kontakty, pomocí kterých se bude detekovat, jestli je víko přístroje zavřené. V případě, že by bylo víko otevřené, bude kontakt rozepnutý a v přístroji nepůjde spustit záření. Daný mechanismus je zakomponován z důvodu zvýšení bezpečnosti přístroje a předejití nechtěnému ozáření RTG zářením.

Následuje odstínění jednotlivých krytů konstrukce olovem a zakrytí ochrannými plasty. Lepení olova na stěny je poměrně problematické kvůli měkkosti olova. Z většiny lepidel je možné olovo po čase snadno sloupnout. Z toho důvodu se

používají ještě vnitřní plastové kryty, které zabrání nechtěnému loupání olova z krytů přístroje. Po dokončení odstínění se do konstrukce připevní magnetické kontakty a přišroubují se k ní kola. Po dokončení by měly být připraveny signalizační prvky, protože již vstupují do montáže. Kabelové rozvody se zabudují do konstrukce a do panelu se připevní signalizační panel s diodami, měřicí přístroj a bezpečnostní uzamykatelný vypínač.

3.8.6 Finální montáž přístroje

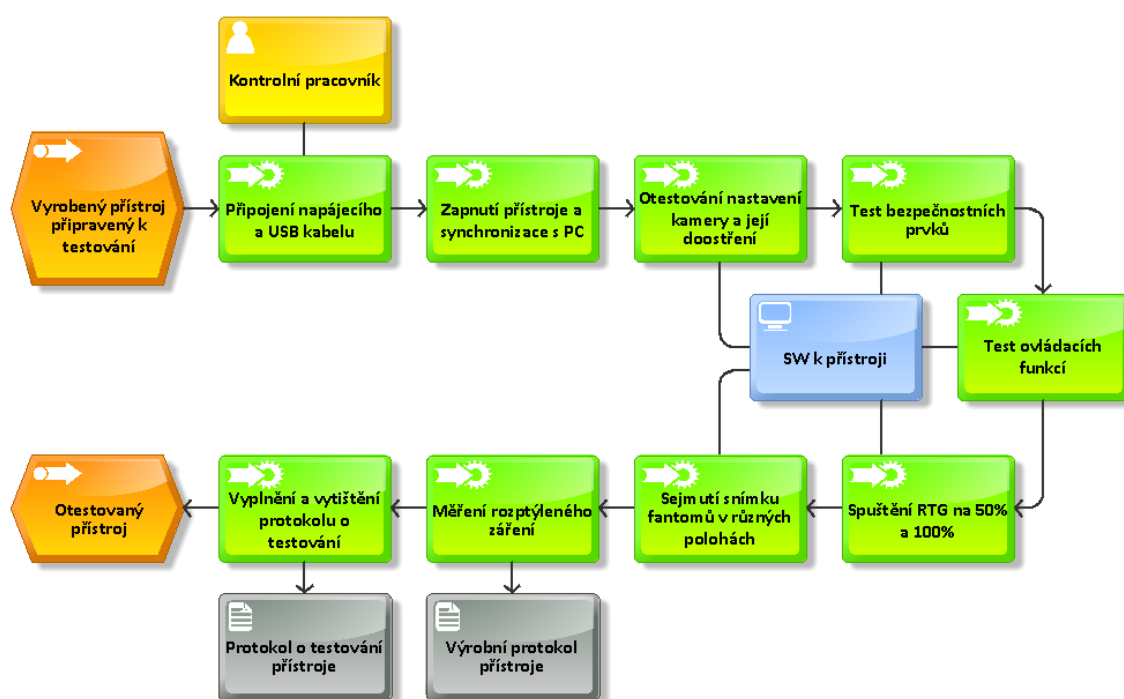
Finální montáž přístroje částečně začala již v předchozím kroku přípravami mechanické konstrukce. Poté, co je konstrukce připravena již schází namontovat jednotlivé komponenty, ať už dodané nebo vyrobené, a přístroj je hotový.

První, co se do konstrukce montuje, je hlavní napájecí zdroj. Protože byl zdroj po výrobě uložen do skladu, je potřeba ho nejdříve ze skladu převzít. S průběžnou optimalizací a rozšířením výroby by bylo dobré vynechávat skladovací kroky a více sladit proces tak, aby se zdroj akorát dodělal, když bude potřeba k montáži. Poté, co je namontovaný zdroj, je možné připevnit regulátor žhavení. I regulátor je potřeba před montáží převzít ze skladu. Dále následuje montáž otestovaného snímače, který se upevňuje na druhou stranu přístroje. Po této montáži je možné převzít mikroprocesorové řízení přístroje a přišroubovat na určené místo v přístroji. Závěrem se do konstrukce upevní stínítko (v případě, že není použit CCD snímač) a otočný stolek.

Jako poslední se do přístroje dává zdroj záření, který je také jednou z nejdéle vyráběných komponent. Po uchycení všech prvků se propojí instalovaná kabeláž s komponenty a celá konstrukce se sešroubuje. Následuje kontrola světelného průniku konstrukce. Tuto kontrolu je možné provést až potom, co je v konstrukci zabudován snímač a jeho připojení je kabelem vytaženo na konektor v konstrukci. Snímač je velmi citlivý na světlo a proto dokáže identifikovat i drobné průniky světla. V případě, že by se tato kontrola neprovedla, mělo by to za následek nekvalitní snímky. Pokud světlo již neproniká, vyplní se zbytek ve výrobním protokolu a přístroj je připraven ke kontrole.

3.9 Kontrola

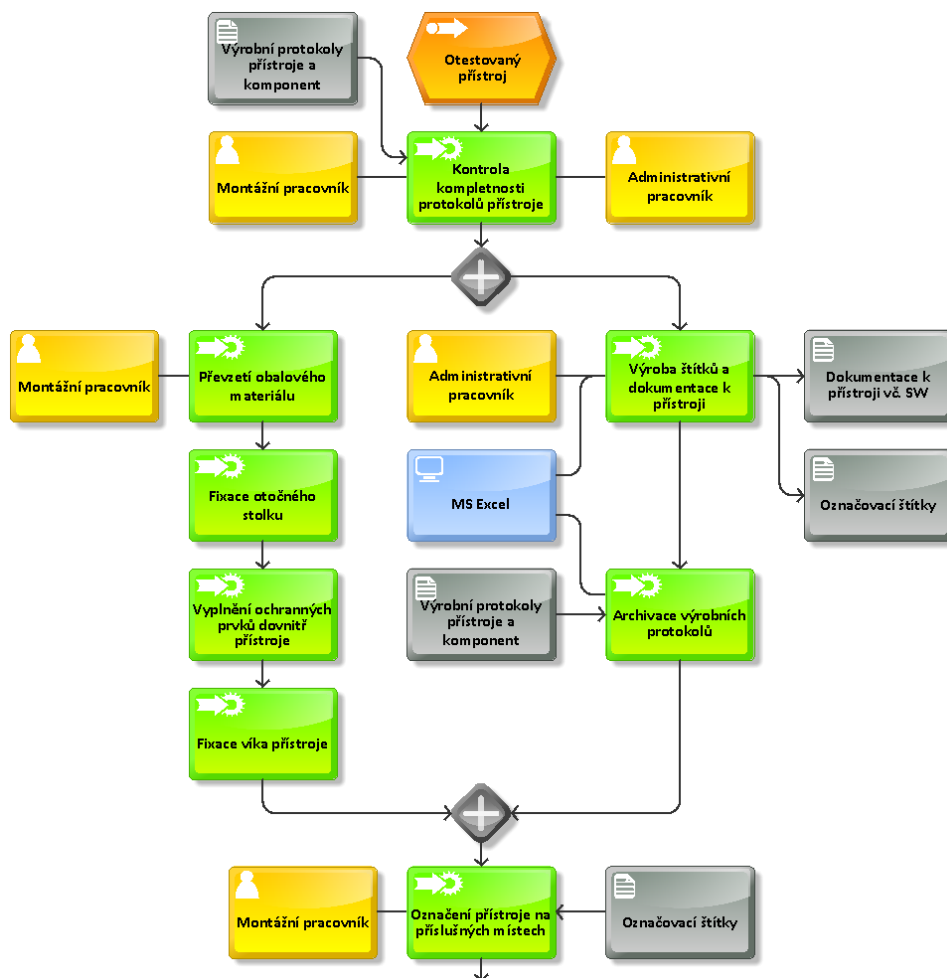
Po ukončení výroby a montáže je přístroj připraven na kontrolní proces. Jednotlivé komponenty v přístroji byly v průběhu výroby kontrolovány, takže tato kontrola je již zaměřena na komplexní funkčnost přístroje. Kontrolou přístroje je pověřený SW vývojář. V týmu zatím není žádný specializovaný kontrolní pracovník, protože by zřejmě nebyl plně vytiženy, proto kontrolu bude provádět pracovník, který umí dobře pracovat s ovládacím programem přístroje. Postup kontroly je znázorněn na **obrázku 30**. Výstupem bude kromě otestovaného přístroje také záznam hodnot z měření okolního záření přístroje a snímky s fantomem, zaneseným do stupnice přesnosti.



Obrázek 30 - Průběh kontroly přístroje (zdroj: vlastní)

3.10 Balení a příprava k expedici

Funkční a zkontrolovaný přístroj je třeba připravit k expedici zákazníkovi. Jedná se o poměrně velký a těžký přístroj, takže je potřeba uvažovat tato specifika i do přípravy k expedici. Proces přípravy k expedici je rozdělen na tři paralelní větve, z nichž jedna připravuje přístroj po administrativní formální stránce, druhá samotné fyzické chystání přístroje a třetí na přípravu převozního boxu a jeho převzetí od dodavatele.



Obrázek 31 - Příprava k expedici (zdroj: vlastní)

3.10.1 Administrativní příprava přístroje

Na prvním administrativním kroku spolupracuje montážní pracovník s administrativním. V průběhu montáže společně s přebíranými komponenty putují také jednotlivé výrobní protokoly. Cílem tohoto kroku je zkontrolovat veškeré výrobní protokoly ke komponentám přístroje, a doplnit případné nesrovnalosti. Je třeba také

potvrdit shodnost výrobních čísel, kterými jsou komponenty identifikovány. Pokud jsou všechny protokoly vyplněny správně, montážní pracovník začne fyzicky připravovat přístroj a administrativní pracovník zajistí další administrativní podklady k přístroji. Hned v dalším kroku pracovník protokoly zpracuje a vloží do databáze. Z vložených dat vyexportuje štítky přístroje a další dokumentaci k němu. Vytiskne také rodokmen přístroje, na kterém budou uvedeni pracovníci, kteří se podíleli na výrobě přístroje pro daného zákazníka. Přístroj díky této snadno implementovatelné metodě získá u zákazníka na kreditu. Mezi dokumenty připravovanými pracovníkem budou také pokyny k oznámení přístroje úřadu SÚJB. Oznámení bude již s před vyplněným typem přístroje a informacemi o něm. V případě výroby pro konečného zákazníka je možné oznámení vyplnit úplně včetně informací o uživateli. Po kompletaci dokumentů ještě vypálí CD a připraví USB flash disk s řídicím programem a elektronickou dokumentací k přístroji.

Jakmile jsou dokumenty připraveny, je možné archivovat jednotlivé výrobní dokumenty ke komponentám přístroje. Ty se archivují jednak v elektronické formě a jednak ve fyzické papírové podobě. K zákazníkovi se dostane pouze souhrnný „rodokmen“.

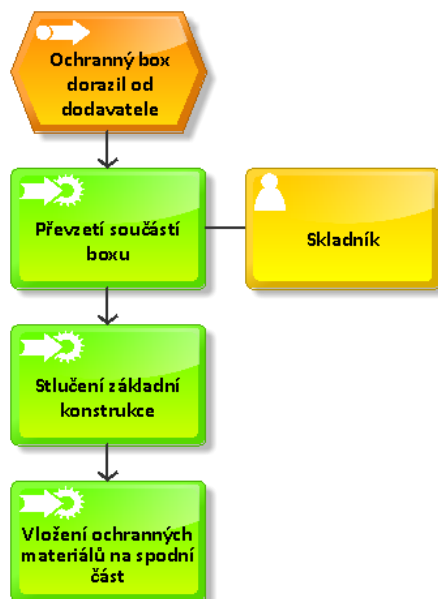
3.10.2 Fyzická příprava přístroje

Vyrobený přístroj je potřeba před úplným zabalením nejprve připravit k balení. Nejdůležitější je zafixovat veškeré pohyblivé části přístroje, které by se mohly při manipulaci hýbat. Celý finální přístroj se bude převážet na paletových vozících, takže jeho příprava je důležitá. Uvnitř přístroje se fixační páskou uchytlí stolek k pevné části přístroje tak, aby se nemohl pohnout. Vnitřní prostor se vyplní ochrannými polystyreny a zafixuje se víko proti otevření. Takto připravený přístroj je možné označit výrobními štítky, které v průběhu příprav vytvořil administrativní pracovník.

3.10.3 Příprava převozního boxu

Přepravní box by měl od dodavatele dorazit v takovou dobu, aby jej bylo možné před balením připravit. Přepravní box by měl být v rámci úspor prostoru dodáván v demontovaném stavu s tím, že se poskládá v průběhu balení. Obalovým boxem by měla být dřevěná bedna, která bude mít jako dno použitou paletu

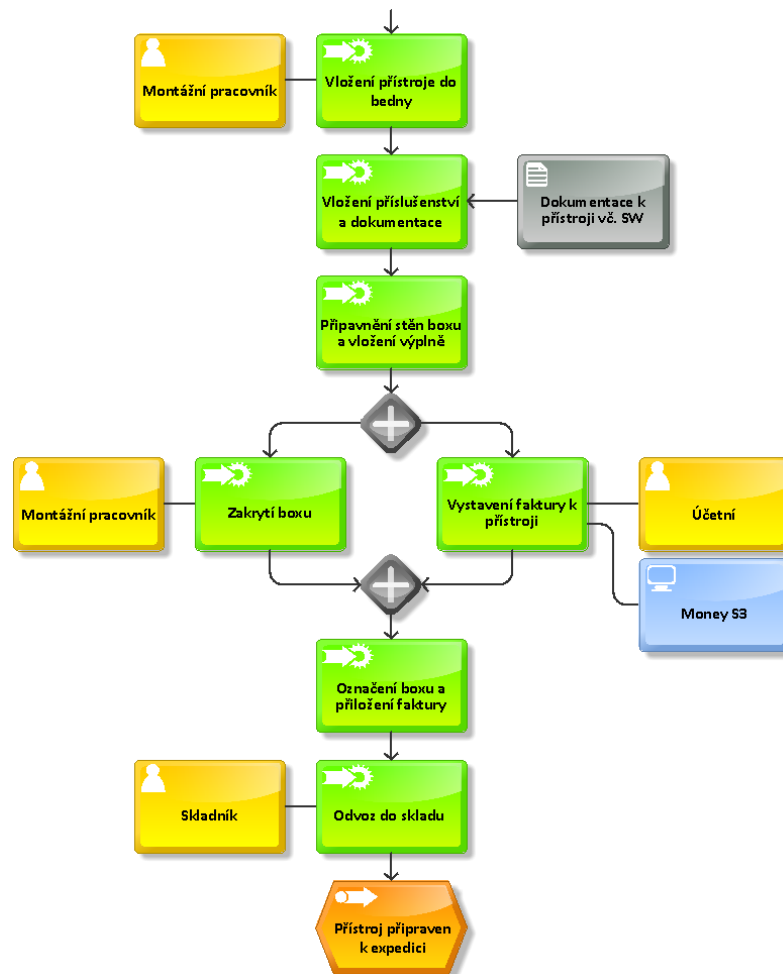
standardizovaného rozměru. Na ni pracovník uchytí fixační součásti a ochranné polystyrenové výlisky, které pomohou přístroj zafixovat.



Obrázek 32 - Příprava boxu (zdroj: vlastní)

3.10.4 Finální balení

Po dokončení všech předchozích částí procesu je možné přístroj finálně zabalit. Připravený přístroj je možné vložit na paletové dno boxu a stáhnout stahovacími páskami. Následně se na paletu přitlučou boční stěny. Postupná montáž boxu je zde z důvodů snadnější manipulace s přístrojem a lepší možnost fixace. Do vyrobeného boxu se k přístroji přiloží dokumentace a ovládací SW. Volný prostor v boxu se vyplní ochranným materiálem. Poté je box zakryt a zafixován, zatímco účetní vystaví fakturu pro zákazníka. Zabaleny přepravní box je označen a je k němu přiložena faktura. Skladník hotový kus převezde do skladu. Pokud se podaří dobře nastavit výrobní doby, mohl by být vyrobený kus rovnou předáván dopravci a nemusel by se ukládat do skladu. Tím by se ušetřilo za skladovací prostor, který prozatím zůstane zachován.



Obrázek 33 - Finální zabalení přístroje (zdroj: vlastní)

3.11 Přínos navržených procesních map

Zpracováním výrobního procesu do vizuální podoby došlo k definování celého postupu produktu v organizaci. Vizuální zobrazení poskytuje možnost náhledu na komplexní proces, který umožňuje jednodušeji vnímat souvislosti mezi jednotlivými procesy výroby. Sestavením procesní mapy došlo ke standardizaci procesu a jasnému definování zúčastněných osob. Při tvorbě výrobního procesu byl navržen také způsob evidování a pohybu výrobních dokumentů. Pomocí dokumentů bude možné přesně identifikovat, kdo pracoval na důležitých komponentách přístroje, a jaké dosahují kvality. Jako vedlejší efekt zavedení tohoto systému kontroly je očekávána také vyšší motivace zaměstnanců, protože každý bude mít své jméno na produktu, a tím jasně dohledatelnou referenci své dobře odvedené práce. Díky tomu bude mít produkt vyšší hodnotu z pohledu kvality i pro zákazníky, protože bude přesně vědět, kdo mu přístroj vyráběl. Sestavením výrobního procesu mapy je možné identifikovat, kdy vzniká

potřeba materiálu. To umožňuje lépe plánovat nákup a vydávat materiál do výroby. Z takto rozepsaného výrobního procesu je možné lépe určit dobu trvání celé výroby.

V současné době však chybí společnosti ERP systém, kde by bylo možné propojit jednotlivé oblasti, a evidovat všechny detailní informace o průběhu výroby. S rozšiřováním podniku bude třeba tento systém zavést. Pokud však budou takto nastavené procesy fungovat i bez ERP systému, bude jeho zavedení mnohem snadnější. Dostupným ERP systémem by měl být pro společnost například systém MONEY S4, na který se díky účetnímu systému S3 bude přecházet velice snadno.

Přínos z procesních map bude i při přijímání nových pracovníků. Zaměstnanec se bude moci seznámit s procesem společnosti nejprve touto formou, a až poté ho začít vykonávat. Zaměstnanci by měli díky tomu lépe znát celkové procesy a tím zajistit plynulejší průběh materiálu.

Výpočet návratnosti návrhu ukázal, že nastavená výroba produktu je rentabilní již při výrobě 63 ks za rok. Konkrétní výpočet je uveden v *příloze č. 9*. Přejít na automatizovanou výrobu se podniku za současných podmínek vyplatí až při překročení 360 ks ročně.

Závěr

Zahájení výroby nového produktu je pro každý podnik velmi náročné. Po ukončení vývoje produktu je však nutné tuto náročnou cestu absolvovat, aby nebyl celý vývoj pouze zbytečnou investicí. Zahájení výroby je jedním z nejdůležitějších kroků při dostávání produktu na trh. Práce shrnuje teoretické poznatky potřebné k porozumění smyslu výroby a jeho hlavních oblastí. Řízení výroby je velmi komplexní disciplína, která v moderním podniku propojuje veškeré oblasti a zapojuje do činností například i pracovníky nákupu nebo vývoje. V rámci práce byly provedeny všechny nezbytné kroky pro naplánování výroby, a to včetně vizuálního vymodelování procesních map, stanovení počtu pracovníků, pracovišť a jejich rozložení v rámci podniku. V rámci práce byla stanovena také ekonomická stránka výroby, jako například náklady procesů, rozpis mzdových nákladů nebo výpočet bodu zvratu podniku.

Výrobní proces bude potřeba průběžně upravovat a zlepšovat podle zásad Demingova cyklu. Nyní je výrobní proces nastaven na formu zakázkové výroby až do objemu 200 ks ročně. Forma zakázkové výroby se projeví v tom, že jsou veškeré komponenty vyráběny a přístroj sestaven až po vzniku poptávky.

Procesní řízení je dlouhodobá, nikdy nekončící aktivita. Zmapování výrobního procesu je pouze začátek implementace procesního řízení a musí se ještě zmapovat a nastavit i ostatní podnikové procesy. Zmapování celého podniku a jeho veškerých procesů by však značně přesahovalo rozsah této práce a navíc by nekorespondovalo s cíli práce. Do jaké míry je zpracování výrobního procesu přesné a je možné hodnotit až po aplikaci do praxe. Mohou vznikat časové nesrovnalosti či jiné problémy, které bude možné zlepšovat až průběžně po zavedení.

Pro podnik bude nyní rozhodující fáze implementace tohoto přístupu. V rámci ní musí být připraveny veškeré formuláře potřebné pro průběžné evidování záznamů z výroby. Do dalšího období by měla společnost uvažovat také o pořízení lepšího informačního systému, díky kterému bude moct lépe sledovat celý průběh zakázky i rozpracovanost výroby. S postupným rozšiřováním výroby by mělo dojít ke stanovení několika rozměrových variant a odstranění možnosti individuálního návrhu. Navrhování i výroba upravené konstrukce je totiž časově náročnější, než v případě standardizovaných rozměrů. Pro lepší a přesnější plánování bude potom vhodné zvolit několik variant a individuální úpravy neprovádět.

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka	Význam
BGA	Ball grid array
CCD	Charge coupled device – dru
CEO	Chief executive officer
CFO	Chief financial officer
CMOS	Complementary metal oxide semiconductor
COO	Chief operating officer
CT	Computed Tomography – Výpočetní tomografie
DPP	Dohoda o provedení práce
ERP	Enterprise Resource Planning
GM trubice	Geiger-Müllerův čítač
HPP	Hlavní pracovní poměr
HW	Hardware
JIT	Just-in-Time
LED	Light-Emitting Diode – dioda emitující světlo
Mpx	Mega pixel
MRP	Material Requirement Planning
MRP II	Manufacturing Resource Planning
MS	Microsoft
OPT	Optimized production Technology
PR	Public Relations
PU	Polyuretan
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SW	Software
TPV	Technická příprava výroby
TQM	Total Quality Management
VN / VVN	Vysoké napětí / Velmi vysoké napětí
ZIZ	Zdroj ionizujícího záření

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Výroba jako transformační proces (zdroj: MAKOVEC J. 1996.)	14
Obrázek 2 - Příklad struktury ERP systému (zdroj: KEŘKOVSKÝ M. 2009.)	20
Obrázek 3 - Schéma procesu (GRASSEOVÁ M. a kol. 2008.)	24
Obrázek 4 - Vizualizace Demingova cyklu (KARLÖF B. LÖVINGSSON F.H. 2006.)	30
Obrázek 5 - Schéma sestavy k zobrazování pomocí RTG záření (zdroj: vlastní)	32
Obrázek 6 - Rentgenový snímek ruky (zdroj: www.ortodoncie-zlin.cz. 2014.)	33
Obrázek 7 - Ruční spektrometr DELTA (zdroj: www.bas.cz. 2014.)	33
Obrázek 8 - Čip v pouzdře typu BGA (zdroj: www.digkey.com, 2014)	34
Obrázek 9 - Porovnání dopadu rozdílné velikosti ohniska (zdroj: vlastní)	36
Obrázek 10 - Snímek - rentgenka s malým ohniskem (zdroj: rfsystemlab.com. 2014.)	37
Obrázek 11 - Snímek z rentgenky s běžným ohniskem (zdroj: vlastní)	37
Obrázek 12 - Blokové schéma přístroje (zdroj: vlastní)	42
Obrázek 13 - Znázornění procesů (zdroj: vlastní)	46
Obrázek 14 - Organizační struktura (zdroj: vlastní)	59
Obrázek 15 - Odpovědnostní organizační struktura (zdroj: vlastní)	60
Obrázek 16 - Zobrazení paralelizace procesů (zdroj: vlastní)	62
Obrázek 17 - Zajištění komponent přístroje I. (zdroj: vlastní)	65
Obrázek 18 - Zajištění mechanické konstrukce (zdroj: vlastní)	67
Obrázek 19 - Zajištění ostatních komponent pro výrobu (zdroj: vlastní)	70
Obrázek 20 - Výroba hlavního zdroje I (zdroj: vlastní)	72
Obrázek 21 - Výroba hlavního zdroje II. část (zdroj: vlastní)	73
Obrázek 22 - Struktura výroby zdroje RTG (zdroj: vlastní)	76
Obrázek 23 - Výroba VVN sestavy a příprava mechanické části nádrže (zdroj: vlastní)	77
Obrázek 24 - Kompletace VVN nádrže I. (zdroj: vlastní)	79
Obrázek 25 - Kompletace VVN nádrže II. (zdroj: vlastní)	80
Obrázek 26 - Kompletace VVN nádrže III. (zdroj: vlastní)	80
Obrázek 27 - Výroba budiče VN I. (zdroj: vlastní)	81
Obrázek 28 - Výroba budiče VN II. (zdroj: vlastní)	82
Obrázek 29 - Kontrola snímače (zdroj: vlastní)	83
Obrázek 30 - Průběh kontroly přístroje (zdroj: vlastní)	86
Obrázek 31 - Příprava k expedici (zdroj: vlastní)	87
Obrázek 32 - Příprava boxu (zdroj: vlastní)	89
Obrázek 33 - Finální zabalení přístroje (zdroj: vlastní)	90

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Hlavní činnosti řízení jakosti z hlediska výrobního procesu (TOMEK G. VÁVROVÁ V. 2000.)	29
Tabulka 2 - Popis k obrázku 5 (zdroj: vlastní).....	32
Tabulka 3 - Popis k obrázku 9 (zdroj: vlastní).....	36
Tabulka 4 - Kusovník přístroje (zdroj: vlastní)	44
Tabulka 5 - Osazované desky a objemy k zavedení osazování automaty (zdroj: vlastní).....	54
Tabulka 6 - Přehled podnikových pracovišť (zdroj: vlastní)	56
Tabulka 7 - Přehled pracovníků (zdroj: vlastní)	57

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN ISO 9001:2001 *Systémy managementu jakosti – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut
- [2] DRASTICH, A. *Tomografické zobrazovací systémy*. 1. vyd. Brno: VUT, 2004, 208 s. ISBN 80-214-2788-4.
- [3] GRASSEOVÁ M. a kol. *Procesní řízení ve veřejném i soukromém sektoru*. Brno: Computer Press, 2008. 266 s. ISBN 978-80-251-1987-7.
- [4] JANIŠOVÁ, D., a KŘIVÁNEK, M. *Velká kniha o řízení firmy: [praktické postupy pro úspěšný rozvoj]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 394 s. ISBN 978-80-247-4337-0.
- [5] JUROVÁ, M. a kol. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2013. 272 s. ISBN 978-80-2650-059-9.
- [6] JUROVÁ, M. *Logistika: (pro obor Management v podnikání) : studijní text pro kombinované studium*. Vyd. 1. Brno: Vysoká škola Karla Engliše, 2010, 48 s. ISBN 978-80-86710-17-4.
- [7] JUROVÁ, M. *Řízení výroby*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 219 s. ISBN 978-80-214-4370-9.
- [8] KARLÖF, B. LÖVINGSSON, F. H. *Management od A do Z: klíčové pojmy a termíny*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2006. 309 s. ISBN: 80-251-1001-X
- [9] KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*, 2. vydání. Praha: Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-80-7400-119-2.
- [10] KUCHARČÍKOVÁ, A. et al. *Efektivní výroba: využijte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 344 s. ISBN 978-80-251-2524-3.
- [11] LIKER, J.K. *Tak to dělá Toyota. 14 zásad největšího světového výrobce*. Dotisk 1. vydání. Praha: Management Press, 2010. 392 s. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [12] MAKOVEC, J. *Organizace a plánování výroby*. dotisk 1.vyd. Praha: VŠE, 1996, 274 s. ISBN 80-7079-171-3.
- [13] MAKOVEC, J. *Základy řízení výroby*. 3.dotisk 1.vyd. Praha: VŠE, 1996, 98 s. ISBN 80-7079-110-1.
- [14] ŘEPA, V. *Procesně řízená organizace*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2012. 304 s. ISBN 978-80-247-4128-4.

- [15] ŘEPA, V. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007. 281 s. ISBN 978-802-4722-528.
- [16] SOUČEK, Z., MAREK, J. *Strategie úspěšného podniku (systém strategického řízení)*. 1.vyd. Ostrava: Montanex, 1998, 180 s. ISBN 80-85780-93-3.
- [17] ŠTEFÁNEK, R. a kol. *Projektové řízení pro začátečníky*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011. 304 s. ISBN: 978-80-251-2835-0
- [18] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby a nákupu*. 1. Vydání. Praha: Grada Publishing, 2007. 384 s. ISBN 978-80-247-1479-0.
- [19] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2000, 408 s. ISBN 80-7169-955-1.
- [20] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 366 s. ISBN 978-80-247-4486-5.
- [21] TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1.vyd. Praha: Management Press, 1999, 276 s. ISBN 80-85943-73-5.
- [22] TYLOR, J., *Začínáme řídit projekty*. Vyd. 1., Brno: Computer Press, 2007. 215s, ISBN 978-80-251-1759.
- [23] VEJDĚLEK, J. *Jak zlepšit výrobní proces*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998, 75 s. ISBN 80-7169-583-1.

Internetové zdroje

- [24] AMTECH, *Elektrotechnické vybavení* [online]. [cit. 2014-05-05].
Dostupné z <<http://www.amtech.cz/>>
- [25] ARIS Community, *ARIS Express* [online]. [cit. 2014-03-12].
Dostupné z <<http://www.ariscommunity.com/aris-express>>
- [26] BAS, *Spektrometry* [online]. [cit. 2014-04-15].
Dostupné z <www.bas.cz>
- [27] DIGI-KEY, *Elektronické součástky* [online]. [cit. 2014-04-12].
Dostupné z <www.digikey.com>
- [28] GE Measurement & Control, *Radiography (X-ray) – Non-Destructive Testing* [online]. [cit. 2014-04-18].
Dostupné z <<http://www.ge-mcs.com/en/radiography-x-ray.html>>
- [29] LOMA SYSTEMS, *Rentgenové kontrolní systémy* [online]. [cit. 2014-05-02].
Dostupné z <http://www.loma.com/_cz/lo_xr.shtml>
- [30] MONEY, *Money S3* [online]. [cit. 2012-04-28].
Dostupné z <<http://www.money.cz/money-s3/>>
- [31] MONEY, *Money S4* [online]. [cit. 2012-04-28].
Dostupné z <<http://www.money.cz/money-s4/>>
- [32] RF SYSTEM Lab., *Snímky z RTG kontroly* [online]. [cit. 2014-04-15].
Dostupné z <<http://industry.rfsystemlab.com/e/application/xray/electron.html>>
- [33] SMT Centrum, *Kontrola pomocí RTG* [online].
Dostupné z <<http://www.smtcentrum.cz/kontrolni-systemy/kontrola-pomoci-rtg/>>
- [34] ULLMANN V., *Radiační ochrana při práci se ZIZ v medicíně* [online]. [cit. 2014-03-15].
Dostupné z <<http://astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm>>

Zákoníky a vyhlášky

Vyhláška č.307/2002 Sb. o radiační ochraně

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Kusovník přístroje včetně materiálových nákladů. Zdroj: vlastní

Příloha č. 2 – Technologické postupy. Zdroj: vlastní

Technologický postup – Výroba hlavního zdroje

Technologický postup – Výroba regulátoru žhavení

Technologický postup – Výroba řídicí desky

Technologický postup – Výroba VVN nádrže s rentgenkou

Technologický postup – Výroba VN budiče

Technologický postup – Výroba kabeláže

Technologický postup – Příprava snímače

Technologický postup – Příprava mechanické konstrukce

Technologický postup – Montáž přístroje

Technologický postup – Kontrola

Technologický postup – Balení a příprava k expedici

Příloha č. 3 – Stanovení počtu pracovníků/úvazků podle užití při výrobě 200ks. Zdroj: vlastní

Příloha č. 4 – Úplný rozpis nákladů na lidské zdroje. Zdroj: vlastní

Příloha č. 5 – Rozvržení výrobního prostoru - popis na následující straně Zdroj: vlastní

Příloha č. 6 – Popis pracovišť a výpočet nákladů na prostory a odpisy. Zdroj: vlastní

Příloha č. 7 – Výpočet nejvhodnější směnnosti. Zdroj: vlastní

Příloha č. 8 – Porovnání výhodnosti osazování na automatických linkách (zdroj: vlastní)

Příloha č. 9 – Analýza bodu zvratu. Zdroj: vlastní

Příloha č. 10 – Návrh výrobního formuláře přístroje

Příloha č. 11 – Návrh interní materiálové výdejky

Příloha č. 12 – Vizualizace výrobního procesu

Příloha č. 1 – Kusovník přístroje včetně materiálových nákladů. Zdroj: vlastní

Číslo v kusovníku	Popis	Cena materiálu
1	Mechanická konstrukce	76 400 Kč
1.1	Kovová konstrukce	42 000 Kč
1.2	Stínící olovo	15 000 Kč
1.3	Spojovací materiál	2 000 Kč
1.4	Otočný stolek	5 400 Kč
1.5	Stínítko	12 000 Kč
2	Hlavní zdroj	4 300 Kč
2.1	Plošný spoj	1 600 Kč
2.2	Elektronické součástky	1 300 Kč
2.3	Krabička	200 Kč
2.4	Síťový zdroj	1 200 Kč
3	Regulátor žhavení	1 600 Kč
3.1	Plošný spoj	700 Kč
3.2	Součástky	900 Kč
4	Snímač	42 000 Kč
5	Řídící deska	3 000 Kč
5.1	Plošný spoj	1 400 Kč
5.2	Součástky	1 600 Kč
6	Zdroj záření	74 250 Kč
6.1	VVN nádrž	73 000 Kč
6.1.1	Součástky	13 000 Kč
6.1.2	Odlévací box	300 Kč
6.1.3	Stínící fólie	800 Kč
6.1.4	PU hmota	2 500 Kč
6.1.5	Propojovací kabely	500 Kč
6.1.6	Rentgenka	55 000 Kč
6.1.7	Chladič	150 Kč
6.1.8	Konektory	250 Kč
6.1.9	Stínící olovo	500 Kč
6.2	VN budič	1 250 Kč
6.2.1	Plošný spoj	250 Kč
6.2.2	Součástky	600 Kč
6.2.3	Chladič	100 Kč
6.2.4	Spojovací materiál	300 Kč
7	Kabeláž	680 Kč
7.1	Kabely	200 Kč
7.2	Konektory	480 Kč
8	Měřicí, indikační a bezpečnostní prvky	490 Kč
8.1	Plošný spoj pro LED	80 Kč
8.2	Plošný spoj pro měřicí přístroj	80 Kč
8.3	Led diody	30 Kč
8.4	Měřicí přístroj	300 Kč
9	Přepravní box	13 000 Kč
Celkem		215 720 Kč

Příloha č. 2 – Technologické postupy. Zdroj: vlastní

Technologický postup – Výroba hlavního zdroje						
Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Převzetí materiálu ze skladu	Sklad	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
20	Osazení hlavního zdroje	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	50	181 Kč
30	Proměření funkčnosti hlavního zdroje	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	40	145 Kč
40	Obroušení značení součástek	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	15	54 Kč
50	Zabudování zdroje do krabičky	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	30	109 Kč
60	Připojení síťového zdroje	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	20	73 Kč
70	Označení zdroje parametry a výrobním číslem	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	20	73 Kč
80	Uložení do skladu	Sklad	Elektrotechnik	6	15	54 Kč
Celkem					200	725 Kč

Technologický postup – Výroba regulátoru žhavení						
Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Převzetí materiálu ze skladu	Sklad	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
20	Osazení regulátoru	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	30	109 Kč
30	Proměření funkčnosti regulátoru	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	20	73 Kč
40	Obroušení značení součástek	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	15	54 Kč
50	Uložení do skladu	Sklad	Elektrotechnik	6	15	54 Kč
Celkem					90	326 Kč

Technologický postup – Výroba řídicí desky

Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Převzetí materiálu ze skladu	Sklad	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
20	Osazení mikroprocesorové části desky	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	50	181 Kč
30	Připojení desky ke zdroji	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
40	Připojení programátoru	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	15	54 Kč
50	Naprogramování řídicího procesoru	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	15	54 Kč
60	Obroušení značení součástek	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	15	54 Kč
70	Vyznačení výrobního čísla	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
80	Osazení ostatních součástek na desce	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	40	145 Kč
90	Zabalení do antistatického sáčku	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	5	18 Kč
100	Otestování funkčnosti celé desky	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	35	127 Kč
110	Zaevidování řídicí desky do systému	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	20	73 Kč
120	Uložení do skladu	Sklad	Elektrotechnik	6	15	54 Kč
Celkem					240	868 Kč

Technologický postup – Výroba VVN nádrže s rentgenkou

Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Převzetí součástí ze skladu	Sklad	Elektrotechnik VN	6	20	73 Kč
20	Zapájení VVN soustavy	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik VN	6	50	181 Kč
30	Testování sestavy v oleji	Stíněný prostor	Elektrotechnik - vývojář VN	10	45	234 Kč
40	Odmaštění sestavy od oleje	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik VN	6	40	145 Kč
50	Převzetí materiálu na nádrž ze skladu	Sklad	Montážní pracovník	6	10	36 Kč
60	Označení nádrže výrobním číslem	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
70	Obalení nádrže stínicí fólií	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
80	Namíchání PU a odlití izolační vrstvy	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
90	Tuhnutí v peci	Pec		0	60	0 Kč
100	Naskládání VVN sestavy do nádrže	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
110	Zapájení jednotlivých komponent, vyvedení kabelů	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
120	Namíchání PU a zalití VVN sestavy	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
130	Uchycení chladiče na rentgenku	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
140	Připojení kabelů zhavení	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
150	Proměření rentgenky	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
160	Tuhnutí v peci	Pec		0	60	0 Kč
170	Umístění rentgenky a připájení na VVN sestavu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
180	Zalití rentgenky do PU	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
190	Tuhnutí v peci	Pec		0	60	0 Kč
200	Uchycení konektorů a kabelů do nich	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
210	Vyzkoušení funkčnosti odlitku	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
220	Odstínění nádrže olovem	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
Celkem					670	1 850 Kč

Technologický postup – Výroba VN budiče

Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Převzetí materiálu pro výrobu VN budiče	Sklad	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
20	Výroba DPS pro VN budič	Výroba DPS	Elektrotechnik	6	40	145 Kč
30	Kontrola DPS	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	20	73 Kč
40	Zapájení součástek	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	30	109 Kč
50	Přípevnění chladiče	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
60	Připojení modulu na zdroj a proměření	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	20	73 Kč
Celkem					130	472 Kč

Technologický postup – Výroba kabeláže

Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Převzetí materiálu pro kabeláže ze skladu	Sklad	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
20	Příprava kabelů pro rozvod v přístroji	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	30	109 Kč
30	Osazení DPS k měřicímu přístroji	Elektrotechnické pracoviště	Elektrotechnik	6	10	36 Kč
Celkem					50	181 Kč

Technologický postup – Příprava snímače						
Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Zaevidování příjmu ve skladu	Sklad	Skladník	5	20	54 Kč
20	Tisk kontrolního protokolu ke snímači	Sklad	Skladník	5	20	54 Kč
30	Převzetí materiálu ze skladu	Sklad	Montážní pracovník	6	10	36 Kč
40	Kompletace snímače	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
50	Uchycení snímače do testovacího přípravku a připojení k PC	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
60	Zaostření snímače	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	25	91 Kč
70	Pořízení snímku s testovacím vzorkem	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
80	Kontrola kvality a vyplnění protokolu ke snímači	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	25	91 Kč
Celkem					170	581 Kč

Technologický postup – Příprava mechanické konstrukce						
Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Zaevidování příjmu konstrukce ve skladu	Sklad	Skladník	5	15	41 Kč
20	Evidence konstrukce do výrobního protokolu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
30	Optická kontrola mechanické konstrukce	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
40	Demontáž krytů z konstrukce	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
50	Převzetí materiálu pro montáž konstrukce ze skladu	Sklad	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
60	Odstínění mechanické konstrukce	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	90	327 Kč
70	Montáž kol a magnetických kontaktů	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
Celkem					215	767 Kč

Technologický postup – Montáž přístroje

Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Instalace kabelových rozvodů v přístroji	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
20	Montáž měřicích, indikačních a bezpečnostních prvků do panelu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
30	Převzetí hlavního zdroje ze skladu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
40	Montáž hlavního zdroje do přístroje	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
50	Převzetí regulátoru žhavení ze skladu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
60	Montáž regulátoru žhavení do přístroje	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
70	Převzetí otestovaného snímače ze skladu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
80	Montáž otestovaného snímače	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
90	Převzetí mikroprocesorového řízení ze skladu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
100	Montáž mikroprocesorového řízení	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
110	Montáž stínítka	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	10	36 Kč
120	Montáž otočného stolku	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	10	36 Kč
130	Přišroubování VN budiče na nádrž	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
140	Připojení budiče na vstup nádrže	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	10	36 Kč
150	Doplnění výrobního protokolu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	40	145 Kč
160	Montáž zdroje RTG záření	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
170	Zapojení kabeláže	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	25	91 Kč
180	Sešroubování konstrukce	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
190	Kontrola světelného průniku	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
200	Vyplnění protokolu přístroje	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
Celkem					390	1 416 Kč

Technologický postup – Kontrola

Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Připojení napájecího a USB kabelu	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	10	42 Kč
20	Zapnutí přístroje a synchronizace s PC	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	20	84 Kč
30	Otestování nastavení snímače a jeho doostření	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	30	126 Kč
40	Test bezpečnostních prvků	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	20	84 Kč
50	Test ovládacích funkcí	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	40	168 Kč
60	Spuštění RTG na 50% a 100%	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	40	168 Kč
70	Sejmutí snímku fantomů v různých polohách	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	30	126 Kč
80	Měření rozptýleného záření	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	70	293 Kč
90	Vyplnění a vytištění protokolu o testování	Kontrolní pracoviště	Kontrolní pracovník	9	40	168 Kč
Celkem					300	1 561 Kč

Technologický postup – Balení a příprava k expedici

Č. op.	Popis	Pracoviště	Pracovník	Tarifní třída	Časová náročnost [min]	Osobní náklady
10	Kontrola kompletnosti protokolů přístroje	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	30	109 Kč
20	Převzetí obalového materiálu	Sklad	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
30	Fixace otočného stolku	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	10	36 Kč
40	Vložení ochranných prvků dovnitř přístroje	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
50	Fixace víka přístroje	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	10	36 Kč
60	Výroba štítků a dokumentace k přístroji	Administrativní pracoviště	Administrativní pracovník	8	30	113 Kč
70	Archivace výrobních protokolů	Administrativní pracoviště	Administrativní pracovník	8	20	75 Kč
80	Označení přístroje na příslušných místech	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	25	91 Kč
90	Převzetí součástí přepravního boxu	Sklad	Skladník	5	15	41 Kč
100	Stlučení základní konstrukce	Sklad	Skladník	5	20	54 Kč
110	Vložení ochranných materiálů na spodní část	Sklad	Skladník	5	10	27 Kč
120	Vložení přístroje do bedny	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
130	Vložení příslušenství a dokumentace	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	10	36 Kč
140	Přípevnění stěn boxu a vložení výplně	Sklad	Skladník	5	30	81 Kč
150	Zakrytí boxu	Montážní pracoviště	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
160	Vystavení faktury k přístroji	Administrativní pracoviště	Administrativní pracovník	8	30	113 Kč
170	Označení boxu a přiložení faktury	Manipulační prostory	Montážní pracovník	6	20	73 Kč
180	Odvoz do skladu	Sklad	Montážní pracovník	6	15	54 Kč
Celkem					340	1 174 Kč

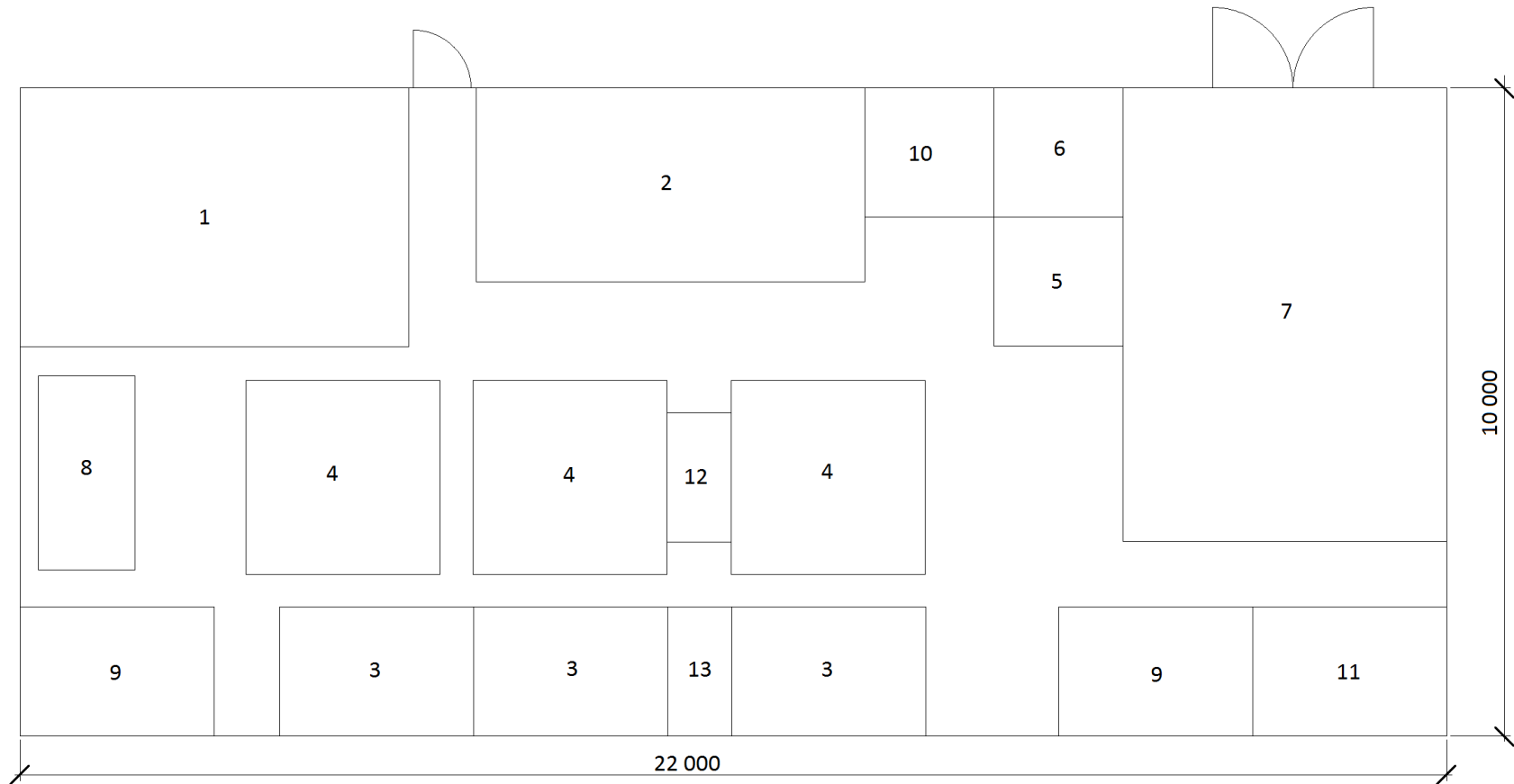
Příloha č. 3 – Stanovení počtu pracovníků/úvazků podle užití při výrobě 200ks. Zdroj: vlastní

	Tarifní třída	Časová náročnost výroby 1 ks [min]	Časová náročnost výroby 1 ks [hod]	Potřebný počet pracovníků	Počet pracovníků / úvazku
Přímé – podle skutečné práce					
Elektrotechnik VN	6	110	1,83	0,21	1
Elektrotechnik	6	710	11,83	1,37	2
Montážní pracovník	6	1240	20,67	2,39	3
Kontrolní pracovník	9	300	5,00	0,58	1
Nepřímé					
Elektrotechnik - vývojář VN	10	45	0,75	0,11	1
Skladník	5	435	7,25	0,84	1
Administrativní pracovník	8	80	1,33	0,15	1
Nákupčí	8	300	5,00	0,58	0,8

Příloha č. 4 – Úplný rozpis nákladů na lidské zdroje. Zdroj: vlastní

Mzdy režijních pracovníků	Tarifní třída	Hrubá měsíční mzda	Hodinové náklady zaměstnavatele	Náklady zaměstnavatele na úvazek	Počet pracovníků - úvazků	Roční náklady celkem
CEO	12	50 000 Kč	420 Kč	67 000 Kč	1	804 000 Kč
CFO	12	50 000 Kč	420 Kč	67 000 Kč	1	804 000 Kč
Elektrotechnik - vývojář VN	10	30 000 Kč	250 Kč	40 200 Kč	1	482 400 Kč
Elektrotechnik - vývojář	10	30 000 Kč	250 Kč	40 200 Kč	2	964 800 Kč
Vývojář SW	10	30 000 Kč	250 Kč	40 200 Kč	1	482 400 Kč
Konstruktér	10	30 000 Kč	250 Kč	40 200 Kč	0,8	385 920 Kč
Nákupčí	8	22 000 Kč	180 Kč	29 480 Kč	0,8	283 008 Kč
Skladník	5	16 000 Kč	130 Kč	21 440 Kč	1	257 280 Kč
Marketingový pracovník	9	25 000 Kč	210 Kč	33 500 Kč	1	402 000 Kč
Obchodní zástupce	11	35 000 Kč	290 Kč	46 900 Kč	2,5	1 407 000 Kč
Administrativní pracovník	8	22 000 Kč	180 Kč	29 480 Kč	1	353 760 Kč
Účetní	8	22 000 Kč	180 Kč	29 480 Kč	0,5	176 880 Kč
Celkem režijní pracovníci					13,6	6 803 448 Kč
Mzdy výrobních pracovníků – hrazení dle odvedené práce	Tarifní třída	Hrubá hodinová mzda	Hodinové náklady zaměstnavatele			
Elektrotechnik	6	130 Kč	174 Kč			
Elektrotechnik VN	6	130 Kč	174 Kč			
Montážní pracovník	6	130 Kč	174 Kč			
Kontrolní pracovník	9	150 Kč	201 Kč			

Příloha č. 5 – Rozvržení výrobního prostoru - popis na následující straně Zdroj: vlastní



Příloha č. 6 – Popis pracovišť a výpočet nákladů na prostory a odpisy. Zdroj: vlastní

Označení	Pracoviště	Plocha pracoviště	Počet pracovišť	Plocha celkem	Cena zařízení pracoviště	Cena vybavení celkem	Životnost	Roční odpis vybavení
1	Vedení	24 m ²	1	24 m ²	80 000 Kč	80 000 Kč	5 let	16 000 Kč
2	Administrativní pracoviště	9 m ²	2	18 m ²	30 000 Kč	60 000 Kč	5 let	12 000 Kč
3	Elektrotechnické pracoviště	6 m ²	3	18 m ²	90 000 Kč	270 000 Kč	5 let	54 000 Kč
4	Montážní pracoviště	9 m ²	3	27 m ²	80 000 Kč	240 000 Kč	5 let	48 000 Kč
5	Kontrolní pracoviště	4 m ²	1	4 m ²	140 000 Kč	140 000 Kč	5 let	28 000 Kč
6	Nákup	4 m ²	1	4 m ²	50 000 Kč	50 000 Kč	5 let	10 000 Kč
7	Sklad	35 m ²	1	35 m ²	120 000 Kč	120 000 Kč	5 let	24 000 Kč
8	Vývojový sklad	4,5 m ²	1	4,5 m ²	30 000 Kč	30 000 Kč	5 let	6 000 Kč
9	Vývojové pracoviště	6 m ²	2	12 m ²	120 000 Kč	240 000 Kč	5 let	48 000 Kč
10	Konstrukce	4 m ²	1	4 m ²	80 000 Kč	80 000 Kč	5 let	16 000 Kč
11	Stíněný prostor	6 m ²	1	6 m ²	450 000 Kč	450 000 Kč	5 let	90 000 Kč
12	Pec	2 m ²	1	2 m ²	80 000 Kč	80 000 Kč	5 let	16 000 Kč
13	Výroba DPS	4 m ²	1	4 m ²	50 000 Kč	50 000 Kč	5 let	10 000 Kč
Ostatní manipulační prostory				117,5 m ²				
Celkem				220 m²		1 480 000 Kč		296 000 Kč

Celková plocha	220 m ²
Rozměry prostoru	22 x 10m
Cena pronájmu Kč / m ² / rok	3 500 Kč
Celkové roční náklady na pronájem prostor	770 000 Kč
Celkové roční odpisy vybavení	296 000 Kč

Příloha č. 7 – Výpočet nejvhodnější směnnosti. Zdroj: vlastní

	1 směnný provoz	2 směnný provoz	3 směnný provoz
Celkové FN za rok	10 369 448 Kč	10 765 348 Kč	11 161 248 Kč
Nájem prostor	770 000 Kč	717 500 Kč	665 000 Kč
Roční odpis vybavení	296 000 Kč	262 000 Kč	228 000 Kč
Mzdy režijních pracovníků	6 803 448 Kč	7 285 848 Kč	7 768 248 Kč
Marketingové náklady	2 000 000 Kč	2 000 000 Kč	2 000 000 Kč
Provozní náklady	500 000 Kč	500 000 Kč	500 000 Kč
VN na 200 kusů	56 890 467 Kč	56 890 467 Kč	56 890 467 Kč
Mzdy výrobních pracovníků	1 746 467 Kč	1 746 467 Kč	1 746 467 Kč
Náklady na materiál	43 144 000 Kč	43 144 000 Kč	43 144 000 Kč
Příspěvek na úhradu vývojových nákladů	12 000 000 Kč	12 000 000 Kč	12 000 000 Kč
Celkové náklady na 200ks	67 259 915 Kč	67 655 815 Kč	68 051 715 Kč

Nejnižší úplné náklady výroby jsou při jednosměnném provozu.

Příloha č. 8 – Porovnání výhodnosti osazování na automatických linkách (zdroj: vlastní)

Osazovaná DPS	Cena ručního osazení	Chybovost	Náklady na opravy	Celkové náklady
Hlavní zdroj	326 Kč	10%	78,1 Kč	404 Kč
Regulátor žhavení	182 Kč	15%	117,2 Kč	299 Kč
Řídicí deska	453 Kč	7%	109,3 Kč	562 Kč
VN budič	109 Kč	15%	78,2 Kč	187 Kč

Osazovaná DPS	Počet součástek	Cena osazování	Chybovost	Náklady na opravy	Jednorázové náklady	Optimální množství	Celkové náklady/ks	Úspora proti ručnímu/ks
Hlavní zdroj	150	450 Kč	2%	15,6 Kč	6 000 Kč	80,00	541 Kč	-137 Kč
Regulátor žhavení	75	300 Kč	2%	15,6 Kč	6 000 Kč	120,00	366 Kč	-66 Kč
Řídicí deska	240	480 Kč	2%	31,2 Kč	6 000 Kč	90,00	578 Kč	-16 Kč
VN budič	48	240 Kč	2%	10,4 Kč	6 000 Kč	130,00	297 Kč	-109 Kč

Cena osazování na automatu při objemu 200 Ks/rok (při snížené chybovosti)

Osazovaná DPS	Počet součástek	Cena osazování	Náklady na opravy	Jednorázové náklady	Optimální množství	Celkové náklady /ks	Úspora proti ručnímu/ks	Roční objem
Hlavní zdroj	150	300 Kč	15,6 Kč	6 000 Kč	100,00	376 Kč	28 Kč	360
Regulátor žhavení	75	225 Kč	15,6 Kč	6 000 Kč	160,00	278 Kč	21 Kč	360
Řídicí deska	240	480 Kč	31,2 Kč	6 000 Kč	120,00	561 Kč	1 Kč	360
VN budič	48	192 Kč	10,4 Kč	6 000 Kč	180,00	236 Kč	-49 Kč	360
Průměrně							0,5 Kč	

Stanovení počtu kusů, při kterých se vyplatí zapojit automatizované osazování – 360 ks/rok (uvažovaná chybovost 2%)

Příloha č. 9 – Analýza bodu zvratu. Zdroj: vlastní

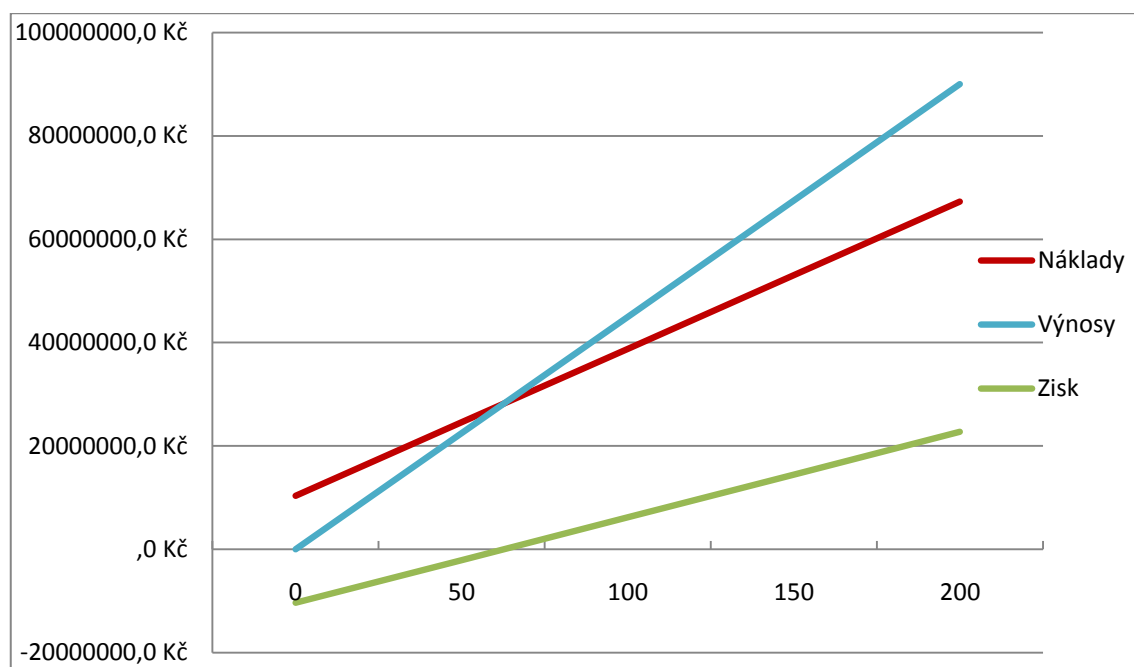
Příjmy	
Prodejní cena 1 kusu	450 000 Kč

Náklady	
Fixní náklady - roční	10 369 448 Kč
Nájem prostor	770 000 Kč
Roční odpis vybavení	296 000 Kč
Mzdy režijních pracovníků	6 803 448 Kč
Marketingové náklady	2 000 000 Kč
Provozní náklady	500 000 Kč
Variabilní náklady na 1 kus	284 452 Kč
Mzdy výrobních pracovníků	8 732 Kč
Náklady na materiál	215 720 Kč
Příspěvek na úhradu vývojových nákladů	60 000 Kč

Bod zvratu	63 ks
-------------------	--------------

Výpočet bodu zvratu:

$$\text{Bod Zvratu [ks]} = \frac{\text{Fixní Náklady}}{\text{Prodejní cena} - \text{Variabilní Náklady}}$$



Výrobní protokol zdroje záření

Výrobní číslo ZIZ: XXXXX

Parametry:

Napětí RTG	
Ohnisko	
Výrobce	
Typ	
Výrobní číslo	

Převzato do výroby:

Pracovník:

Měření VVN sestavy v oleji

Číslo měření	1	2	3	4	5
Vstupní napětí:					
Výstupní napětí					
Výstupní proud					
Čas měření					
Funkční (A x N)					

Zjištěné problémy

--

Den:

Kontrolu provedl:

Pořízené testovací snímky jsou přílohou z kontroly

Schválená: ANO x NE

Přezkoušel:

Společnost:

Firma s.r.o.
Ulice a číslo
PSC, město
IČ

Předávající:

Jméno Příjmení
Skladník

Materiálová skupina:

Datum vystavení: xx. xx. 2014

Označení materiálu

Katalogové číslo

Počet dle plánu

Předávaný počet

Plošné spoje

Součástky

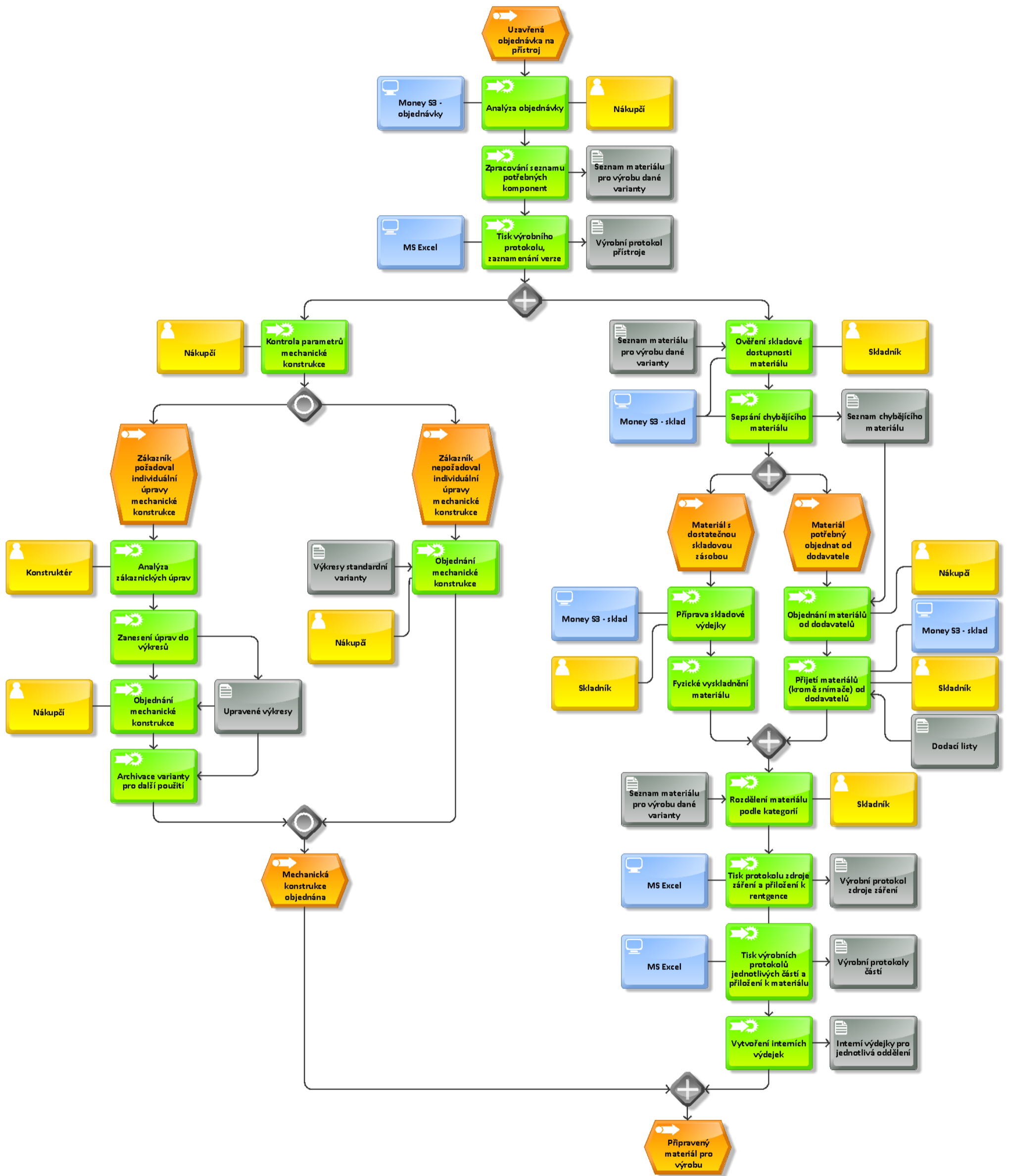
Ostatní

Přebírající: Jméno příjmení
Elektrotechnik

Podpis:

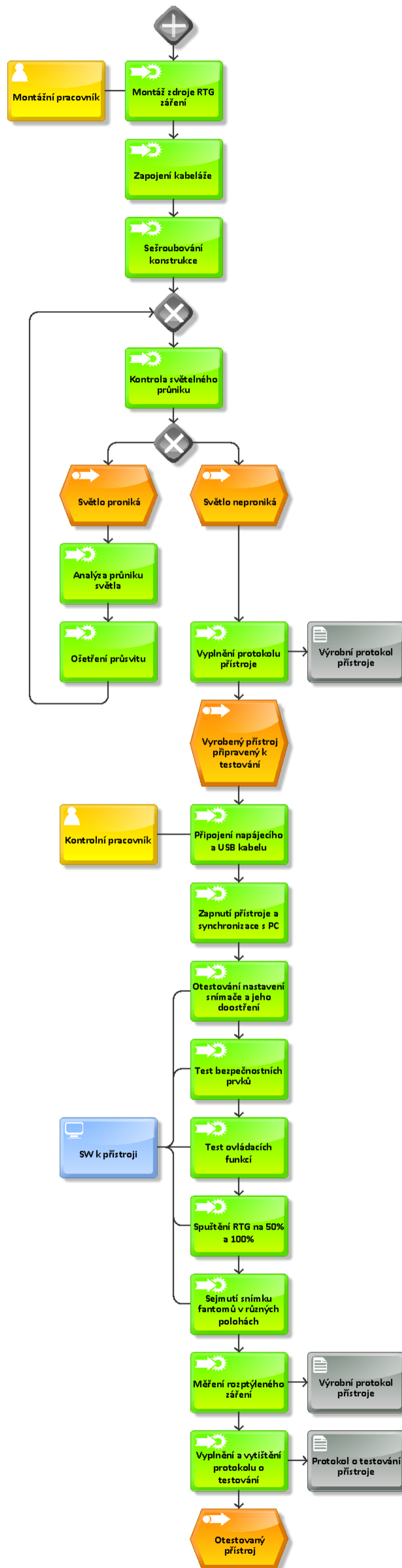
Příloha č. 12—Vizualizace výrobního procesu

1. Technická příprava výroby a nákup



Příloha č. 12—Vizualizace výrobního procesu

3. Montáž a kontrola



4. Příprava k expedici a balení

