

České vysoké učení technické v Praze

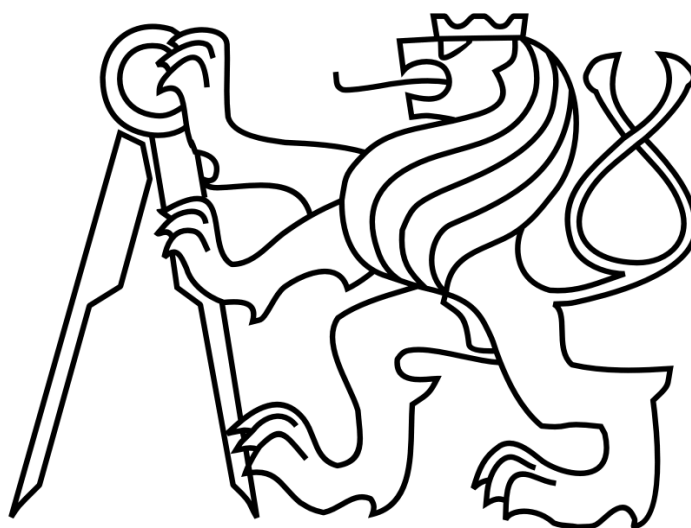
Fakulta strojní

12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Odbor automatického řízení a inženýrské informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**NÁVRH KOMUNIKAČNÍHO ŘEŠENÍ PRO ŘÍZENÍ
TRANSAKČÍ MEZI VÝROBNÍM PROCESEM A
BALICÍMI LINKAMI**



Diplomant : Bc. Martin Sedlák

Školní rok : 2010/2011

Prohlášení

Prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem zpracoval samostatně a souhlasím s tím, že její výsledky mohou být dále využity podle uvážení vedoucího diplomové práce Ing. Marie Martináskové, Ph.D. jako jejího spoluautora. Souhlasím také s případnou publikací výsledků diplomové práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako spoluautor.

V Praze dne

.....

Podpis

Souhlas s publikací

Společnost Danone a.s. souhlasí se zveřejněním informací obsažených v diplomové práci a prohlašuje, že práce neobsahuje citlivé informace ani jiná data podléhající firemnímu tajemství. Společnost dále souhlasí s publikací výsledků této práce ve smyslu nakládání tak jak je uvedeného výše v prohlášení.

V Benešově dne

.....

Podpis

Obsah

Prohlášení	2
Souhlas s publikací	3
Obsah	4
1 Abstrakt	6
2 Analýza technologie a strojů	7
2.1 Výrobní technologické procesy	7
2.1.1 Teorie zpracování mléka	7
2.1.2 Uspořádání výrobní technologie.....	8
2.1.3 Příjem syrového mléka	11
2.1.4 Výrobní technologie I a II	13
2.1.5 Výrobní technologie III	17
2.1.6 Výrobní technologie IV	20
2.2 Zpracovatelské stroje - balicí linky	23
2.2.1 Teorie zpracovatelských strojů.....	23
2.2.2 Přehled balicí halý	25
2.2.3 Balicí linka I	26
2.2.4 Balicí linka II	29
2.2.5 Balicí linka III.....	32
2.2.6 Balicí linka IV	35
2.2.7 Balicí linka V.....	37
3 Návrh komunikačního modelu	40
3.1 Původní komunikace.....	40
3.1.1 Balicí linka I	40
3.1.2 Balicí linka II	42
3.1.3 Balicí linka III.....	44
3.1.4 Balicí linka IV	47
3.1.5 Balicí linka V	50
3.2 Nová komunikace	53
3.2.1 Návrh nové koncepce	54
3.2.2 Napojení původních signálů	58
4 Závěr.....	63
5 Poděkování	64
6 Seznam obrázků.....	65
7 Seznam tabulek.....	66



8	Seznam zkratk.....	66
9	Seznam literatury.....	67
10	Použitý software	67

1 Abstrakt

Cílem této diplomové práce je analyzovat stávající technologii a řízení transakcí mezi výrobními technologiemi (procesy) a zpracovatelskými stroji (balicími linkami) podniku Danone a.s. v Benešově a na základě analýzy navrhnout model dovolující připojení řízení libovolné balicí linky k libovolnému procesu. Flexibilní změny výroby dle poptávky trhu zapříčinili mnoho změn v řídicích programech a vzhledem k chybějícímu standardu komunikace je spojení komplikované a nepřehledné. Diplomová práce se zabývá pouze připojením logického řízení, avšak k vlastní výrobě je nutné změnit také fyzické připojení tras produktu.

Hlavní část je věnována analýze výrobních technologií včetně příjmu mléka a popisem uspořádání jednotlivých částí - technologická schémata popisují cestu produktu z cisternové rampy až po balicí linky. Pro lepší pochopení problematiky jsou balicí linky rozkresleny do bloků s podrobným popisem funkcionalit.

Závěrečná část je věnována návrhu komunikačního modelu, popisuje řešení napojení na původní komunikační signály, jejich transformaci a princip navázání spojení. Model navrhovaného univerzálního konektoru představuje základ pro vytvoření vlastního programu v PLC a jeho reálné nasazení.

Klíčová slova: řízení transakcí, model komunikace, balicí linky, výrobní proces, PLC, konverze signálů, univerzální konektor

2 Analýza technologie a strojů

2.1 Výrobní technologické procesy

2.1.1 Teorie zpracování mléka

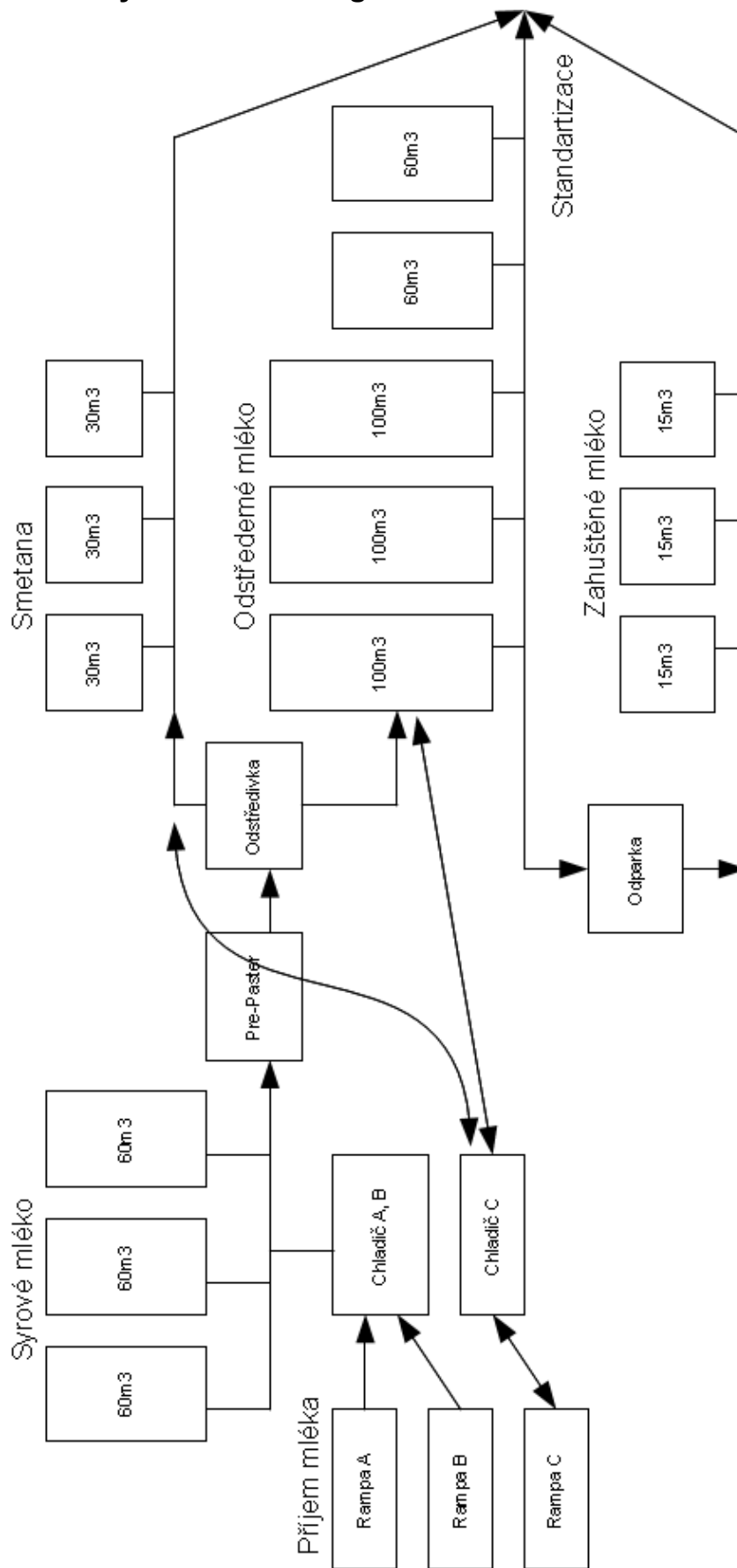
Mléko je jednou ze základních potravin ve výživě člověka. Používá se jednak jako mléko, tepelně ošetřené a egalizované (o stanovené tučnosti), jednak ve formě mléčných výrobků jako je máslo, sušené či zahuštěné („kondenzované“) mléko, tvaroh, sýry, smetana o různé tučnosti, zakysané výrobky (jogurty, kefir atp.), zmražené mléčné výrobky atp. Dále se z mléka vyrábí zahuštěná i sušená syrovátka, užívaná převážně pro krmení, mléčný cukr (laktóza), mléčná bílkovina (kasein), fortifikační přísady do pekařských výrobků, uzenin, pokrmových tuků atp.

Jak je z výše uvedeného přehledu zřejmé, využívají se veškeré složky mléka. Výrobní linky mlékáren mají mnohaletou tradici, např. výroba sýrů je průmyslově resp. manufakturně známa několik set let.[2]

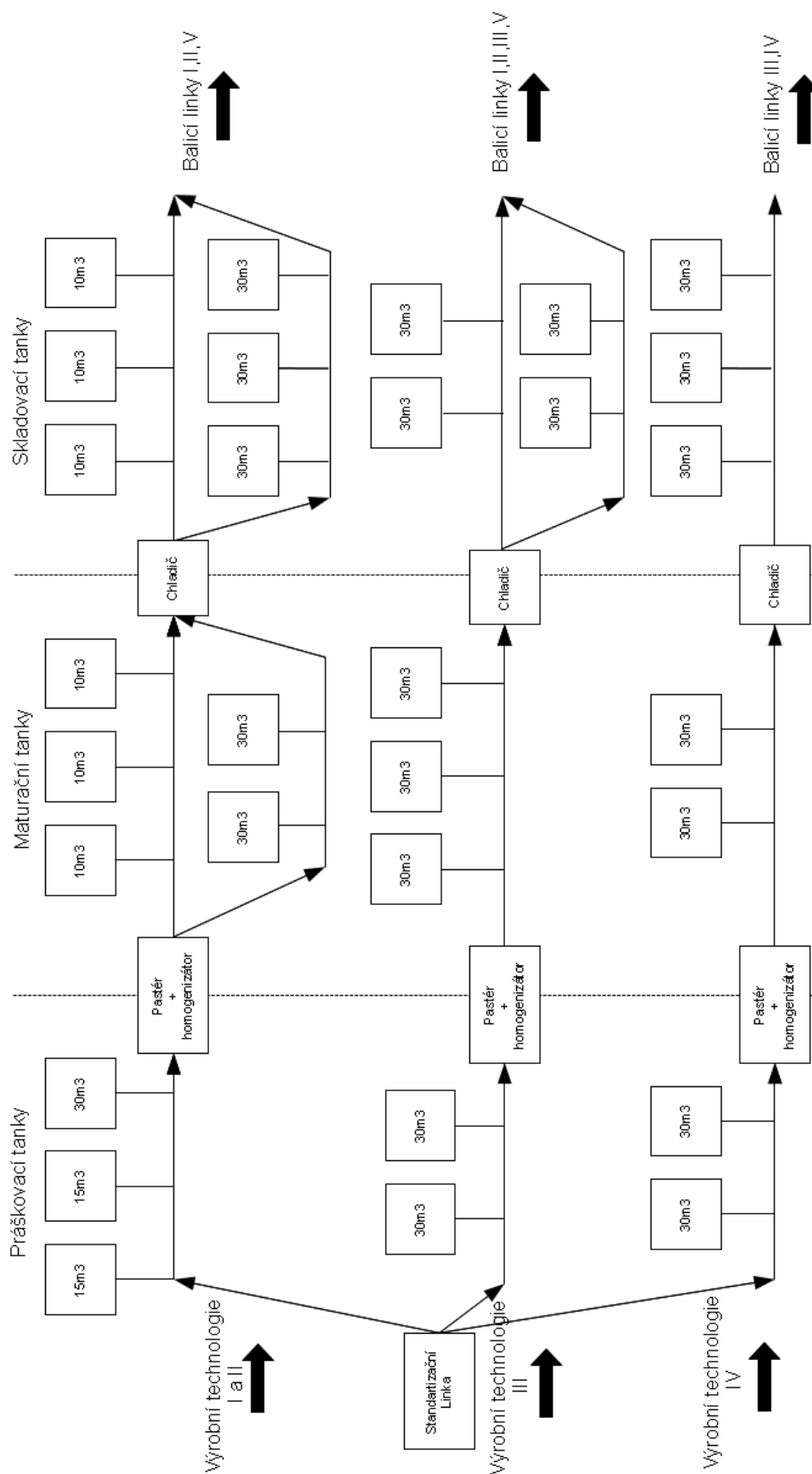
Mlékárny bývají umístěny buď v blízkosti zdroje suroviny, tzn. v oblastech chovu dojnic nebo v blízkosti spotřeby mlékárenských výrobků. Jejich umístění i velikost rajonu svozu i odbytu je nutno předem ekonomicky posoudit. Přitom je nutno mít na zřeteli, že mléko jako surovina i potravina rychle a snadno podléhá zkáze. Dlouhodobý trend zvyšování kapacit mlékáren se začíná měnit. V současné době si někteří zemědělské producenti mléka budují malé specializované mlékárny s cílem zvýšit efektivnost provozu. Tyto malé mlékárny vyrábějí sýry, zakysané výrobky atp. Přes tyto změny je většina mléka zpracována ve velkých mlékárnách. Mlékárny můžeme podle převažujícího typu výroby rozlišovat na mlékárnu vyrábějící převážně konzumní mléko, máslo, sýry či sušené mléko ev. kombinaci předchozích typů, neboť každá mlékárna vyrábí alespoň pro nejbližší okolí konzumní mléko a další nejnnutnější konzumní výrobky.[2]

Složení mléka závisí m.j. na způsobu krmení, stavu dojnice a jejím ustájení. Přibližně lze říci, že složení je v průměru následující: voda 85 až 89%, sušina 11 až 15%. Z toho mléčný cukr (laktóza) 5,6 až 9,6%, tuk 2,7 až 5,0%, mléčná bílkovina (kasein) 2,0 až 3,2%, minerální látky 0,6 až 0,9%, albumin a globulin 0,4 až 0,8% a jiné organické látky 0,1 až 0,3%.[2]

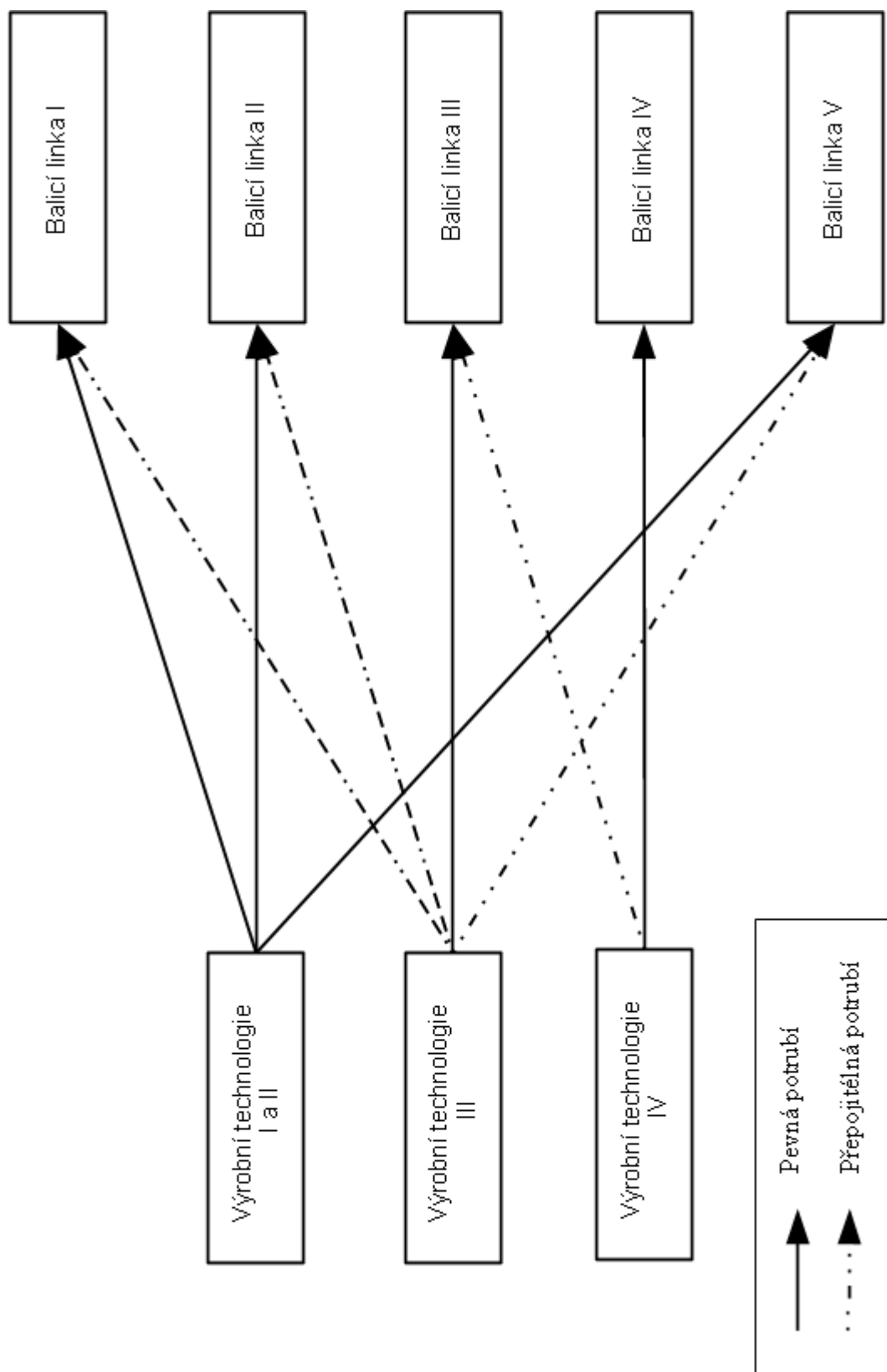
2.1.2 Uspořádání výrobní technologie



Obrázek 2.1-1: Příjem mléka – schéma technologie, [3]



Obrázek 2.1-2: Výrobní procesy – schéma technologie, [3]



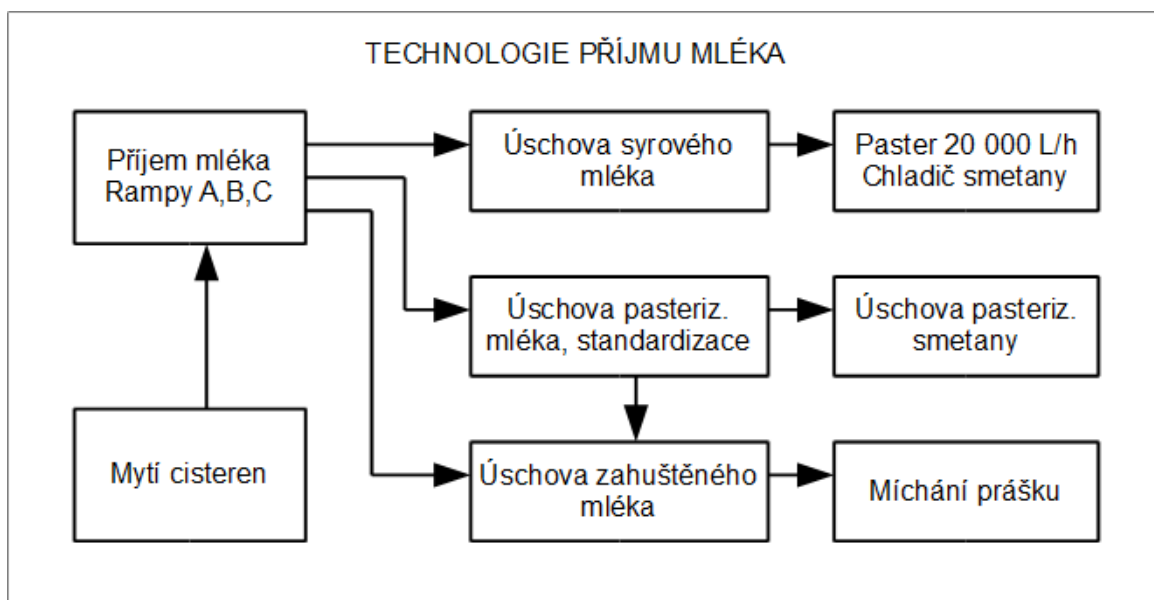
Obrázek 2.1-3: Propojení technologie a balicích linek, [3]

2.1.3 Příjem syrového mléka

Čerstvé mléko obsahuje již při nadojení bakterie mléčného kysání a další mikroorganismy. Jejich počet závisí na způsobu a čistotě ustájení, dojení, zdravotním stavu dojníc a pastvě a pohybuje se v rozsahu od několika set až do 2 milionů v 1cm³. V době asi 1 až 3 hodiny po nadojení (v závislosti na teplotě) se mléko nachází v tzv. baktericidní fázi, kdy je množení mikroorganismů velice pomalé. Během této doby se musí mléko předběžně ošetřit tzn. přefiltrovat a ochladit na cca 5°C, krátkodobě uskladnit a dopravit do mlékárny.

Kvalita mléka se určuje podle obsahu tuku (podle kterého se i platí), mikrobiální čistoty a obsahu cizorodých látek (rovněž podle tohoto jsou stanoveny příplatky a srážky) a podle kyselosti. Kyselost mléka je základním kritériem kvality. Nízká kyselost značí buď že dojnice dostávaly v potravě antibiotika nebo bylo kyselé mléko neutralizováno vápnem. [2]

Příjem mléka (dále jen příjem) tvoří vstupní, nedůležitější rozhraní závodu. Syrové mléko přivážené v cisternách je stáčeno přípojnými hadicemi do prostoru technologie umístěné pod úrovní vlastní příjmové rampy. Prostor pro cisterny je rozdělený na sekce A, B a C a dovoluje nezávisle mléko nejen přijímat, ale také zpětně distribuovat v případě přebytku - přebytek odstředěného nebo zahuštěného mléka a smetany. Uspořádání technologie příjmu viz Obrázek 2.1-4: Technologie příjmu mléka – zjednodušené schéma.



Obrázek 2.1-4: Technologie příjmu mléka – zjednodušené schéma



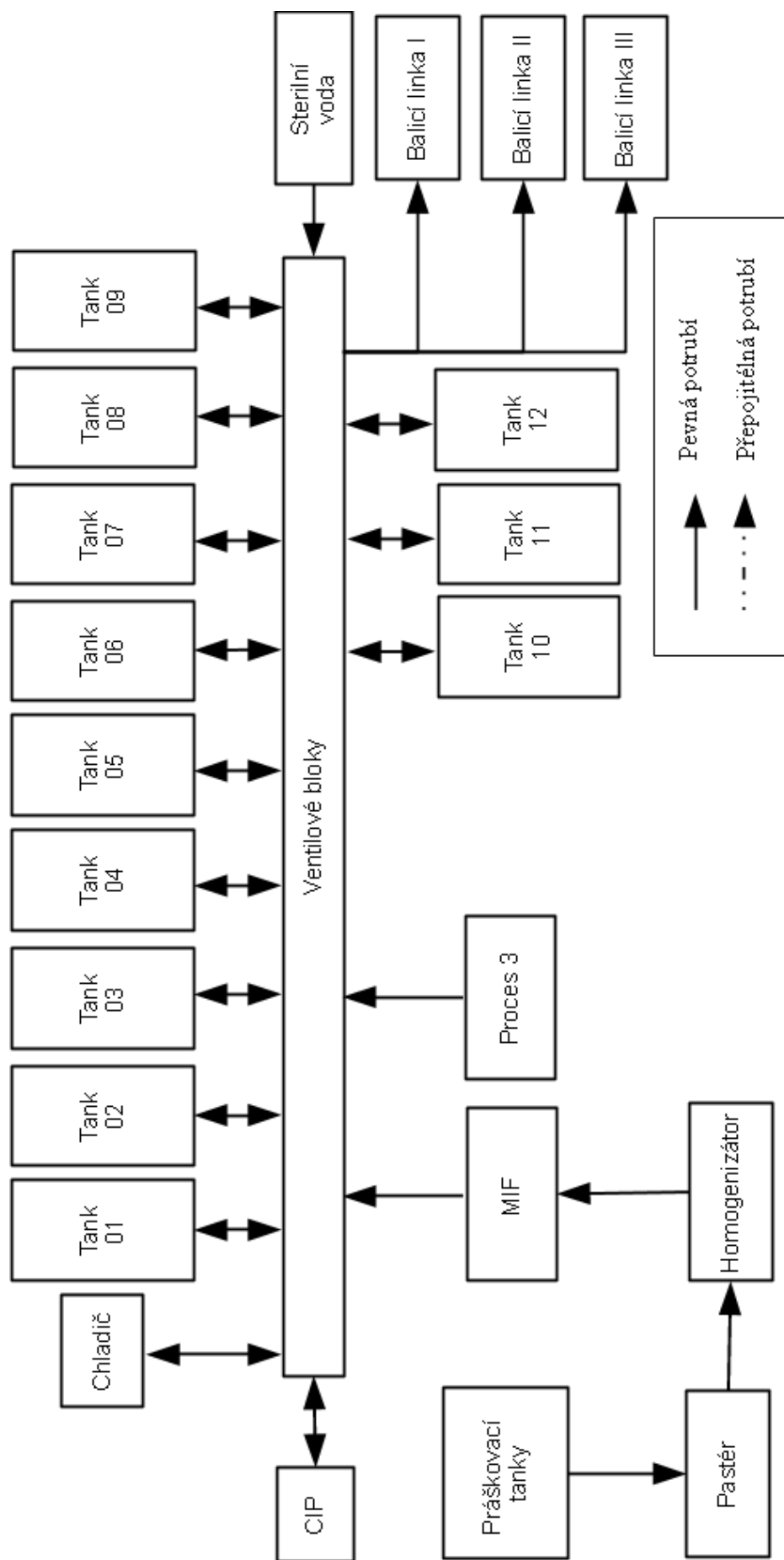
- Příjem mléka - Vlastní blok příjmu tvoří jednotlivé cisternové rampy a potrubí. Po připojení cisterny na technologii umístěné pod úrovní ramp proudí mléko samospádem do tzv. buffer tanku a čerpadlo tlačí syrové mléko chladičem do tanků úschovy.
- Úschova syrového mléka – slouží jako zásoba pro vyrovnávání výkyvů mezi dodávkami syrového mléka a produkcí, je tvořena čtyřmi tanky o kapacitě 60m³
- Úschova pasterizovaného mléka, standardizace – Pasterizované mléko jedna ze základních složek budoucího mléčného výrobku, zároveň však slouží pro další zpracování např. při výrobě zahuštěného mléka a případně i pasterizované smetany. Standardizací se rozumí příprava mléka na před vstupem recepturních přísad, obvykle se jedná o dosažení požadované tučnosti.
- Pastér, chladič smetany – Pastér slouží k dosažení bakteriální a chemické stálosti mléka, v tomto stádiu není nutné mléko důkladně pasterizovat. Po přidání dalších neošetřených složek nutných pro dosažení dané receptury (hodnoty sušiny, tučnosti atp.) je nutné opětovně pasterizovat.
- Úschova pasterizované smetany – Trend posledních dekad naznačuje snižující se tendenci konzumace smetanových mléčných výrobků s vyšším obsahem tuku, tedy smetana obvykle přebývá a je dále distribuována.
- Míchání prášku – Jedním s hlavních předpokladů výroby je namíchání vstupního produktu pro výrobní technologii dle přesně dané receptury. Sekce míchání prášku slouží k přidávání (vmíchávání) jednotlivých složek do odstředěného mléka a čerpání do tzv. práškovacích tanků.

2.1.4 Výrobní technologie I a II

Technologie označená I a II (dále jen proces 12) je historicky nejstarší výrobní technologií na výrobu jogurtu. Postupným navyšováním produkce po roce 1990 byla stávající technologie rozšířena o další kapacity. Obě technologie však sdílejí společná zařízení (homogenizátor, pastér atp.), a proto jsou z výrobního hlediska označovány jako jeden celek.

Koncepce je již od původního projektu pevně spjata s technologií příjmu mléka stejně jako samotné výrobní technologie, proto je hlavní PLC umístěno v rozvaděčích technologie příjmu. Řízení zajišťuje výkonný programovatelný automat Siemens S7 řady 400. Tento centrální uzel obstarává komunikaci pomocí protokolu Profinet a Profibus po optické síti. Aby mohla být zajištěna robustnost vyžadovaná průmyslovými normami, je celý projekt zapojen do kruhové sítě, kde jsou I/O moduly připojené jako samostatné distribuované ostrůvky (Siemens modulární karty typu ET-200).

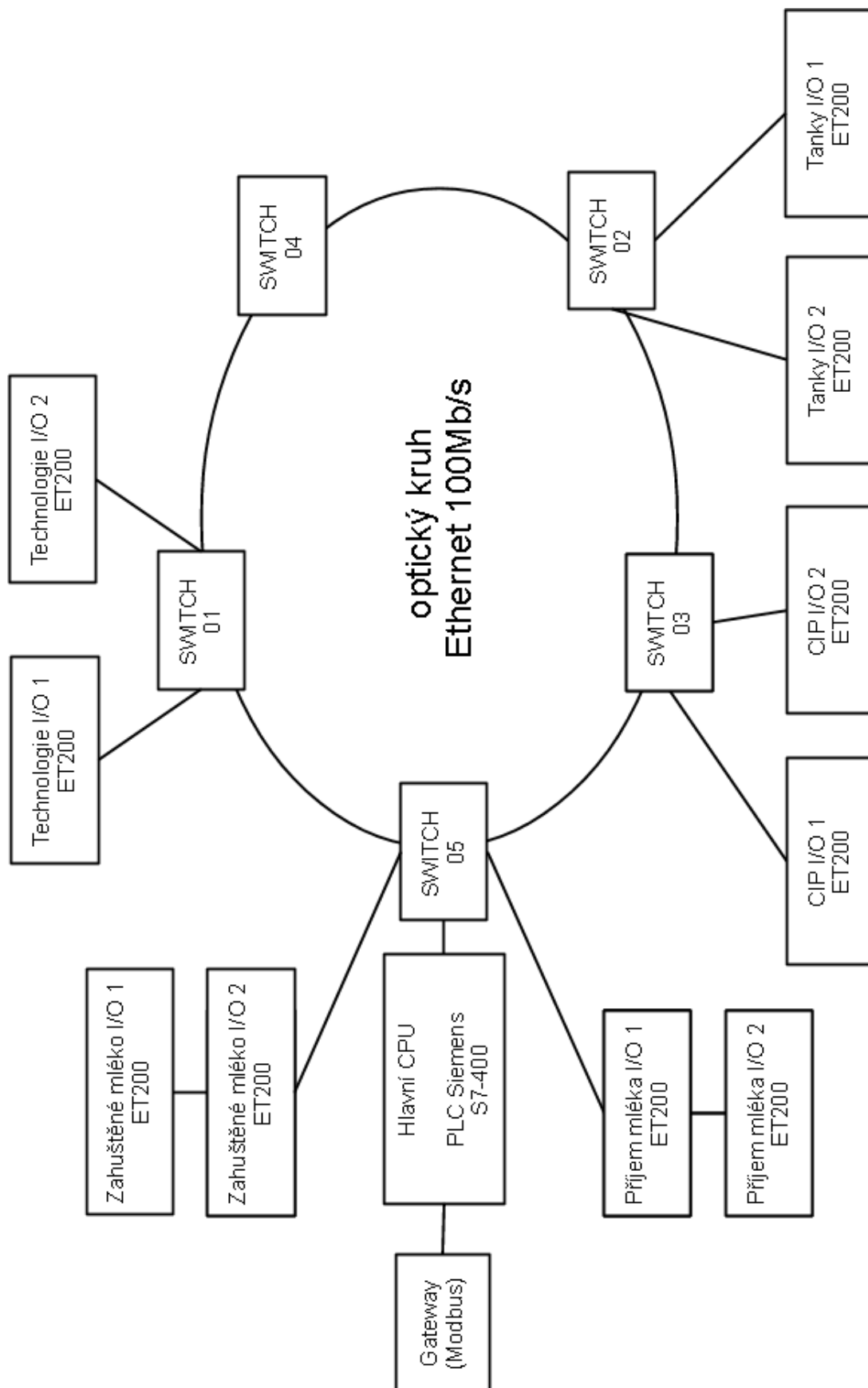
Proces 12 tvoří samostatnou síť tvořenou pěti přepínači (průmyslový Ethernet switch 10/100 Mbps) zapojenými do kruhu viz Obrázek 2.1-6: Výrobní technologie I a II – síťové uspořádání. Spojení je zajištěno optickými linkami (multivídné vlákno o průměru 50 μ m) zajišťující nerušenou komunikaci i při uložení linky v tunelech vedení silové elektřiny.



Obrázek 2.1-5: Výrobní technologie I a II – uspořádání technologie, [3]

Popis bloků výrobního procesu:

- Práškovací tanky – (viz. míchání prášku) odstředěné mléko je obohaceno a namícháno na parametry požadované konkrétní recepturou.
- Pastér – Teplotní úprava mléka pro odstranění kontaminace přimícháním složek v práškovacích tancích.
- Homogenizátor – Při průchodu homogenizátorem dochází k rozbíjení tukových zrn vlivem obrovského tlaku, zajištění homogenity bílé hmoty.
- MIF – Do upravené bílé hmoty jsou přidávány jogurtové kultury.
- Chladič – Bílá hmota uložená v tancích fermentuje při zvýšené teplotě na požadovanou kyselost během několika hodin a poté musí být schlazena na tzv. skladovací teplotu.
- Tanky – Tanky je možné rozdělit na fermentační a skladovací, přičemž poměr se v průběhu výroby mění dle kapacit.
- Ventilové bloky – Aby mohla být zachována alespoň částečná automatizace řízení tras, musí být cesty zapojeny přes tzv. ventilový blok. Ventily jsou poháněné tlakovým vzduchem.
- CIP – Zajišťuje čištění procesních tras, stejně jako balicích linek. Obvykle se čištění skládá z několika kroků (výplach vodou, kyselinou, louhem, další oplachy) a řízených cyklů otevírání a zavírání, aby bylo dosaženo různých průchodů čistícího roztoku (v případě CIP stroje).
- Sterilní voda – Blok sterilní vody zajišťuje tlačící sterilní médium při vytlačovacích akcích nebo přejezdech (výměnách) bílé hmoty např. při přepojování tanků. Okruh sterilní vody je samostatným celkem, který je napojen i na ostatní výrobní procesy.



Obrázek 2.1-6: Výrobní technologie I a II – síťové uspořádání

2.1.5 Výrobní technologie III

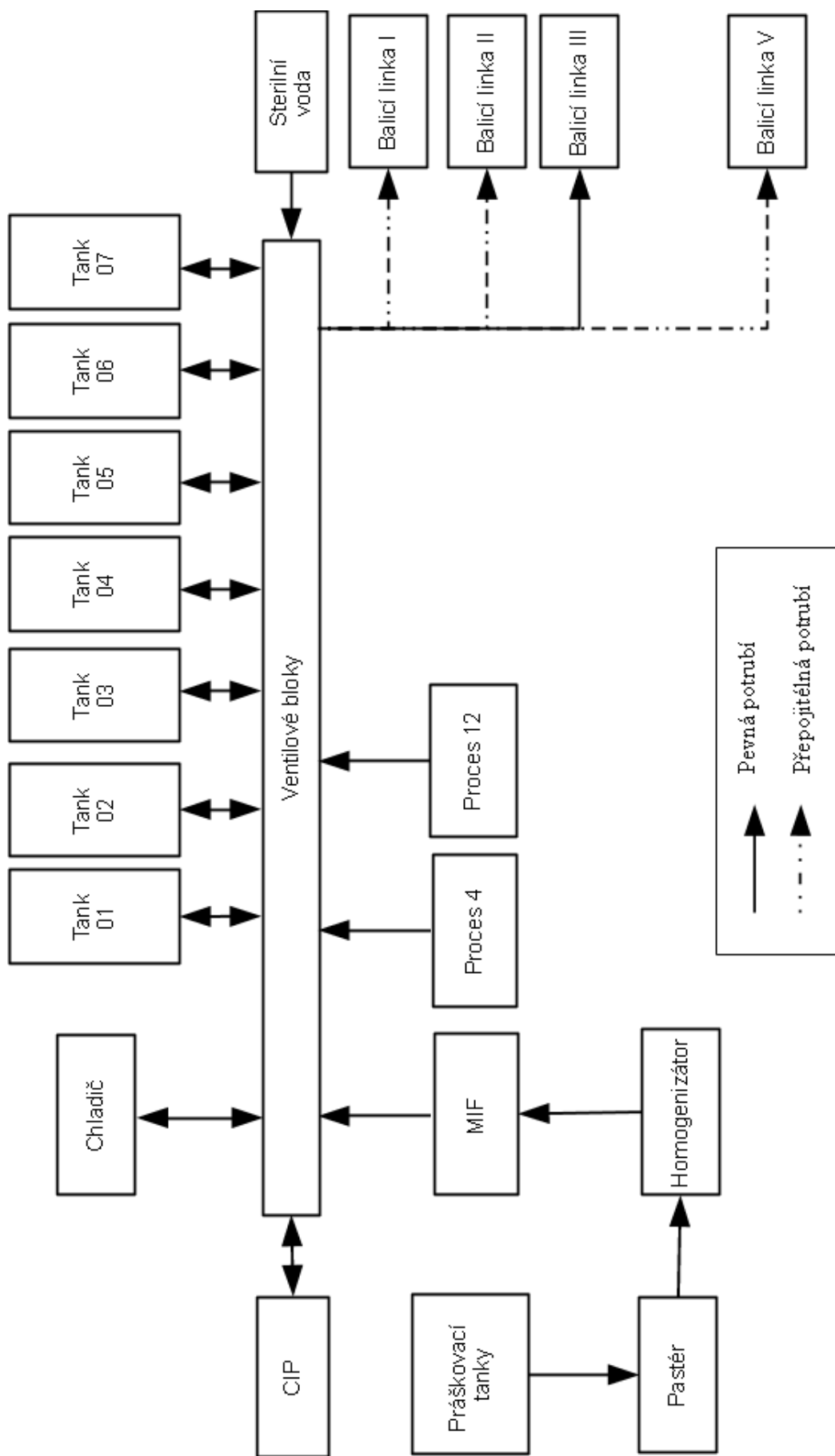
Výrobní kapacita produkce bílé hmoty výrobní technologie III (dále jen proces 3) je vyšší než v případě procesu 12, instalace projektu proběhla koncem devadesátých let a jednalo se první nasazení SCADA/HMI aplikace. Vzhledem k provázanosti řídicího systému a fyzickému propojení systému potrubí propojující všechny výrobní procesy mezi sebou je tento proces nejdůležitějším výrobním uzlem. Zapojení vzniklé evolučním vývojem pomocí postupných modernizací a navyšování kapacity je také spojené s mnoha komplikacemi, především ve spojení s odstávkami závodu. Odstávka i části třetího procesu tak může nepříjemně ovlivnit a ochromit celou výrobu.

S pohledu řízení obsahují řídicí automaty třetího procesu i části řízení technologie procesu 12 – např. MIF¹. Řízení procesu obstarávají dva automaty Schneider Electric řady Premium (ve schématech označené jako API3 a API4). Automat API4 obstarává řízení většiny technologických celků procesu, API3 zajišťuje pátevní komunikaci s balicími linkami. Řízení jednotlivých programů výroby z ostatních procesů musí být zajištěno přes tento komunikační interface. Vzhledem k evolučnímu vzniku je komunikace s periferiemi značně komplikovaná a nepřehledná.

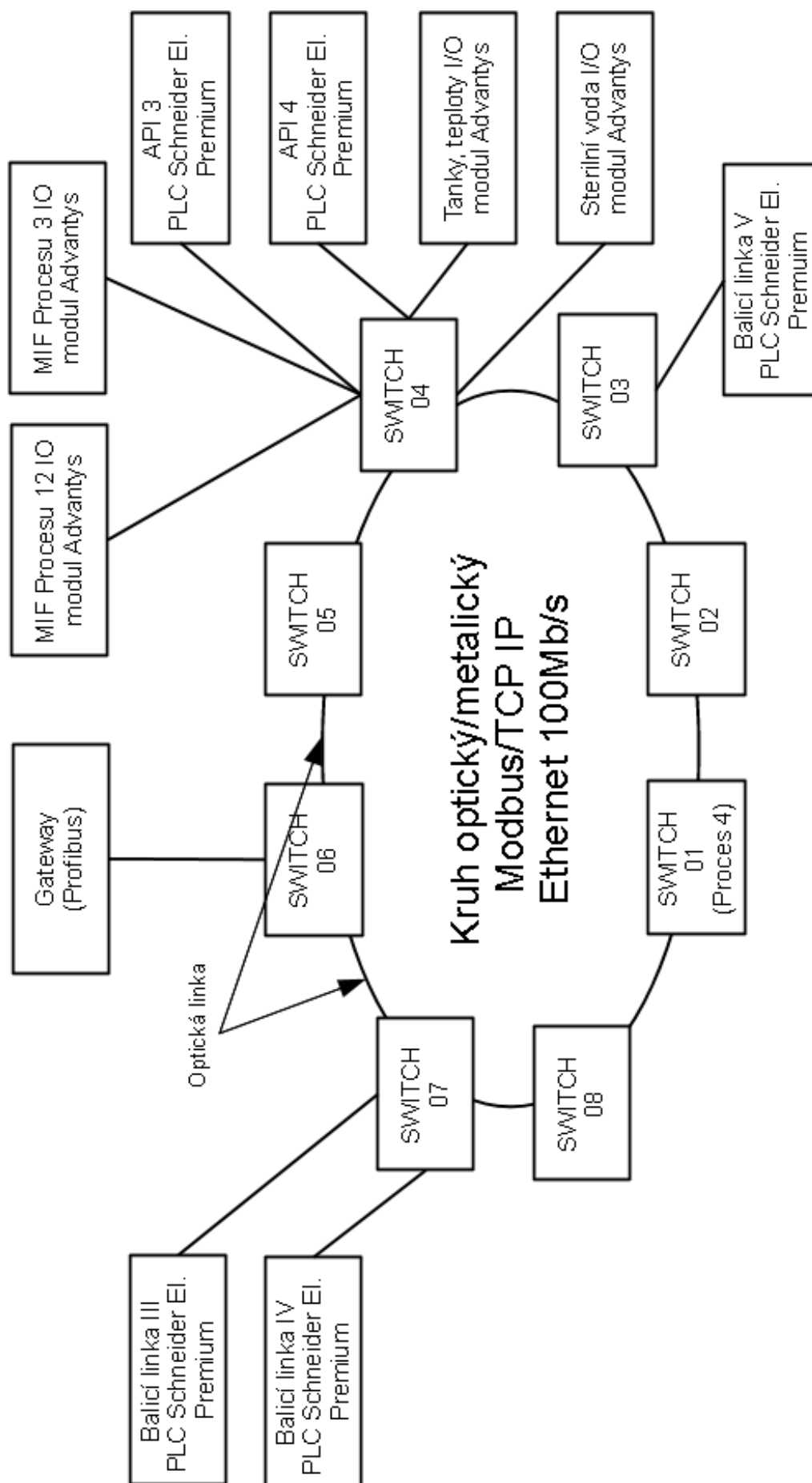
Proces 3 je součástí průmyslového síťového kruhu tvořeného celkem osmi manageovatelnými přepínači (průmyslový Ethernet switch 10/100 Mbps) viz Obrázek 2.1-8: Výrobní technologie III – síťové uspořádání. Fyzické propojení je realizováno převážně pomocí standardu ethernet 100Mbit/s, stíněná metalická kabeláž kategorie 5e. Výjimku tvoří linky spojující přepínač č. 6, zde je spojení optické (standardní multivídné vlákno 50 μ m). Kruh je sdílený, obstarává komunikaci procesu 3 i 4 včetně balicích linek (avšak po Ethernetu komunikuje pouze balicí linka V). Vzhledem k rozdílným průmyslovým standardům společností Siemens a Schneider Electric v oblasti redundance², musel být projekt procesu 12 separován do odděleného kruhu. Aby však mohla být i nadále zachována komunikace mezi procesy, byla instalována brána převádějící protokoly Profinet/Modbus.

¹ MIF – Součást technologie určená pro injekci mléčných kultur do produktu, tak aby byla umožněna jeho urychlená fermentace.

² Redundance Ethernet komunikace vychází ze standardního protokolu MRP operujícího na 3 vrstvě OSI modelu – plně vyhovuje standardu Modbus TCP/IP. Protokol Profinet však operuje na druhé a třetí vrstvě OSI modelu, a proto není zcela slučitelný.



Obrázek 2.1-7: Výrobní technologie III – uspořádání technologie,[3]



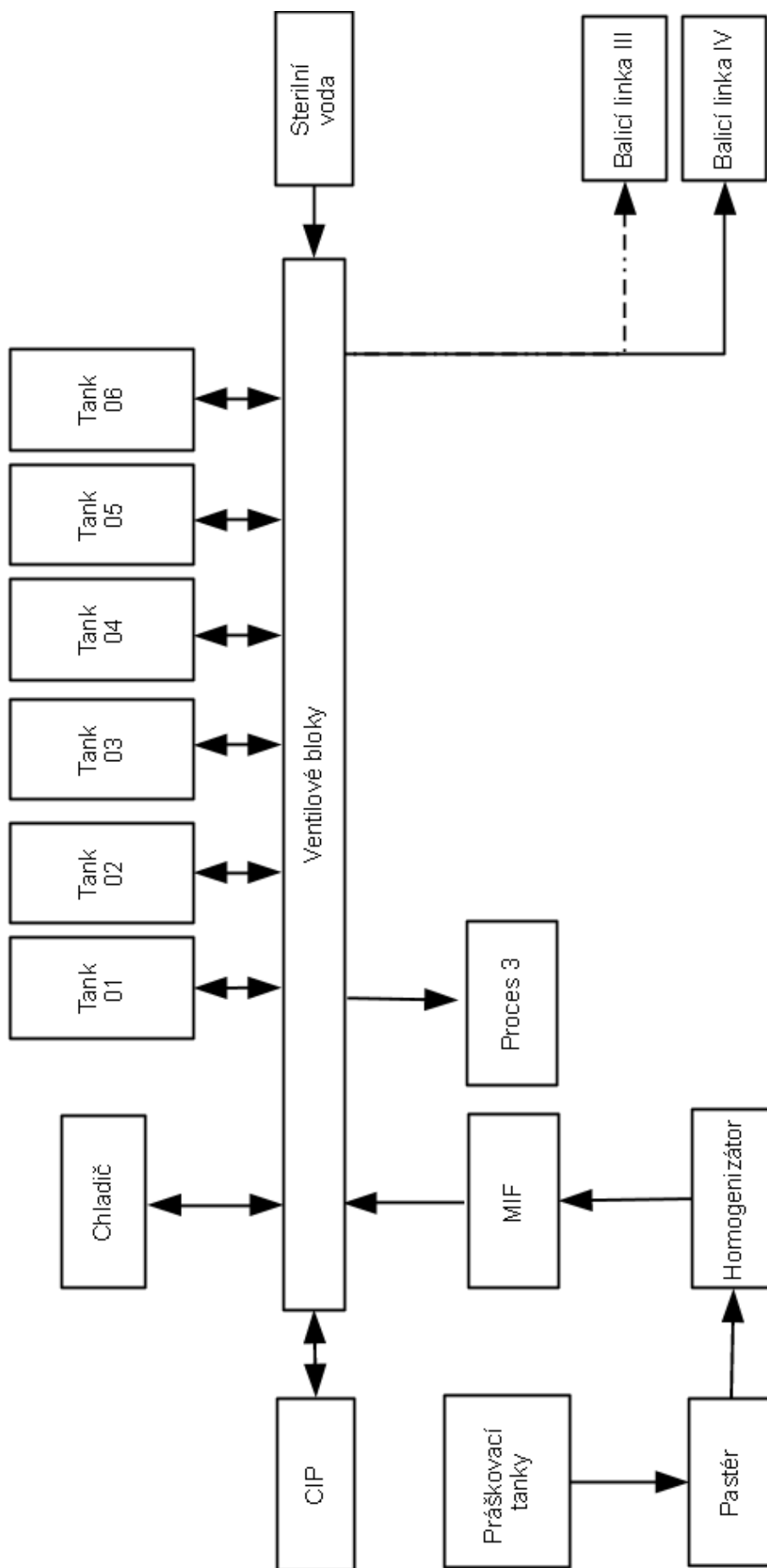
Obrázek 2.1-8: Výrobní technologie III – síťové uspořádání

2.1.6 Výrobní technologie IV

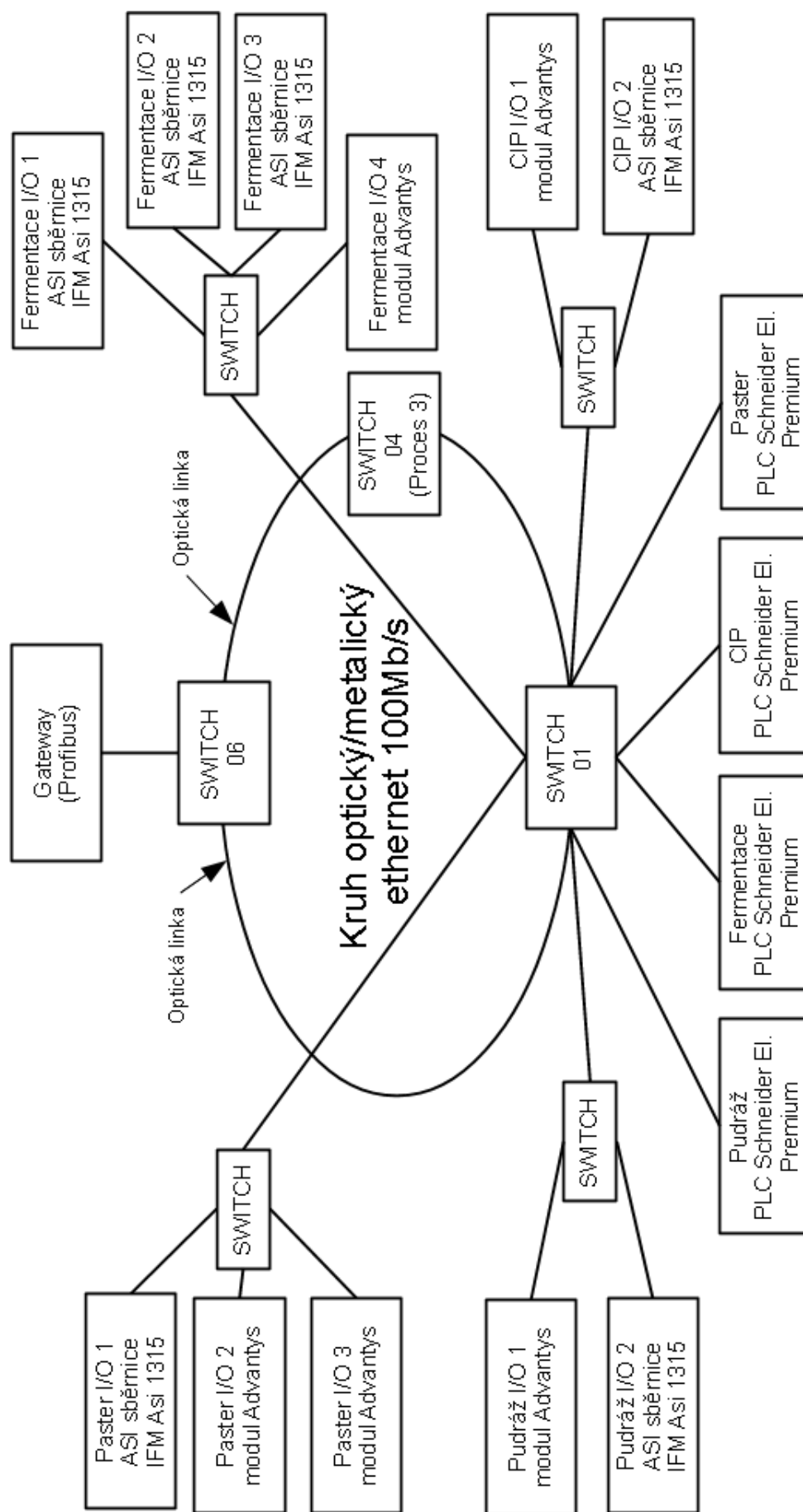
Čtvrtý výrobní proces je nejnovějším projektem na výrobu bílé hmoty. Technologie je dimenzována na vyšší produkční kapacity než procesy 1 až 3, tak aby byla schopna uspokojit přísun bílé hmoty výkonnějších balicích linek (balicí linka III a IV). Propojení technologie s balicími linkami je zajištěno nepřímo přes řídicí automat procesu 3 (označený jako API3), proto také ovládání vlastní SCADA/HMI vizualizace obsahuje prvky obsažené na vizualizaci procesu 3. Vlastní koncepce řídicího systému, je rozložena na čtveřici automatů Schneider Electric řady Premium. Automaty se synchronizují, což umožňuje s výhodou využít zapojení v jediném uzlu a nejsou tak zbytečně zatěžovány ostatní segmenty sítě.

Koncepce technologie není příliš odlišná od předchozích procesů, hlavní rozdíly plynou z vyšší produkční kapacity kritických bodů – tzn. vyšší výkon homogenizátoru a pastéru. Schéma technologie je přesto uvedeno na Obrázek 2.1-9: Výrobní technologie IV – uspořádání technologie.

Proces 4 sdílí komunikační kruh společně s procesem 3, avšak pro fungování většiny technologie postačí komunikace pouze v rámci jediného přepínače viz Obrázek 2.1-10: Výrobní technologie IV – síťové uspořádání.



Obrázek 2.1-9: Výrobní technologie IV – uspořádání technologie, [3]



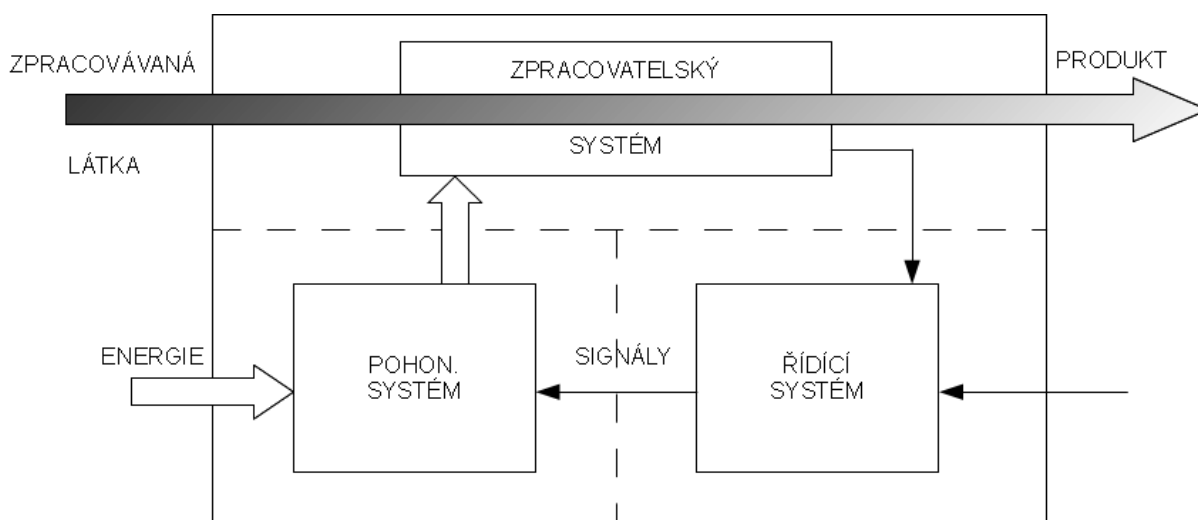
Obrázek 2.1-10: Výrobní technologie IV – síťové uspořádání

2.2 Zpracovatelské stroje - balicí linky

2.2.1 Teorie zpracovatelských strojů

Mechanizace a automatizace technologických procesů přeměny látek výchozích vlastností na požadované vlastnosti spotřebního zboží je úkolem neustále se zdokonalujících výrobních zařízení zpracovatelského průmyslu. Mnohá výrobní zařízení používaná při úpravě surovin i při finálním zpracování a balení produktů mají vysloveně průřezový charakter, vyskytují se ve všech výrobcích včetně energetiky. Každý technologický proces je tvořen posloupností operací, kdy každá operace představuje element z hlediska časového nebo prostorového členění. Sled výrobních operací, v nichž budou jednotlivé operace nebo skupiny operací probíhat tvoří výrobní linky [1].

Základními operacemi jsou ty, které mění fyzikální, fyzikálně-chemické nebo chemické a biochemické vlastnosti zpracovávaných látek. Prostorové rozvinutí procesu si mimo to vynucuje i realizaci operací dopravních a manipulačních, tedy pomocných operací. Mají-li operace probíhající v jednom výrobním zařízení převážně charakter mechanického působení na zpracovávanou látku v důsledku jejího relativního pohybu vůči určitým částem zařízení, bývá toto označováno jako zpracovatelský stroj. Podstatou technologických procesů probíhajících ve zpracovatelských strojích je vždy působení na pevnou fázi látek do procesu vstupujících a to za účelem rozpojování, spojování, rozdružování, nebo tvarování jejich útvarů. Zpracovatelský stroj obsahuje vždy alespoň jeden dílčí systém transformující prvotní formu přiváděné energie na energii pohybovou a přenášející pohyb na funkční orgán, tj. určité pohybující se těleso, které je ve styku se zpracovávanou látkou [1].



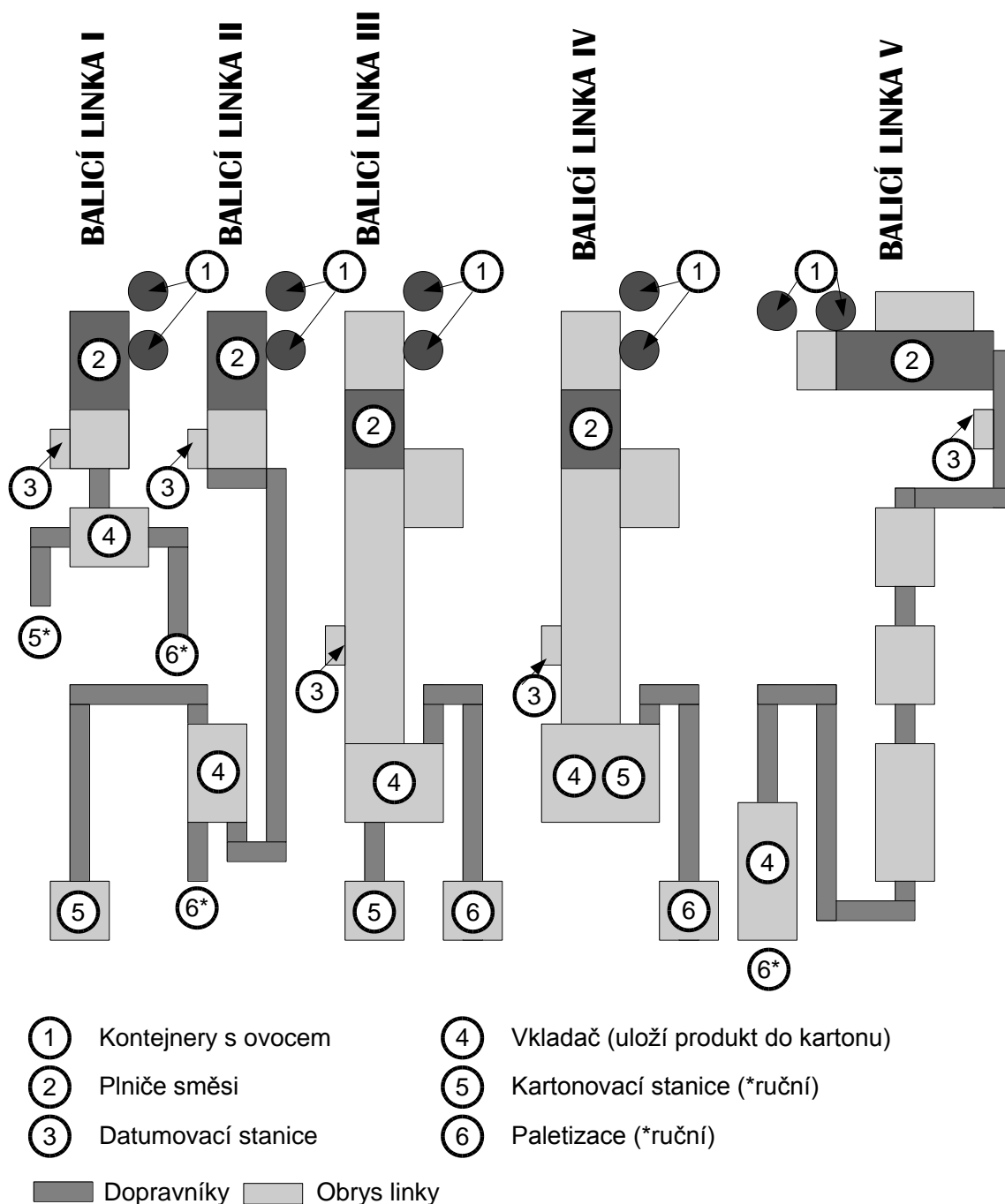
Obrázek 2.2-1: Zpracovatelský stroj, [1]



Zpracovatelský stroj je agregátem zdrojů mechanické energie a pohyblivých funkčních orgánů. Jedním z hlavních systémů ve sktruktuře je tudíž systém přenosu a transformací energií mezi prvotním zdrojem a jednotlivými pohybujícími se funkčními orgány. Ve většině případů je prvotní zdroj tvořen rozvodem elektřiny (3x400V,50Hz), případně rozvod stlačeného vzduchu (0,6MPa). Tento hlavní energetický systém (pohonový) pak musí být doplněn systémem řídicím, který jej usměřňuje podle okamžitého stavu technologického procesu. Na tyto dva systémy jsou pak kladeny specifické požadavky pramenící ze systémů třetího, nejdůležitějšího – vlastní zpracovatelský systém stroje. Systém je tvořen soustavou funkčních orgánů a zpracovávaných látek, způsobem rozložení jednotlivých elementů v prostoru, charakterem zpracovávané látky a souhrnem vzájemných vlivů mezi těmito složkami navzájem. Společnými, styčnými prvky pohonného a zpracovatelského systému jsou pohyblivé funkční orgány a rám stroje [1].

2.2.2 Přehled balicí haly

Orientační přehled výrobní haly s rozmístěním balicích linek, viz Obrázek 2.2-2: Fyzické rozvržení balicích linek v prostoru balírny, poskytuje náhled na současné umístění linek a jejich dopravníkových cest. Vlivem neustálých změn, modernizací a odlad'ování optimálního chodu jsou měněny dopravníkové cesty a rozmístění posledních sekcí. Balicí linky I, II mají vzhledem k menšímu výkonu stále ruční způsob paletizace, avšak výstup linky V je v současné době modernizován a ruční paletizace bude nahrazena robotem.



Obrázek 2.2-2: Fyzické rozvržení balicích linek v prostoru balírny

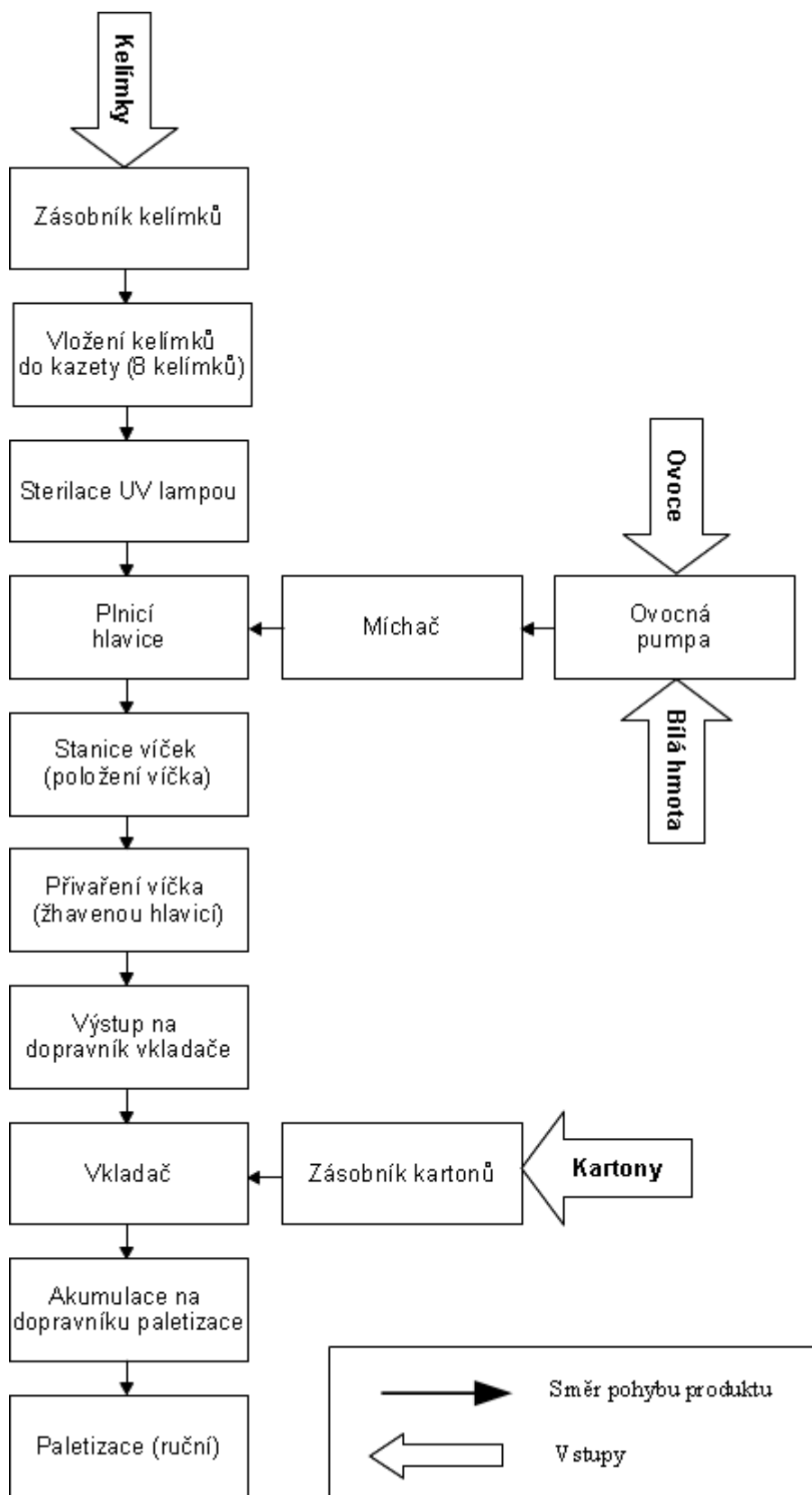
2.2.3 Balicí linka I

2.2.3.1 Charakteristika stroje

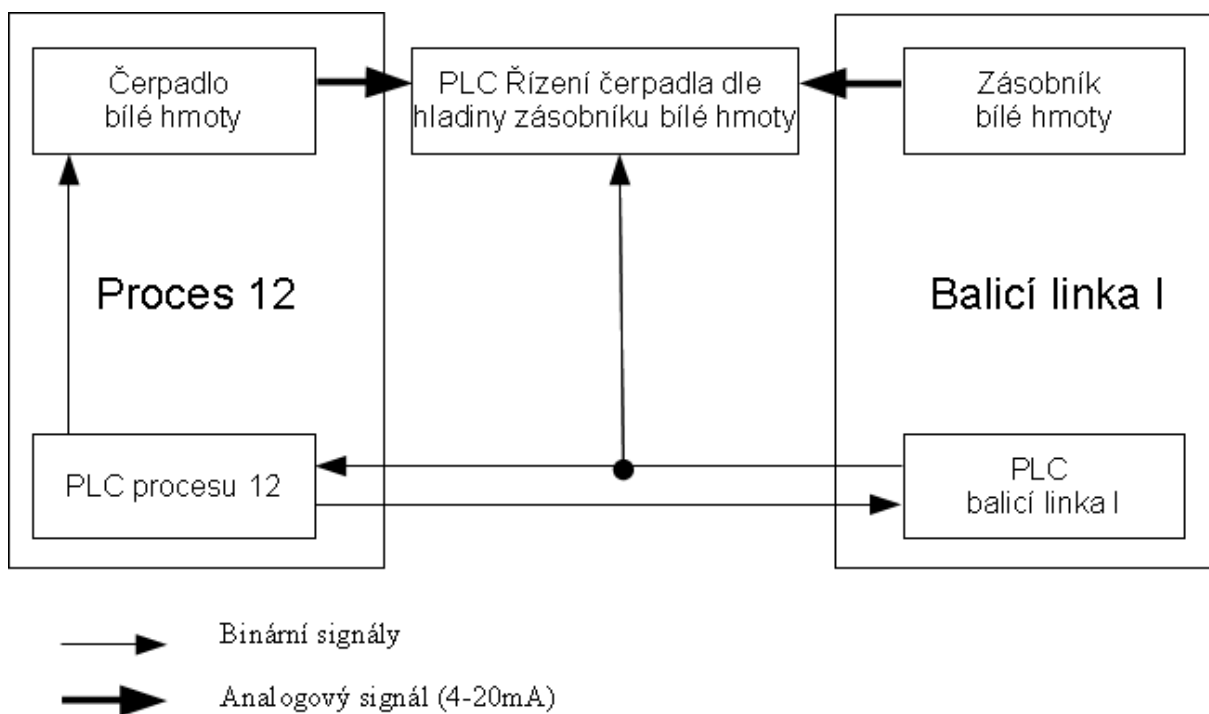
Balicí linka s označením I viz Obrázek 2.2-3: Blokové schéma balicí linky I. patří k nejstarším, stále používaným strojům v prostoru balírny, svojí kapacitou představuje zlomek výrobní kapacity linek s označením III a IV. Hlavní odlišností je chybějící příprava plastového obalu (v tomto případě kelímku), nahrazena sloupcovým zásobníkem, který obsluha pravidelně doplňuje při překonání spodního limitu výšky sloupce. Práce stroje je charakterizována posuvným pohybem unášecího pásu s otvory pro kelímky, který pravidelným „poutnickým krokem“ zajišťuje průchod všemi sekcemi stroje. V první sekci je kelímek gravitací spuštěn do kazety s otvory a posunut ke sterilizaci UV lampou. Sekce plniče je realizována standardně pístem, který je pákou, kyvným pohybem vytlačován do připravených kelímků pod plničem. Naplněné kelímky jsou následně zakryty víčkem a zavařeny žhavenou svářecí hlavicí. V poslední sekci jsou plné, uzavřené kelímky přemístěny na dopravníkový pás a vkladačem překládány do připravených papírových kartonů. Stroj neustálým mírným přetlakem v laminární komoře, obklopující vlastní baličku, chrání produkt proti vniku nečistot a bakterií z okolního vzduchu.

Výstupní sekce balicí linky I je řešena jednoduchým vkladačem, který po zaplnění vstupního pásu automaticky přemístí naplněné kelímky do připraveného kartonu. Jelikož linka nemá vlastní kartonovací stroj napojený dopravníkem přímo k vkladači, je zde zaveden kartonový zásobník. Obsluha ručně vrství již připravené kartony do automatického zásobníku, a po naplnění kelímků ve vkladači odebírá plné kartony na krátkém akumulacním pásu.

2.2.3.2 Blokové schéma práce stroje



Obrázek 2.2-3: Blokové schéma balicí linky I.



Obrázek 2.2-4: Balicí linka I – řízení a regulace, [3]

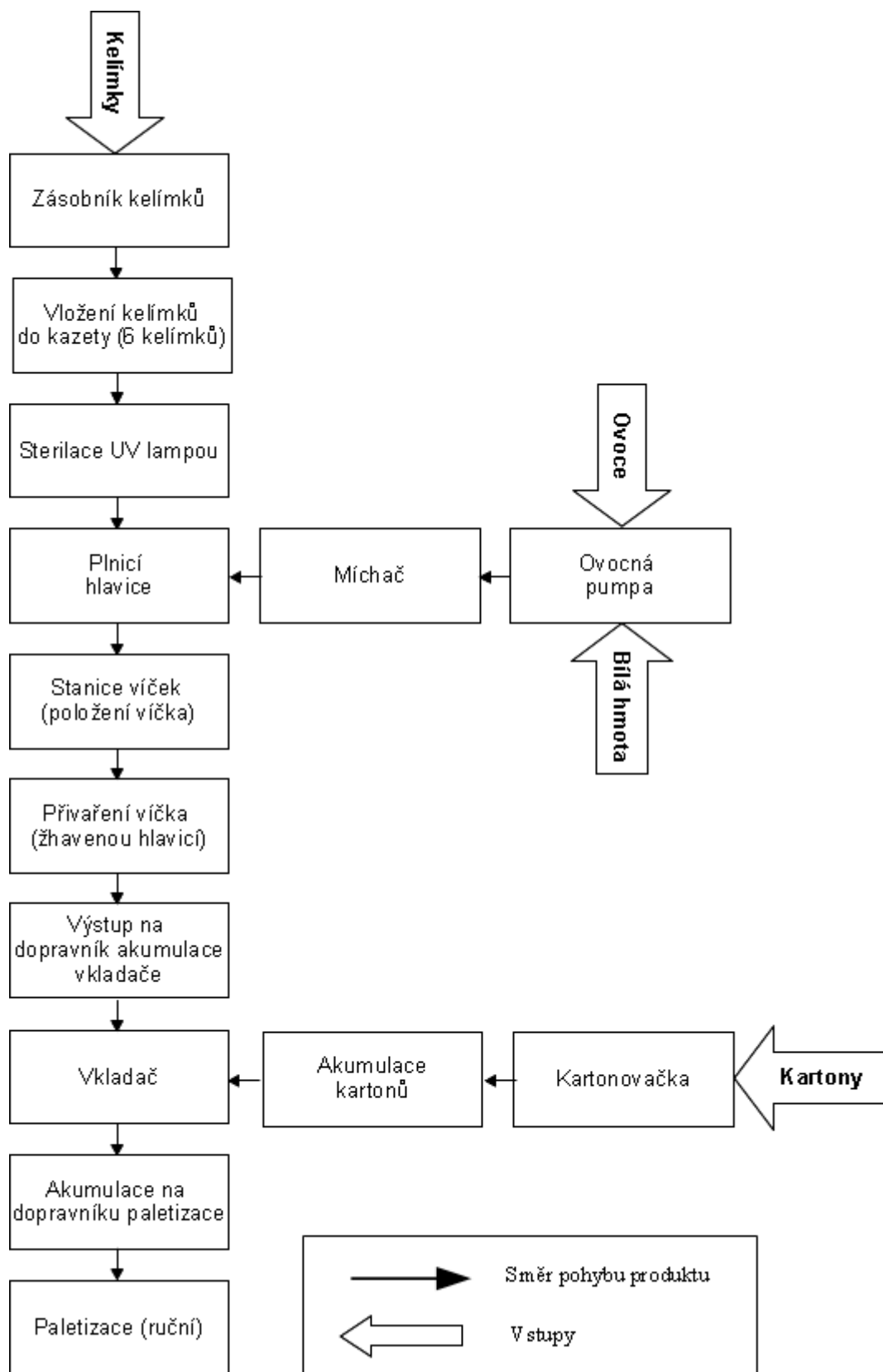
2.2.4 Balicí linka II

2.2.4.1 Charakteristika stroje

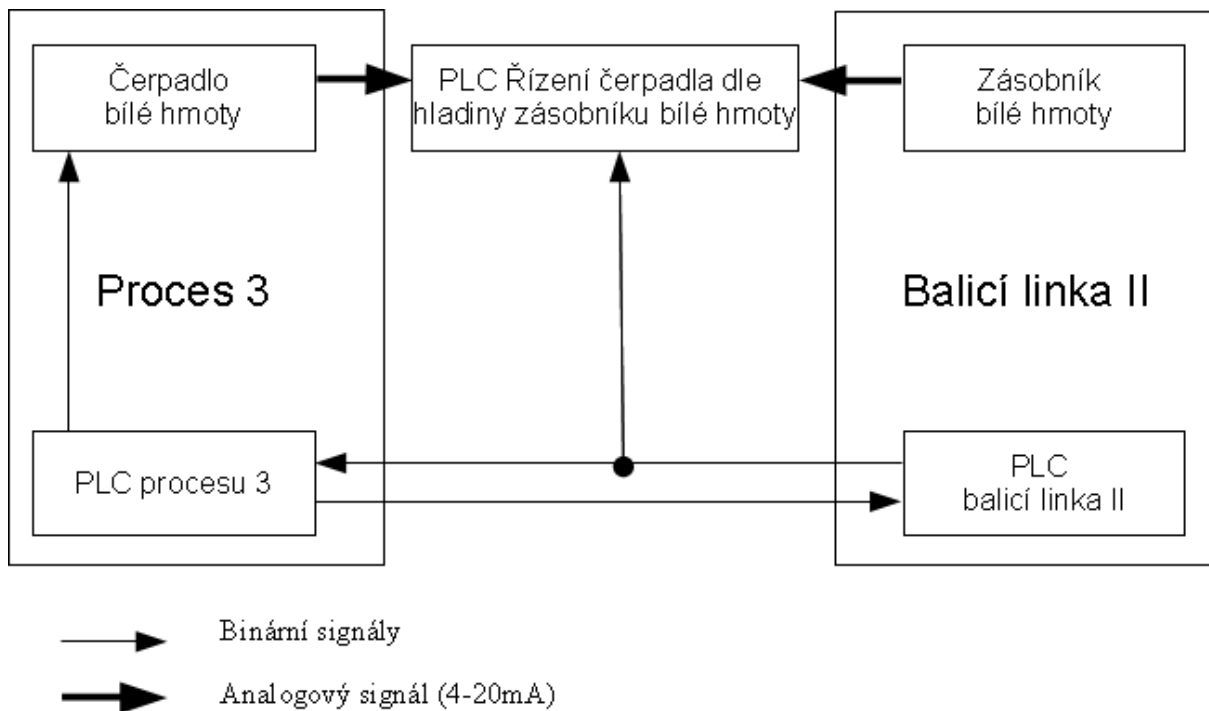
Balicí linka s označením II, viz Obrázek 2.2-5: Balicí linka II – blokové schéma, je vlastní plnicí částí konstrukčně shodná s balicí linkou I, rozdíly jsou patrné pouze ve výstupní části a v kapacitním omezení produkce plniče. Plnič má zde k dispozici pouze šest otvorů v kazetě unášecí kelímků, proto je stroj schopen v každém taktu naplnit pouze šest kelímků oproti osmi na lince I.

Odlišné řešení výstupní sekce spočívá v řešení dopravy kartonů, které jsou dopraveny ke vkladači po dopravníkovém akumulacním pásu. Kartonovací stroj ohýbá připravený skelet kartonové přepravky z perforovaných kartonových polotovarů a odkládá na dopravník (zde umístěn pod stropem kvůli lepšímu využití prostoru). Vlastní vkladač není umístěn přímo na výstupu plniče, proto jsou kelímky nejprve posunuty na dopravníkový pás a akumulovány podle potřeby před vstupem vkladače. Po dostatečném zaplnění pásu mohou být kelímky přeloženy do připravených papírových kartonů. Vkladač naplní v každém taktu (vkladač pracuje nezávisle, proto takt není shodný s taktom plniče) karton a umožní pokračování po dopravníkovém pásu k paletizaci. Prodloužené dopravníkové cesty balicí linky I zajišťují plynulejší chod plniče vzhledem k poruchám vkladače atp. Paletizace probíhá ručně, obsluha skládá jednotlivé palety a odváží do chladičího skladu.

2.2.4.2 Blokové schéma linky



Obrázek 2.2-5: Balící linka II – blokové schéma



Obrázek 2.2-6: Balicí linka II – řízení a regulace, [3]

2.2.5 Balicí linka III

2.2.5.1 Charakteristika stroje

Balicí linka označená č. III a č. IV patří mezi nejproduktivnější linky balicí haly. Stroj je tvořen dlouhým, spojeným rámem zajišťujícím statickou pevnost a přesnou polohu všech jednotlivých částí, kterými produkt při balicím procesu prochází. Podobně jako ostatní stroje lze funkcionalitu popsat po jednotlivých zastávkách (stanicích) postupně až k hotovému kartonu. Jelikož je celý stroj koncipován jako jeden souvislý kus, není pohyb výrobků zajišťován dopravníky ale tzv. „poutnickým krokem“. Tento způsob distribuce kelímků, oddělených v řadách lištami, usměrňuje pohyb vpřed pomocí krátkých jehel vysunovaných mezi kelímky a táhnoucí celý pás výrobků strojem dopředu. Pohyb je vykonáván v taktech, které jsou synchronizovány na všech stanicích stroje pomocí PLC.

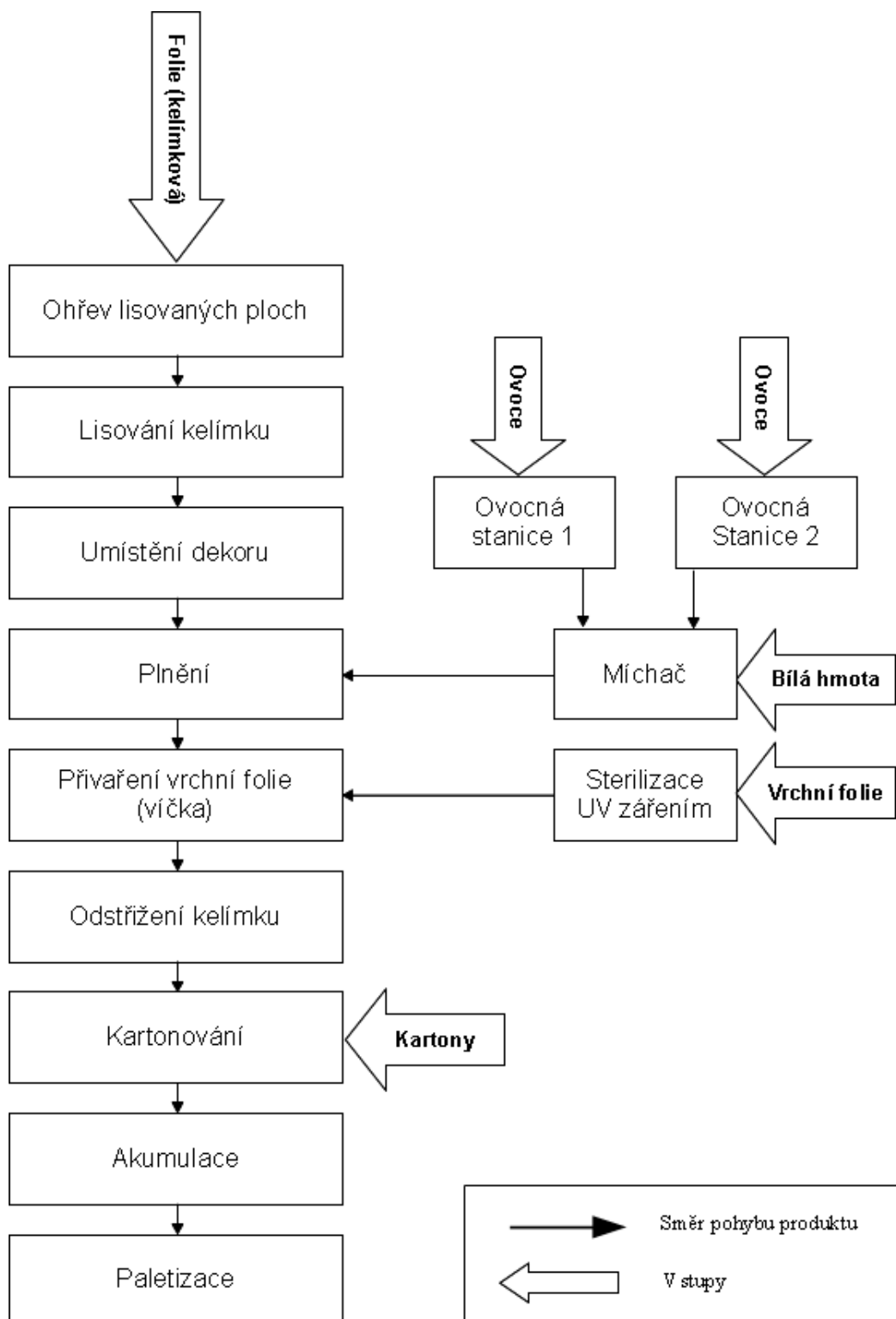
Fáze výrobku:

- Navinutí folie, ze které se lisuje kelímek.
- Nahřívání folie speciálními deskami.
- Lisování ohřáté folie lisovacím kopytem.
- Navlečení tzv. „dekoru“ (etiketa na obvodu kelímku).
- Plnění.
- Přivaření sterilizované vrchní folie (druhá část etikety).
- Vystřížení kelímku (odstřížení od ostatních).
- Kartonování – kartonovací stanice.
- Akumulace a paletizace – paletizátor umístěný ve chladicím skladu.

Stroj má dvě ovocné stanice, které umožňují připojení dvou kontejnerů s ovocem (aktuálně používaný a nový - připravený). Linka je tak schopna produkovat kelímky plněné dvěma různými příchutěmi zároveň. V případě plnění pouze jednou příchutí jsou do obou ovocných stanic zapojené kontejnery stejné příchutě.

Automatická paletizace je prováděná paletizátorem umístěným v chladicím skladu pod balicí halou. Přepravky s produktem jsou na konci výstupního dopravníku svázeny z patra balicí haly do prostoru chladicího skladu pomocí automatického výtahu a akumulovány po paletách před vlastním paletizátorem. Kompletní paleta může být odvezena vysokozdvížným vozíkem a uložena na místo ve skladu.

2.2.5.2 Blokové schéma práce stroje



Obrázek 2.2-7: Balicí linka III - Blokové schéma

2.2.5.3 Popis funkce jednotlivých stupňů balicí linky:

- Ohřev lisovaných ploch – folie navinutá z vstupní role je postupně natahována mezi ohřívací desky, které ji nahřívají na vhodnou teplotu pro úspěšné lisování kelímků.
- Lisování kelímku – ohřátá folie je lisovacím kopytem tažena do formy a pomocí tlakového vzduchu vyfouknuta na tvar daný formou.
- Umístění dekoru – připravené kelímky jsou vylisovány do polí umístěných na otočném stole, který se vždy natočí tak aby bylo umožněno uložení dekorovací pásky (etiketa na obvodu kelímku).
- Plnění – ovoce, vytlačené pomocí tlakového dusíku přivedeného do kontejnerů, je nasáto pumpou a vytlačeno do míchače. Ovocná složka je smíchána s bílou hmotou a tlačena do trysek dávkovače. Dávkovač linky vytlačuje směs do připravených kelímků s každým taktom stroje pomocí 24 dávkovacích pístů tzn. v každém taktu je linka schopna naplnit 24 kelímků.
- Přivaření vrchní folie – naplněné kelímky jsou uzavírány připravenou vrchní folií, která je postupně namotávána z role umístěné na horní straně stroje (vrchní etiketa). Tato folie musí být sterilizována UV zářením kvůli kontaminaci. V místě přiblížení folie a kelímků je vysunuta svařovací hlavice svařující teplem a tlakem v místě dotyku.
- Ostřížení kelímku – od vylisování kelímku z folie až po tento stupeň jsou kelímky spojené v jediném pásu, aby bylo možno s kelímky manipulovat. Stříhací hlavice dále perforuje hranice mezi kelímky a ty jsou poté samostatné.
- Kartonování – jednotlivé řady kelímků jsou kartonovacím zařízením rozděleny dle programu na skupiny např. po 24 (vrstva), uchopovacím rámem naloženy do připravené kartonové krabice.
- Akumulace – kartony jsou akumulovány na speciálním dopravníku evidovaném programem paletizátoru a postupně skládány na paletu.

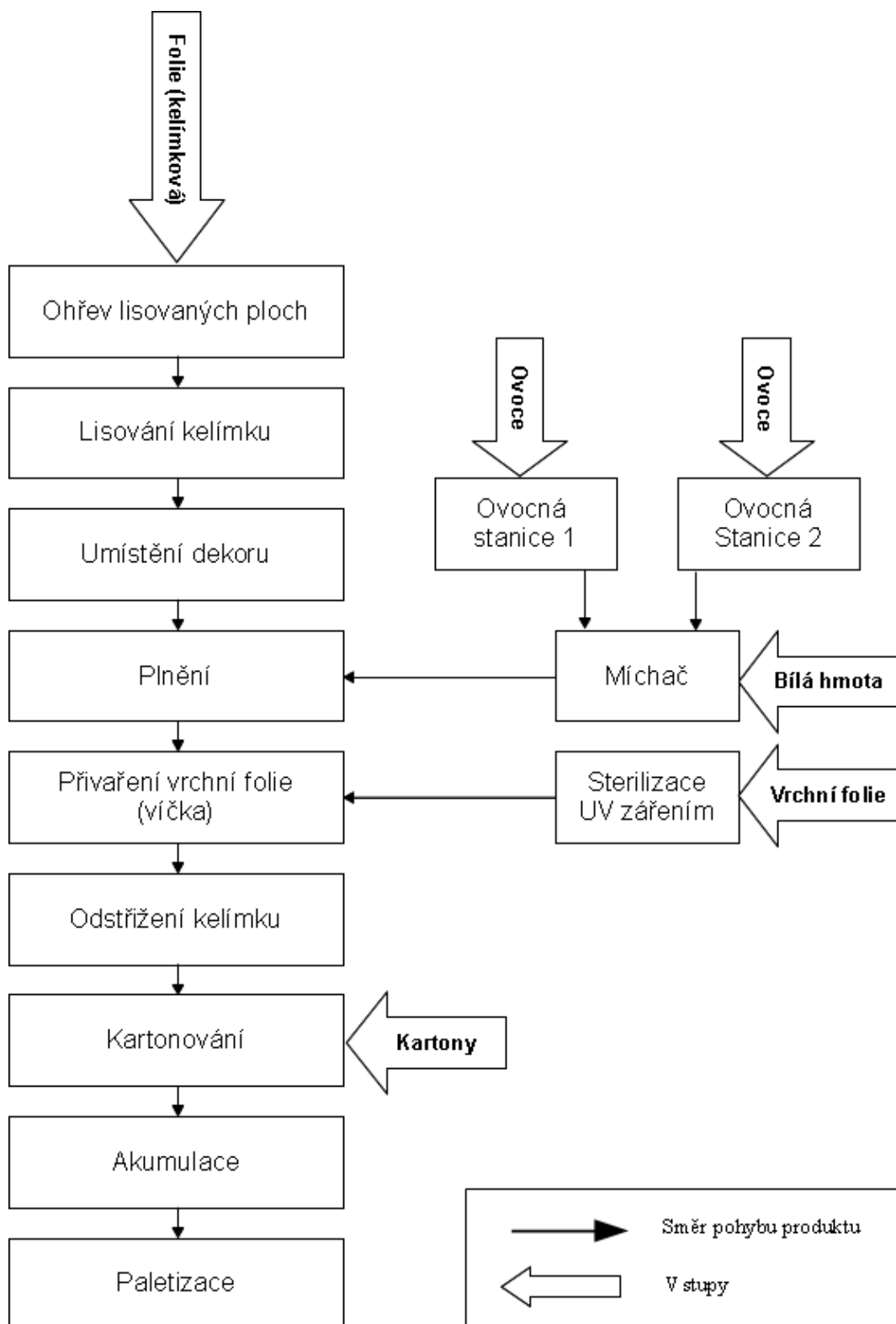
2.2.6 Balicí linka IV

2.2.6.1 Charakteristika práce stroje

Vlastní práce i konstrukční rozložení balicí linky označené číslem IV je prakticky shodná s linkou č III, tělo je tvořeno jedním podlouhlým rámem se stejnými funkčními stanicemi. Posuv produktu je realizován pravidelným „poutnickým krokem“ pomocí jehel vysunovaných zespodu pod pásem vylišovaných kelímků. Řízení stroje zajišťuje jediný automat Schneider Electric typu Premium komunikující s periferiemi pomocí distribuovaných modulů (FIPIO I/O moduly).

V současné době je hlavní rozdíl mezi linkami III a IV v řešení koncové části linky. Zatímco linka III využívá samostatné kartonovací stanice, linka IV byla modernizována o výkonnější vkladač. Vkladač přemísťuje hotové kelímky z výstupu stroje do zvláštních přepravek, které si napřed sám vyrobí z připravených perforovaných kartonů. Přepravky umístěné na dopravníkový pás putují k výtahu paletizátoru, akumulují se v prostoru chladicího skladu a paletizátor je automaticky skládá na paletu.

2.2.6.2 Blokové schéma práce stroje



Obrázek 2.2-8: Balicí linka IV – Blokové schéma práce stroje

2.2.7 Balicí linka V

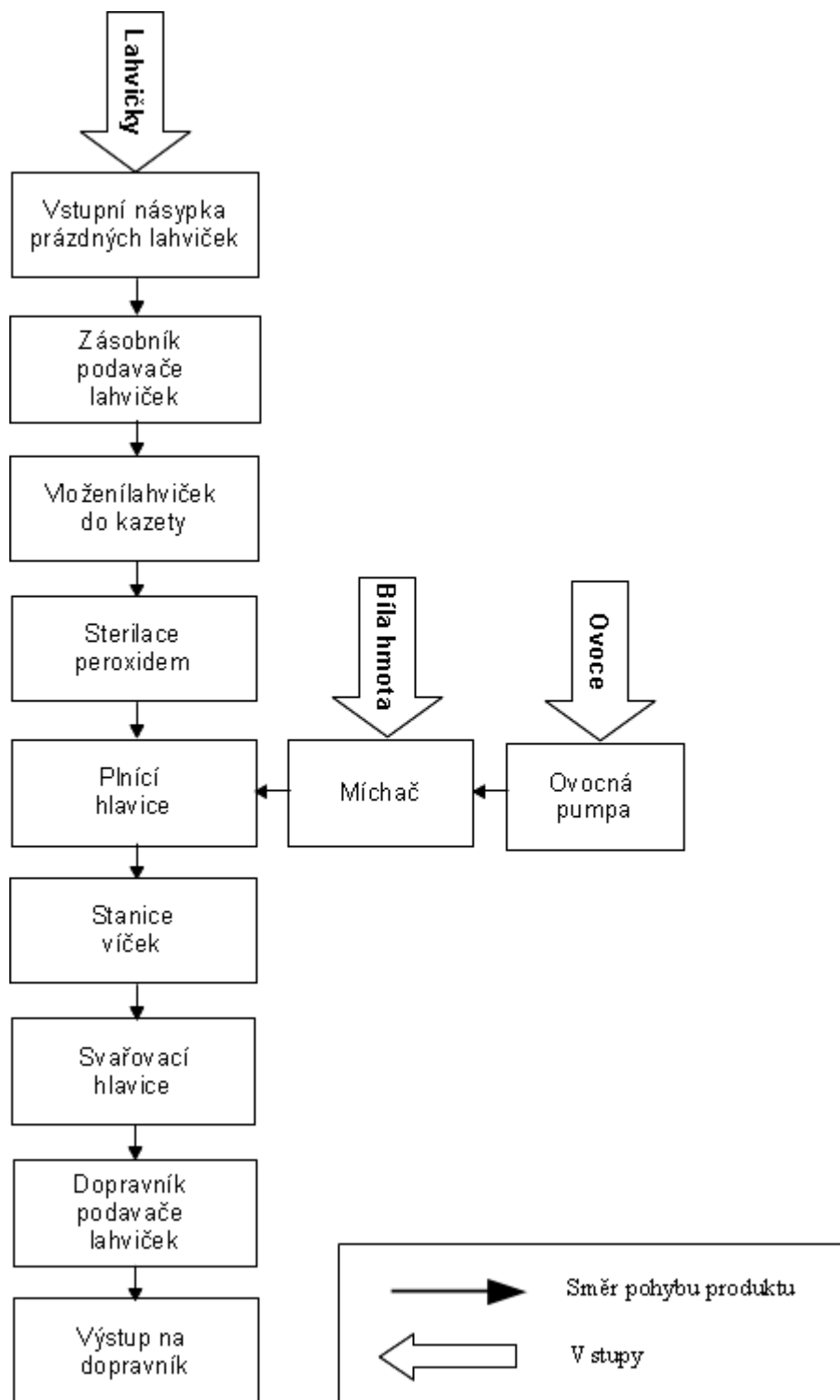
2.2.7.1 Charakteristika práce stroje

Balicí linka označená číslem V jako jediná produkční jednotka umožňuje plnění řidších produktů tzv. drinků, plněných do speciálních lahviček sypaných do zásobníku umístěného v patře nad strojem. Linka je tvořena několika samostatnými celky, které až na několik výjimek nejsou navzájem propojeny žádnými komunikačními signály. Jedná se o autonomní stanice podél dopravníkové cesty posunující produkt všemi sekcemi. Jednotlivé stanice balicí linky byly přidávány a upravovány dle konkrétní potřeby, např. stanice nástřiku data či nasazování sekundárních víček při produkci menších lahviček. Lahvičky jsou postupně datumovány a opatřeny obalem tzv. „sleevem“, který je pomocí páry smršťen a hotový produkt pokračuje ke kartonování - zde však není použit kartonový papír, ale plastová folie balicí jednotlivé kartony po šesti či osmi kusech. Rozložení dopravníkové dráhy, viz Obrázek 2.2-10: Balicí linka V – Blokové schéma (dopravníková dráha), ukazuje přibližné rozmístění a posloupnost úkonů během cesty produktu.

Chod hlavního stroje (plniče) je řízen jedním automatem Schneider El. řady Premium vybavený distribuovanými I/O moduly, jednotlivé stanice jsou však řízeny vlastními automaty bez vzájemné komunikace, proto je synchronizace produkce komplikovanější než u ostatním strojů s „poutnickým krokem“. Tato nevýhoda je však kompenzována poměrně dlouhou dráhou dopravníku, akumulace lahviček tak zajistí alespoň částečně plynulost výroby. Velkou nevýhodou přílišné akumulace produktu na lince je ztížený odhad spotřeby produktů na vstupu vůči dokončeným paletám na výstupu (velká setrvačnost).

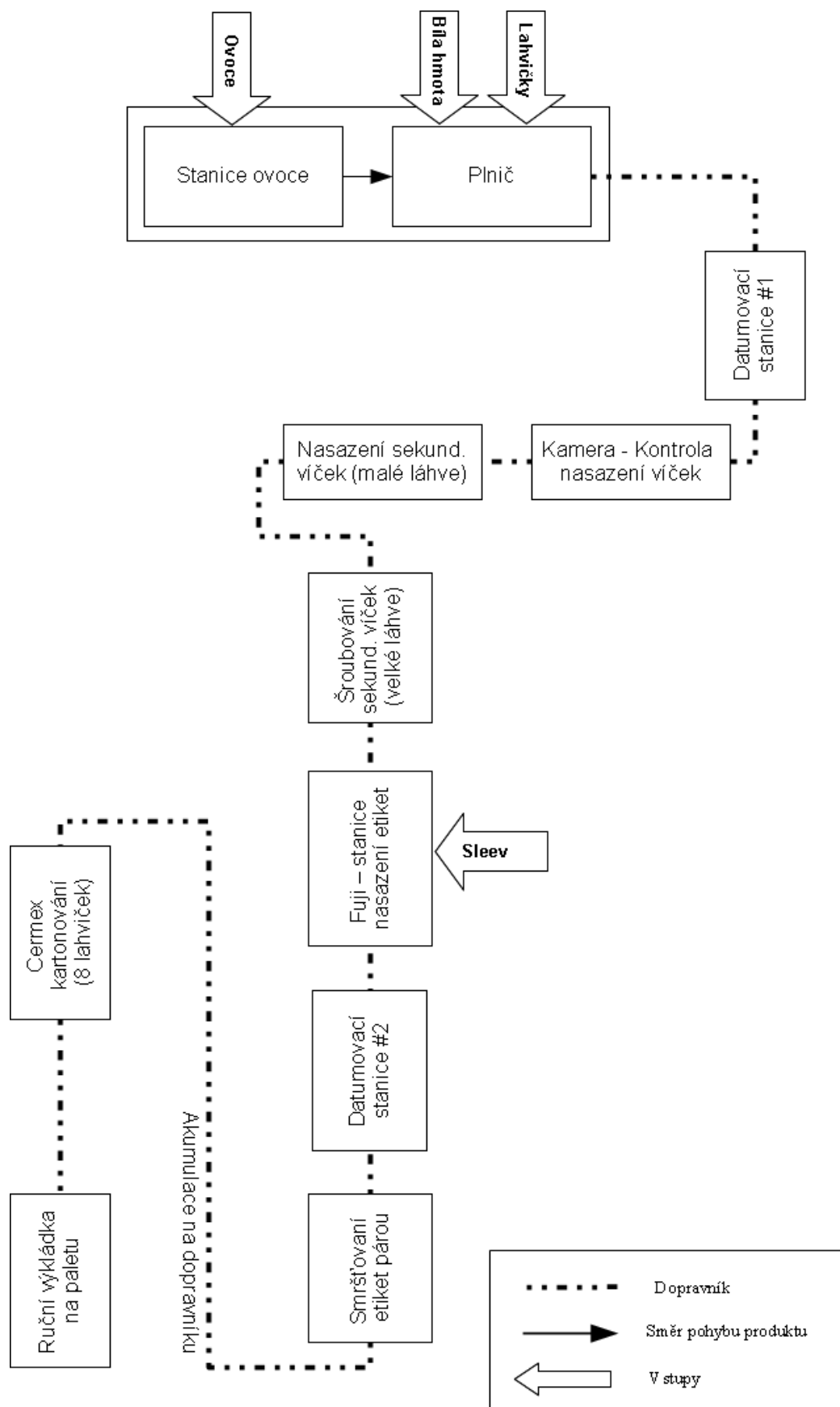
2.2.7.2 Blokové schéma práce stroje

a) Hlavní část – plnič



Obrázek 2.2-9: Balicí linka V – Blokové schéma práce stroje (plniče)

b) Dopravníková cesta



Obrázek 2.2-10: Balicí linka V – Blokové schéma (dopravníková dráha)

3 Návrh komunikačního modelu

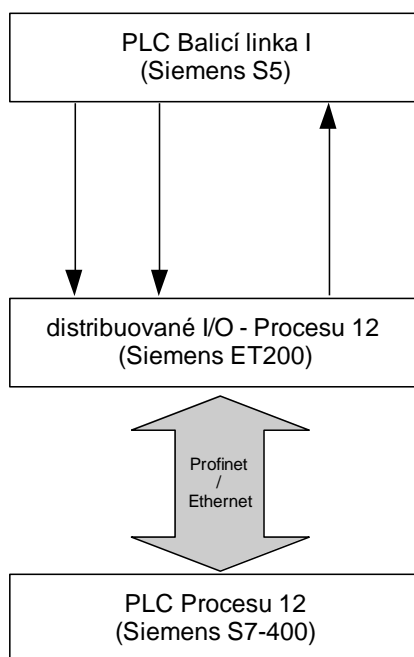
3.1 Původní komunikace

3.1.1 Balicí linka I

Komunikační signály Balicí linka I ↔ Výrobní proces I a II					
PLC Balicí linka I			PLC Proces12		Popis
Označení	Zapis/čtení		Označení	Zapis/čtení	
WM_REQ	Zápis	→	LINKA01_WM_REQ	Čtení	Požadavek na bílou hmotu
READY_CIP	Zápis	→	LINKA01_READY_CIP	Čtení	Linka připravena na CIP
CIP_ACK	Čtení	←	LINKA01_CIP_ACK	Zápis	Probíhá čištění

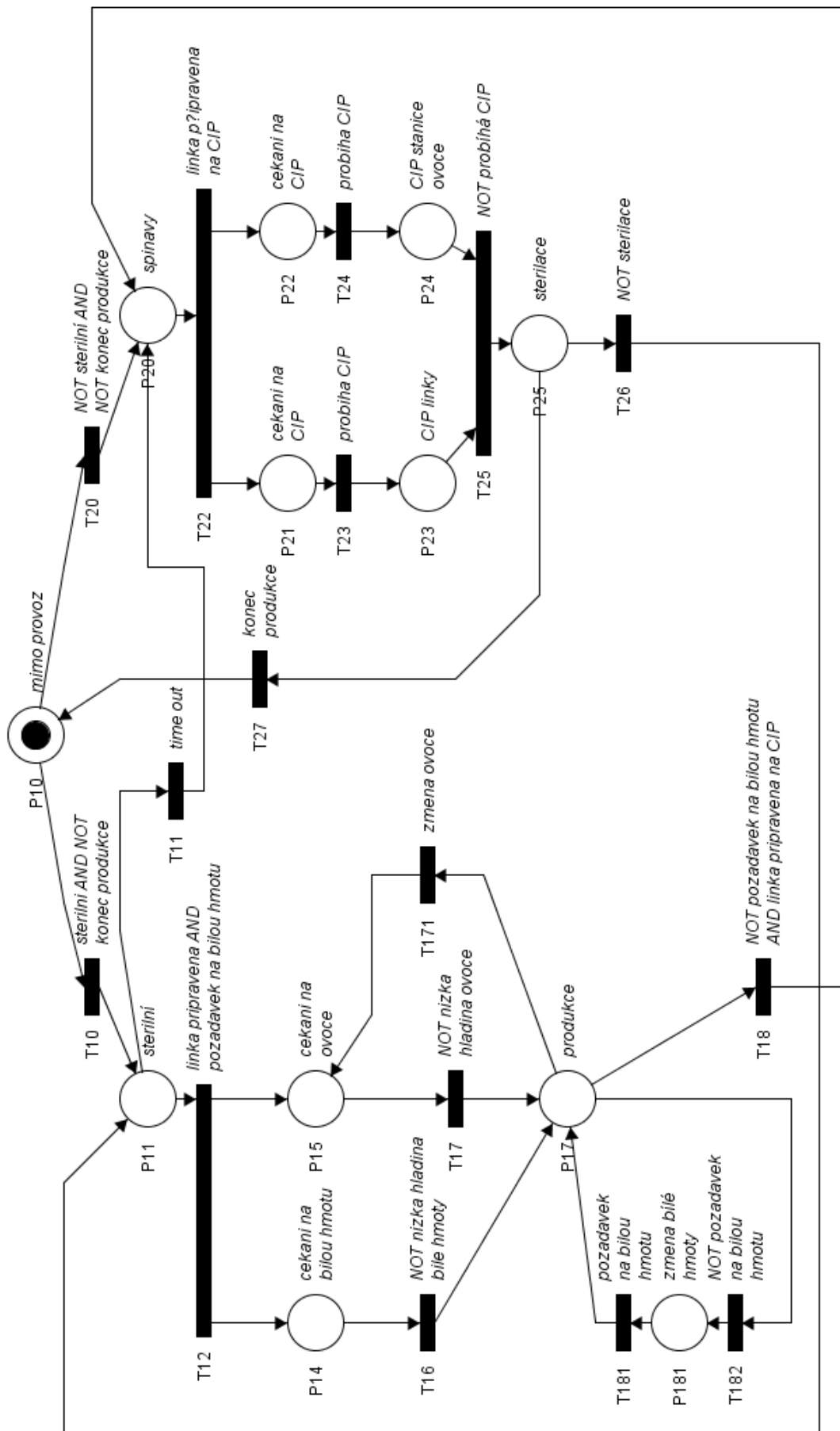
Tabulka 3.1-1: Výpis signalů balicí linky I, [3]

Z pohledu řízení a komunikace je balicí linka I v porovnání s linkami III, IV a V velice zjednodušená. Vlastní řízení zajišťuje procesor Siemens starší řady S5, tato starší koncepce přináší komplikace rozšiřování funkčnosti a komunikace s ostatními systémy obecně. Stanice ovoce je součástí stroje, proto komunikace směrem k technologii se omezuje pouze na signály spojené s čištěním a dodávkou bílé hmoty. Ventily ovládající přívodní potrubí jsou převážně ovládány operátorem procesu.



Obrázek 3.1-1: Komunikace balicí linky I

- Podmínky přechodů Petriho sítě, viz Obrázek 3.1-2: Balicí linka I – Petriho síť, jsou aktivovány několika zdroji signálu – vstupy z hlavního panelu stroje, signály předávanými mezi linkou a procesem a signály od sond (limity hladin atp.).



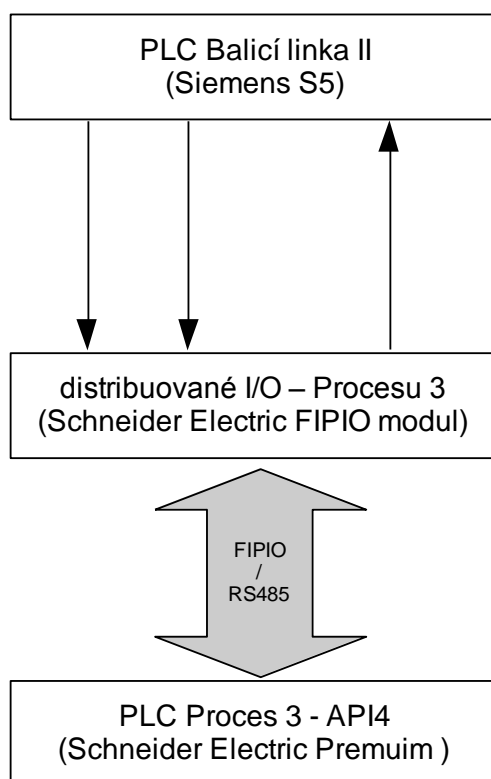
Obrázek 3.1-2: Balicí linka I – Petriho síť,[s.1]

3.1.2 Balicí linka II

Konstrukce i řídicí část balicí linky II je téměř totožná s řízením linky II, hlavním rozdílem je zde komunikace směrem k technologickému procesu III (ozn. Proces 3). Shodná je i koncepce vlastního řízení realizovaného pomocí PLC Siemens starší řady S5, stanice ovoce včetně řízení jsou součástí stroje. Komunikace k technologii se omezuje pouze na signály spojené s čištěním, a dodávkou bílé hmoty, včetně ventilů ovládajících přívodní potrubí.

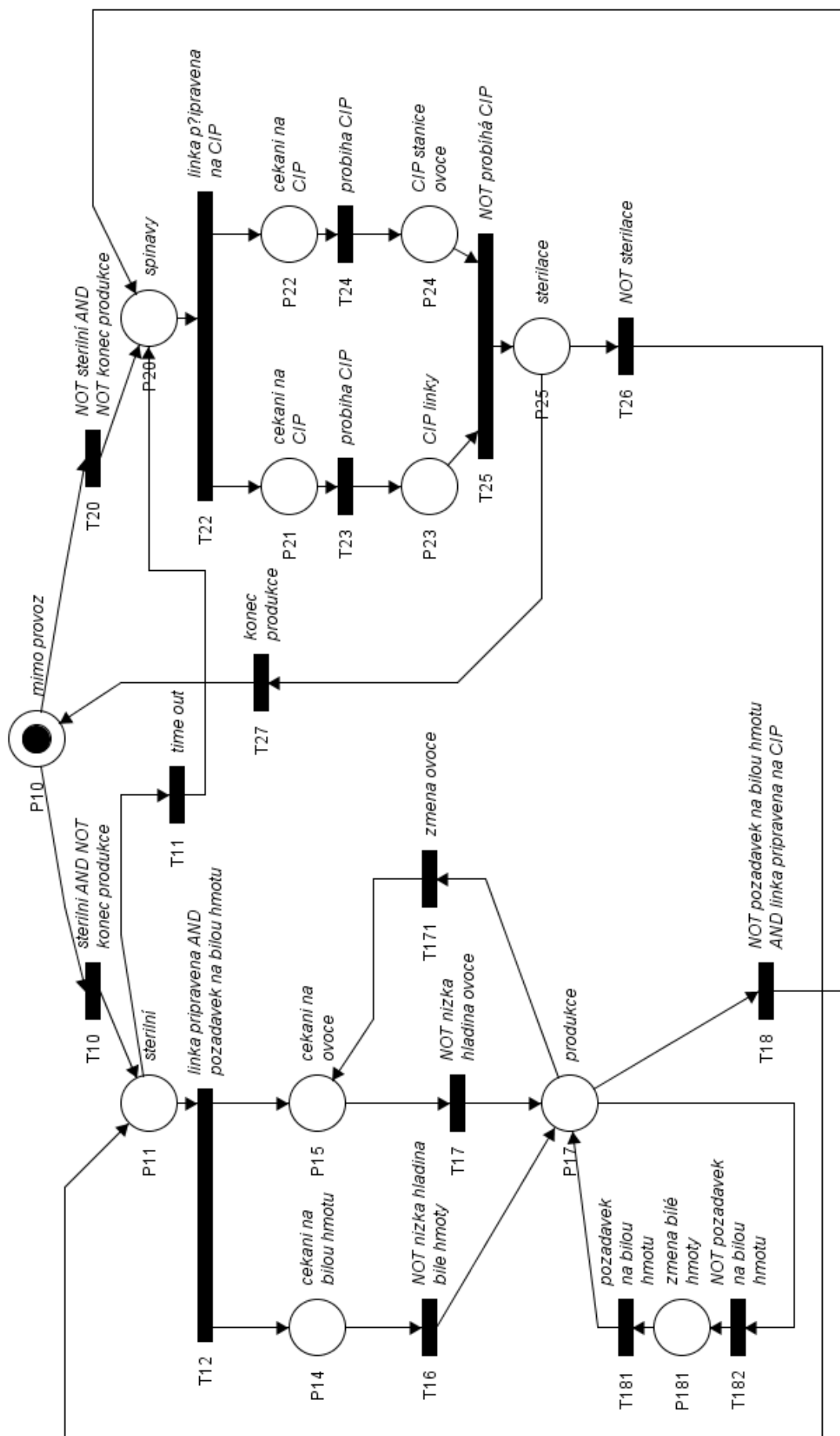
Komunikační signály Balicí linka II ↔ Výrobní proces III					
PLC Balicí linka II			PLC Proces 3		Popis
Označení	Zapis/čtení		Označení	Zapis/čtení	
WM_REQ	Zápis	→	LINKA02_WM_REQ	Čtení	Požadavek na bílou hmotu
READY_CIP	Zápis	→	LINKA02_READY_CIP	Čtení	Linka připravena
CIP_ACK	Čtení	←	LINKA02_CIP_ACK	Zápis	Probíhá čištění

Tabulka 3.1-2: Výpis signalů balicí linky II, [3]



Obrázek 3.1-3: Komunikace balicí linky II

- Podmínky přechodu Petriho sítě, viz Obrázek 3.1-4: Balicí linka II – Petriho síť, jsou aktivovány několika zdroji signálu – vstupy z hlavního panelu stroje, signály předávanými mezi linkou a procesem a signály od sond (limity hladin atp.).



Obrázek 3.1-4: Balicí linka II – Petriho síť, [s.1]

3.1.3 Balicí linka III

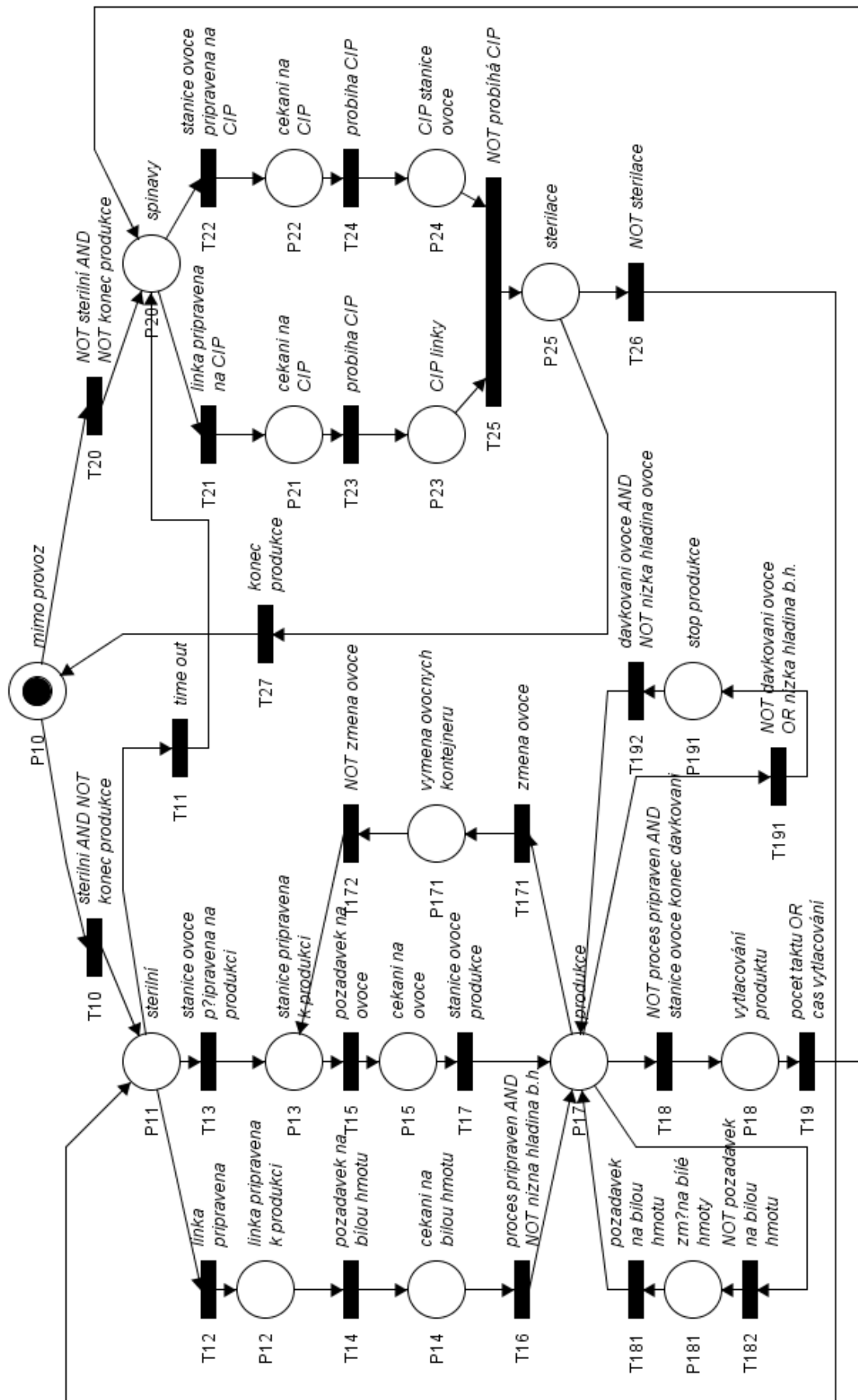
Přestože linka III je moderní stroj, komunikace stroje s technologickým procesem je realizována pomocí binární sběrnice FIPIO (Schneider Electric). V době instalace balicí linky byla průmyslová část ethernetové sítě ve výrobní části závodu značně nekomplexní, proto implementátor zvolil tento způsob jako nevhodnější.

Na následujících schématech je naznačeno spojení linek s procesními automaty API3 a API4 (Proces 3). Vzhledem k pozdějšímu rozšíření o výrobní technologii IV (Proces 4), je komunikace komplikována ještě o automaty Procesu 4. PLC API3 a API4 v současné době společně zajišťují komunikační most mezi čtvrtým procesem a balicí linkou viz Obrázek 3.1-6: Komunikace balicí linky III.

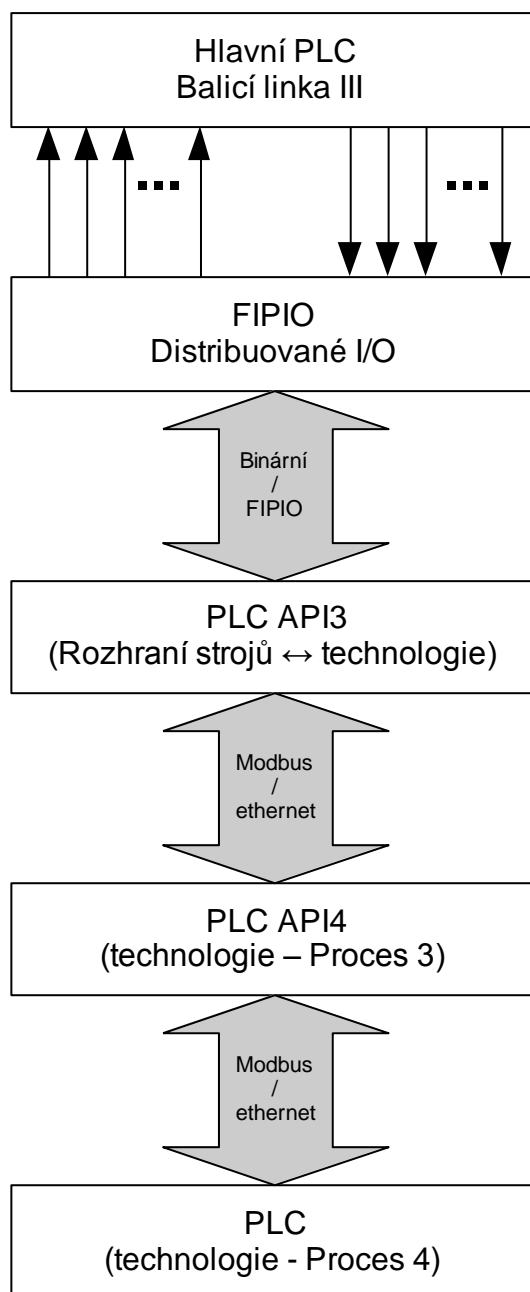
Komunikační signály PLC Balicí linky III ↔ Výrobní proces (PLC API3)					
PLC Balicí linka III			PLC Proces (API3)		Popis
Označení	Zápis/čtení		Označení	Zápis/čtení	
AR5_PROD_END	Zápis	→	LINKA03_END_PROD	Čtení	Konec produkce
AR5_WM_MAX	Zápis	→	LINKA03_WM_MAX	Čtení	Maximální hladina bílé hmoty
AR5_PROD_READY	Zápis	→	LINKA03_PROD_READY	Čtení	Linka připravena k produkci
AR5_FRUIT_PROD_REQ	Zápis	→	LINKA03_FR_PR_REQ	Čtení	Požadavek na ovoce
AR5_CIP_READY	Zápis	→	LINKA03_CIP_READY	Čtení	Linka připravena na CIP
AR5_WM_REQ	Zápis	→	LINKA03_WM_REQ	Čtení	Požadavek na bílou hmotu
AR5_PR_FR_GEN	Zápis	→	LINKA03_PR_FR_GEN	Čtení	Dávkování ovovce
AR5_DOS_READY	Zápis	→	LINKA03_DOS_READY	Čtení	Stanice ovoce připravena
AR5_DOS_CIP_READY	Zápis	→	LINKA03_DOS_CIP_READY	Čtení	Stanice ovoce připravena na CIP
AR5_DOS_RUN	Zápis	→	LINKA03_DOS_RUN	Čtení	Stanice ovoce produkce
AR5_DOS_PROD_END	Zápis	→	LINKA03_PROD_END	Čtení	Stanice ovoce konec dávkování
AR5_DOS_PROD_READY	Zápis	→	LINKA03_PROD_READY	Čtení	Stanice ovoce připravena na produkci
AR5_DOS_FR_CHANGE	Zápis	→	LINKA03_FR_CHANGE	Čtení	Změna ovoce
AR5_DOS_CH_READY	Zápis	→	LINKA03_CH_READY	Čtení	Stanice ovoce připravena na změnu
AR5_HOP_LOW_WM	Čtení	→	LINKA03_HOP_LOW_WM	Zápis	Nízká hladina bílé hmoty
AR5_CIP_ACK	Čtení	←	LINKA03_CIP_ACK	Zápis	Probíhá CIP
AR5_PROD_END	Čtení	←	LINKA03_PROD_END	Zápis	Ukončování produkce
AR5_PROCESS_READY	Čtení	←	LINKA03_PROCESS_READY	Zápis	Proces připraven

Tabulka 3.1-3: Výpis signalů balicí linky III, [3]

- Podmínky přechodů Petriho sítě, viz Obrázek 3.1-5: Balicí linka III - Petriho sít, jsou aktivovány několika zdroji signálu – vstupy z hlavního panelu stroje, signály předávanými mezi linkou a procesem a signály od sond (limity hladin atp.).



Obrázek 3.1-5: Balicí linka III - Petriho síť, [s.1]



Obrázek 3.1-6: Komunikace balicí linky III

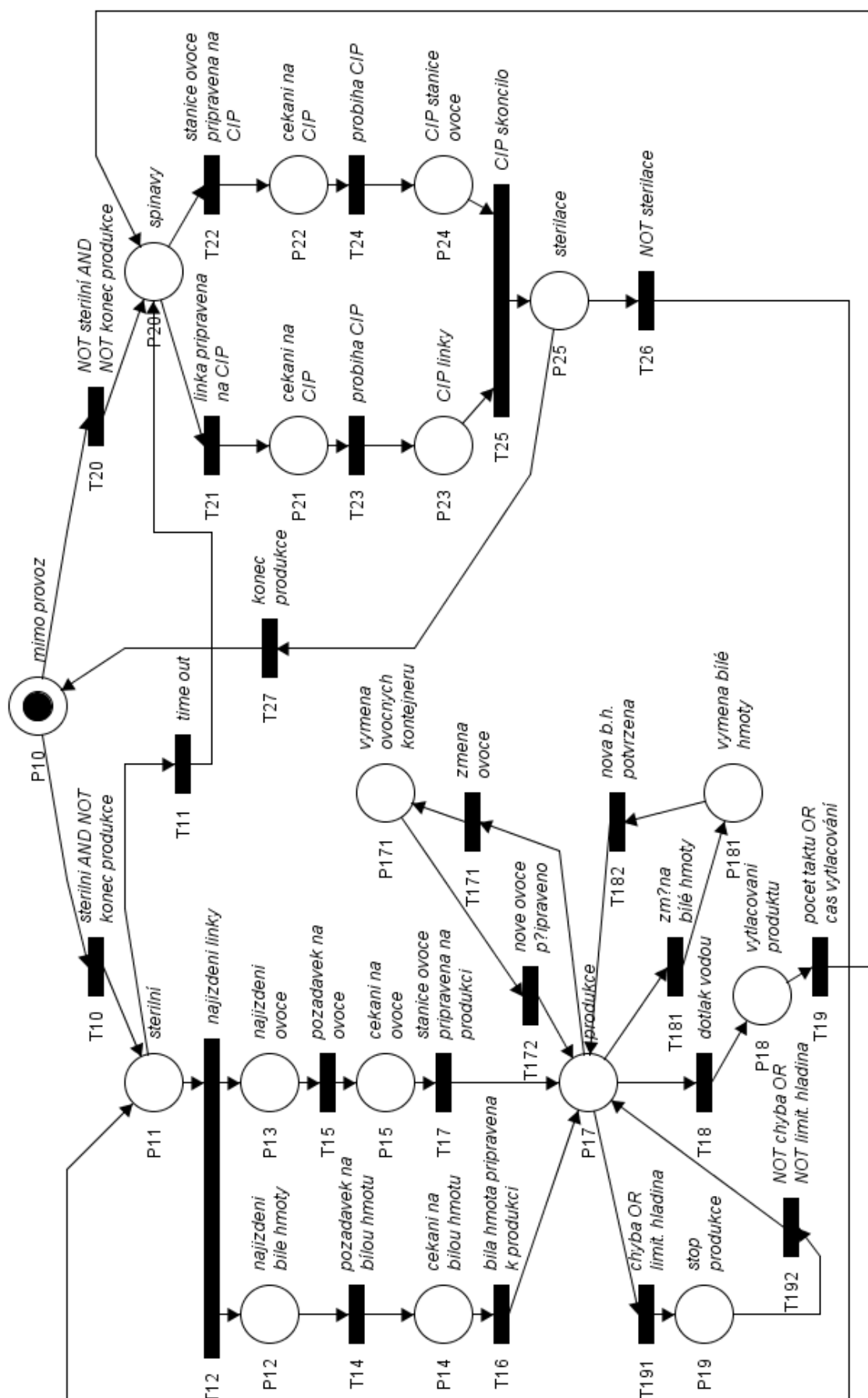
3.1.4 Balicí linka IV

V případě zavádění balicí linky s označené číslem IV, byl postup vytváření komunikačního rozhraní technologický proces a balicí linky proveden podle téměř shodného konceptu jako v případě balicí linky III, zde je však vyžita sběrnice Unitelway (obdobu sběrnice Profibus společnosti Siemens, založená na RS 485). Stejně jako v předchozím případě automaty označené API3 a API4 zajišťují most pro komunikaci s technologickými procesy III a IV.

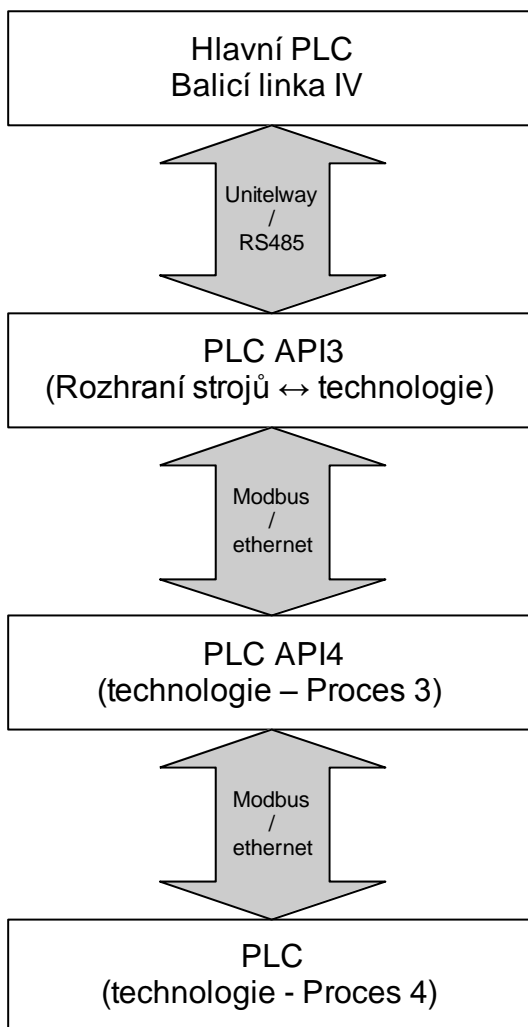
Komunikační signály PLC Balicí linky IV ↔ Výrobní proces (PLC API3)					
PLC Balicí linka IV			PLC Proces (API3)		Popis
Označení	Zapis/čtení		Označení	Zapis/čtení	
AR4_PROD_START	Zápis	→	LINE04_PROD_START	Čtení	Najždění linky
AR4_PROD_RUN	Zápis	→	LINE04_PROD_RUN	Čtení	Dávkování v chodu
AR4_FR_CHANGE	Zápis	→	LINE04_FR_CHANGE	Čtení	Změna ovoce
AR4_WM_CHANGE_REQ	Zápis	→	LINE04_WM_CHANGE_REQ	Čtení	Změna bílé hmoty
AR4_PROD_END	Zápis	→	LINE04_PROD_END	Čtení	Konec produkce
AR4_CIP_READY	Zápis	→	LINE04_CIP_READY	Čtení	Linka připravena na CIP
AR4_DOC_READY	Čtení	←	LINE04_DOC_READY	Zápis	Stanice ovoce připravena
AR4_HOP_LOW_LEVEL	Čtení	←	LINE04_HOP_LOW_LEVEL	Zápis	Nízká hladina bílé hmoty
AR4_WM_READY	Čtení	←	LINE04_WM_READY	Zápis	Bílá hmota připravena na produkci
AR4_FR_READY	Čtení	←	LINE04_FR_READY	Zápis	Ovoce připraveno na produkci
AR4_WM_ERROR	Čtení	←	LINE04_WM_ERROR	Zápis	Chyba bílé hmoty
AR4_FR_ERROR	Čtení	←	LINE04_FR_ERROR	Zápis	Chyba ovoce
AR4_FR_NEXT_READY	Čtení	←	LINE04_FR_NEXT_READY	Zápis	Nové ovoce připraveno
AR4_WM_CHANGE_ACK	Čtení	←	LINE04_WM_CHANGE_ACK	Zápis	Potvrzení změny bílé hmoty
AR4_WM_NEXT_READY	Čtení	←	LINE04_WM_NEXT_READY	Zápis	Nová bílá hmota připravena
AR4_WPUSH_END	Čtení	←	LINE04_WPUSH_END	Zápis	Dotlak vodou
AR4_CIP	Čtení	←	LINE04_CIP	Zápis	CIP probíhá
AR4_CIP_END	Čtení	←	LINE04_CIP_END	Zápis	CIP skončilo
AR4_TANK_READY	Čtení	←	LINE04_TANK_READY	Zápis	Tank připraven
AR4_CONT1_READY	Čtení	←	LINE04_CONT1_READY	Zápis	Kontejner 1 připraven
AR4_CONT2_READY	Čtení	←	LINE04_CONT2_READY	Zápis	Kontejner 2 připraven
AR4_CONT3_READY	Čtení	←	LINE04_CONT3_READY	Zápis	Kontejner 3 připraven
AR4_CONT4_READY	Čtení	←	LINE04_CONT4_READY	Zápis	Kontejner 4 připraven

Tabulka 3.1-4: Výpis signalů balicí linky IV, [3]

- Podmínky přechodů Petriho sítě, viz Obrázek 3.1-7: Balicí linka IV – Petriho síť, jsou aktivovány několika zdroji signálu – vstupy z hlavního panelu stroje, signály předávanými mezi linkou a procesem a signály od sond (limity hladin atp.).



Obrázek 3.1-7: Balící linka IV – Petriho síť, [s.1]



Obrázek 3.1-8: Komunikace balicí linky IV

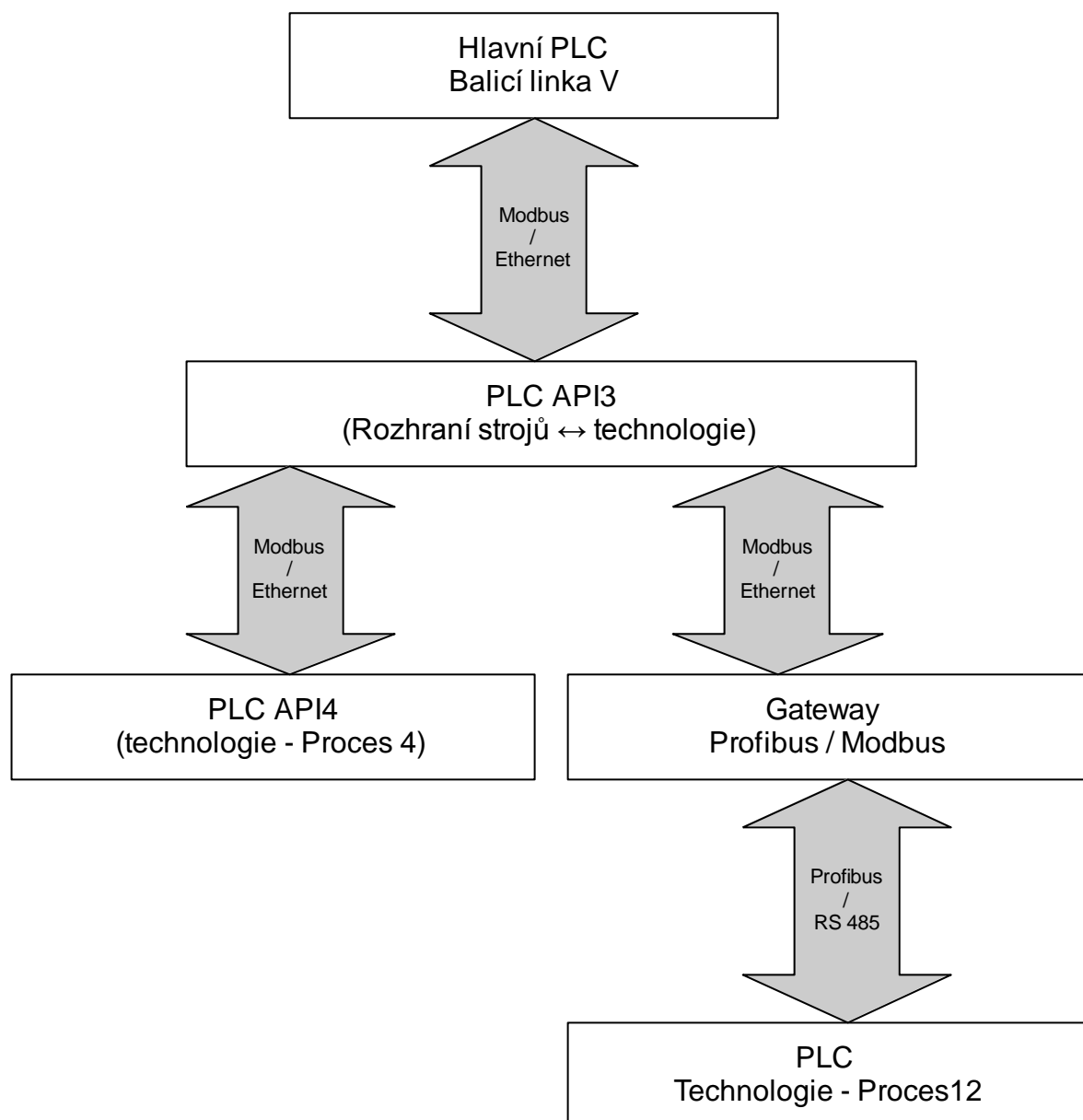
3.1.5 Balicí linka V

Způsob komunikace linky je odlišná od ostatních linek, je provedena na bázi standardního rozhraní Ethernet. Použitý průmyslový protokol Modbus TCP/IP v tomto případě pomáhá lepší čitelnosti programu, hlavní přínos je zde ale především v lepší využití dat automatu – řízení i sdílení dat nadřazenými informačními systémy. S rostoucí významností reálných statistických dat z výroby je tento požadavek kladen i na ostatní balicí linky a postupným připojováním různých zařízení vzniká komplexní průmyslová síť. Řídící funkci na lince je realizované automatem PLC Schneider Electric řady Premium, jednotlivé stanice na dopravníkové cestě jsou autonomní a nekomunikují s hlavním automatem.

Komunikační signály PLC Balicí linky V ↔ Výrobní proces (PLC API3)					
PLC Balicí linka V			PLC Proces (API3)		Popis
Označení	Zápis/čtení		Označení	Zápis/čtení	
ERM_CIP_READY	Zápis	→	LINE05_CIP	Čtení	Linka připravena na CIP
ERM_PROD_RUN	Zápis	→	LINE05_PROD_RUN	Čtení	Produkce v běhu
ERM_PROD_REQ	Zápis	→	LINE05_PROD_REQ	Čtení	Požadavek na produkci
ERM_STEAM_ON	Zápis	→	LINE05_STEAM_ON	Čtení	Potvrzení propařování
ERM_STEAM1_START	Zápis	→	LINE5_STEAM1_START	Čtení	Propařování start - kontejner 1
ERM_STEAM2_START	Zápis	→	LINE5_STEAM2_START	Čtení	Propařování start - kontejner 2
ERM_STEAM1_END	Zápis	→	LINE5_STEAM1_END	Čtení	Potvrzení konce propařování - kontejner 1
ERM_STEAM2_END	Zápis	→	LINE5_STEAM2_END	Čtení	Potvrzení konce propařování - kontejner 2
ERM_DOS_CIP_READY	Zápis	→	LINE5_DOS_CIP_READY	Čtení	Ovocná stanice připravena na CIP
ERM_DOS_AUTO	Zápis	→	LINE5_DOS_AUTO	Čtení	Ovocná stanice nastavena na AUTO
ERM_DOS_RUN	Zápis	→	LINE5_DOS_RUN	Čtení	Ovocná stanice v chodu
ERM_CONT1_READY	Zápis	→	LINE5_CONT1_READY	Čtení	Kontejner 1 připraven
ERM_CONT2_READY	Zápis	→	LINE5_CONT2_READY	Čtení	Kontejner 2 připraven
ERM_CIP	Čtení	←	LINE5_CIP	Zápis	CIP probíhá
ERM_CIP_OK	Čtení	←	LINE5_CIP_OK	Zápis	CIP probíhá v pořádku
ERM_STERIL_RUN	Čtení	←	LINE5_STERIL_RUN	Zápis	Sterilizace v chodu
ERM_WM_READY	Čtení	←	LINE5_WM_READY	Zápis	Bílá hmota připravena
ERM_WM_WPUSH	Čtení	←	LINE5_WM_WPUSH	Zápis	Vytlačování bílé hmoty

Tabulka 3.1-5: Výpis signálů balicí linky V, [3]

- Podmínky přechodu Petriho sítě, viz Obrázek 3.1-9: Balicí linka V – Petriho síť, jsou aktivovány několika zdroji signálu – vstupy z hlavního panelu stroje, signály předávanými mezi linkou a procesem a signály od sond (limity hladin atp.).



Obrázek 3.1-10: Komunikace balicí linky V

3.2 Nová komunikace

Nová koncepce komunikace mezi linkami a procesy je založena na standardizaci heterogenních signálů pomocí programového bloku – unifikovaného konektoru, který umožní jednoduché programové připojení a předadresování. Blok konektoru sdružuje všechny binární signály linky, poté je vhodně upravenými podmínkami postupně transformuje na standardní, zjednodušený model. Některé signály reprezentují komunikaci užitečnou pouze pro konkrétní linku, avšak pro ostatní zůstávají nevyužité. Tímto způsobem seznam signálů vzrůstá a adresace by se tedy stala nepřehlednou, proto je nutné v modelu konektoru ponechat dostatečný rezervní prostor pro případné pozdější modernizace.

Vlastní chod konverzního programu je řízen hlavní, řídicí programovou smyčkou, která udržuje informaci o navázaných spojeních v seznamu (jednoduché databázi). Připojení stroje a zahájení komunikace je umožněno pouze využitím funkcí hlavního programu a registrací spojení v seznamu. Výhodou tohoto způsobu připojení k balicí lince je především snadný přehled o ostatních linkách, lze se tak jednoznačně vyhnout možným problémům a kolizím. Kolize řízení v průběhu výroby mají obvykle fatální následky na status stroje, protože se jedná o sekvenční řízení v krocích. Přeskok do nestandardního kroku obvykle zablokuje program a dochází i na analýzu programu automatu – např. v případě, že podmínky přechodu nejsou naplnitelné.

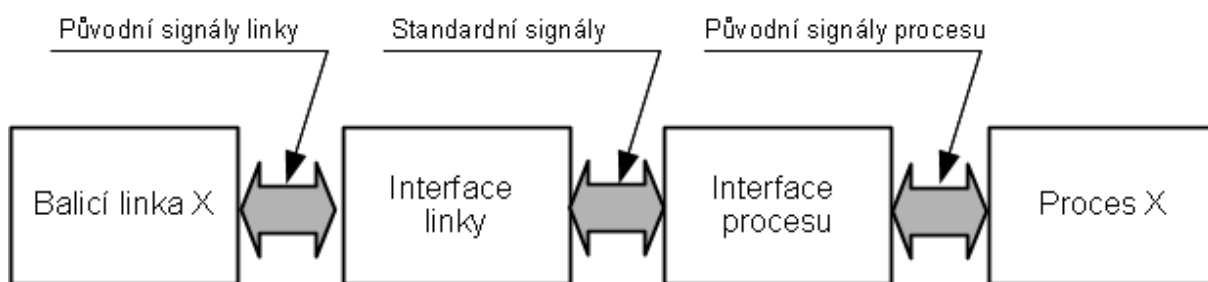
Přepojení na jiný interface (jinou linku) je zajištěno vhodně navrženým adresním prostorem každého z konektorového bloku a příslušného interface. Adresní pole bazového interface násobené pointerem (reprezentujícím číslo balicí linky) ukazuje do příslušného adresního pole. V případě potřeby přepojení na jiný interface a spojení s jinou linkou požádá PLC procesu řídicí program konektoru v automatu API3 o registraci, po předadresování je žádost potvrzena a komunikace tak může být zahájena. Operátor je schopen na velínech jednotlivých procesů sledovat a spojovat linky s procesy za běhu výroby pomocí SCADA/HMI vizualizace konektoru (není součástí diplomové práce).

3.2.1 Návrh nové koncepce

3.2.1.1 Model univerzálního konektoru

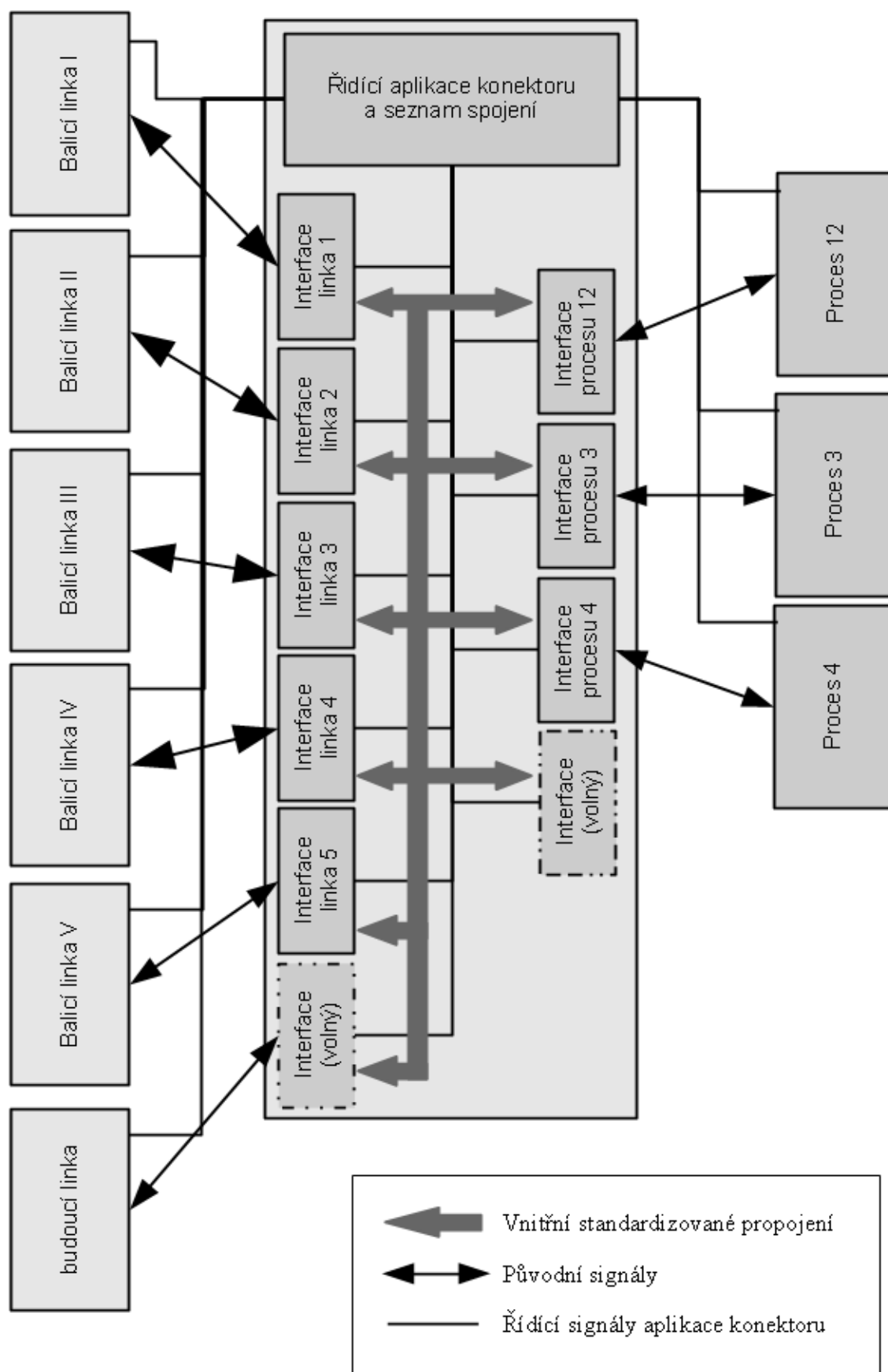
Aby bylo prakticky možné provést spojení procesu s jinou linkou než s původně projektovanou, musí být do komunikace zaveden systém. Logickým krokem v tomto případě bylo zavedení standardu, který zamezí případným zmatkům spojených s interpretací jednotlivých signálů. Model univerzálního konektoru je rozdělen na dvě části, první je určena pro balicí linky a druhá pro procesy. Obě části lze rozdělit na jednotlivé interface – vlastní bloky programu přizpůsobující signály, dle předpisu daného standardním interface viz kapitola 3.2.2. Takto upravené rozhraní lze snadno spojit s libovolným protějškem v podobě interface procesu. Řídící program konektoru udržuje seznam spojení, registruje nové požadavky a případně odmítá tak aby bylo účinně zamezeno připojení na existující „živou“ komunikaci. Po úspěšném zaregistrování je spojení uzamčeno a nedovoluje tak dalšímu procesu narušit chod, adresace na správný interface je provedena odkazem na bázi adresního prostoru signálů programu konektoru násobené příslušným indexem balicí linky.

Stávající model komunikace zprostředkovaný automatem procesu 3 (API3) při absenci standardu však nabízí výhodný uzel pro zavedení nového modelu do praxe. Řídící aplikace uvažovaného univerzálního konektoru by tedy mohla být umístěna právě zde a využívala by původního připojení do průmyslové sítě.

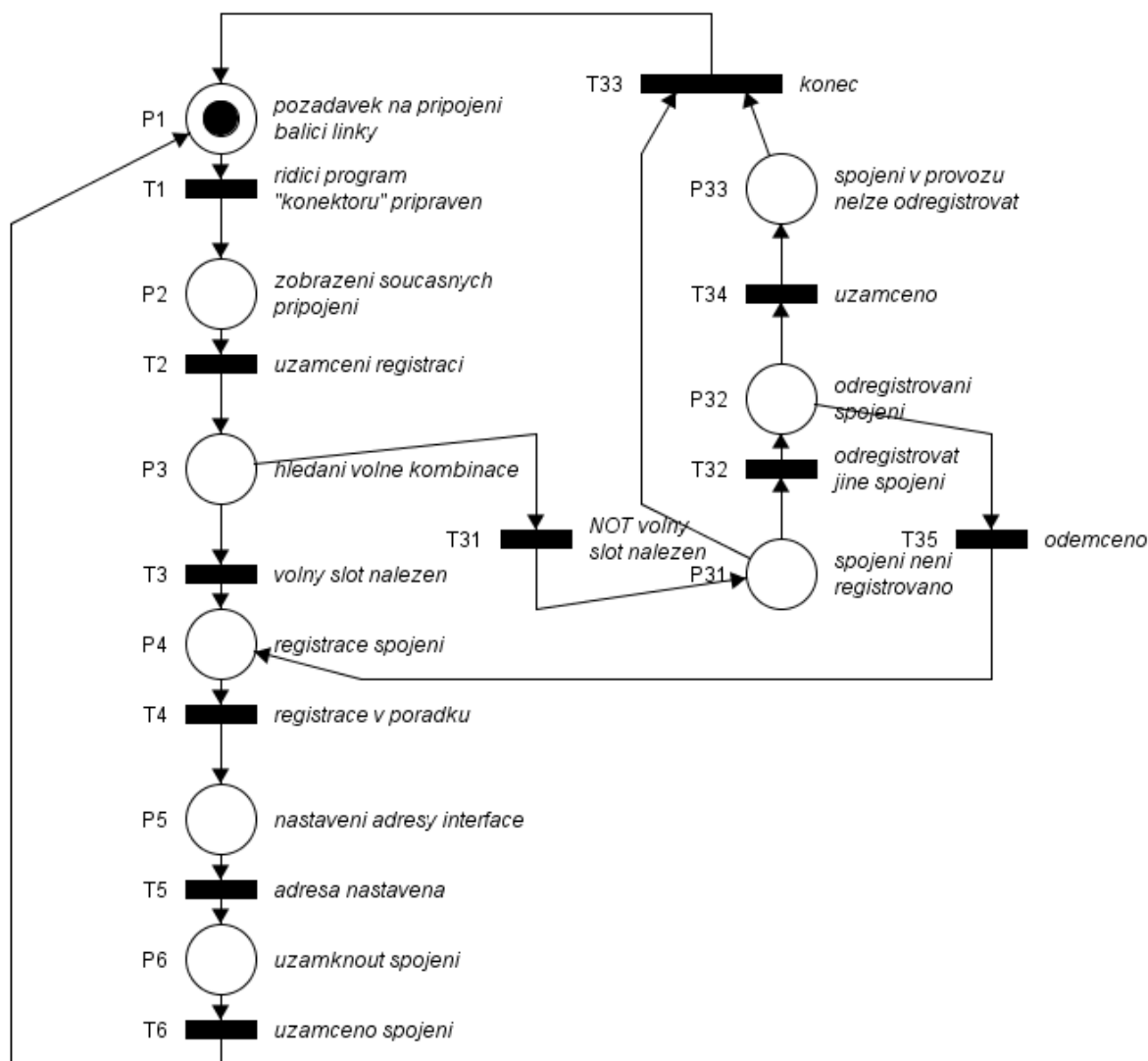


Obrázek 3.2-1: Připojení balicí linky a procesu

- Interface linky – programový blok, ve kterém jsou původní signály transformovány na standardní.
- Interface procesu – transformace probíhá v bloku interface linky, proto interface procesu pouze sbírá signály (signály standardního interface jsou v každém z procesů).



Obrázek 3.2-2: Model univerzálního konektoru



Obrázek 3.2-3: Univerzální konektor – Petriho síť,[s.1]

3.2.1.2 Interface výrobních procesů

Všechny programy procesů mají velmi obdobnou koncepci, není tedy nutné signály uměle přetvářet, stačí pouze vyhledat v programu správné adresy na odpovídající signály a sdružit v tabulce. Vzniklá tabulka tvoří interface, který je pouze přepisován na příslušný protějšek v automatu s programem konektoru (API3).

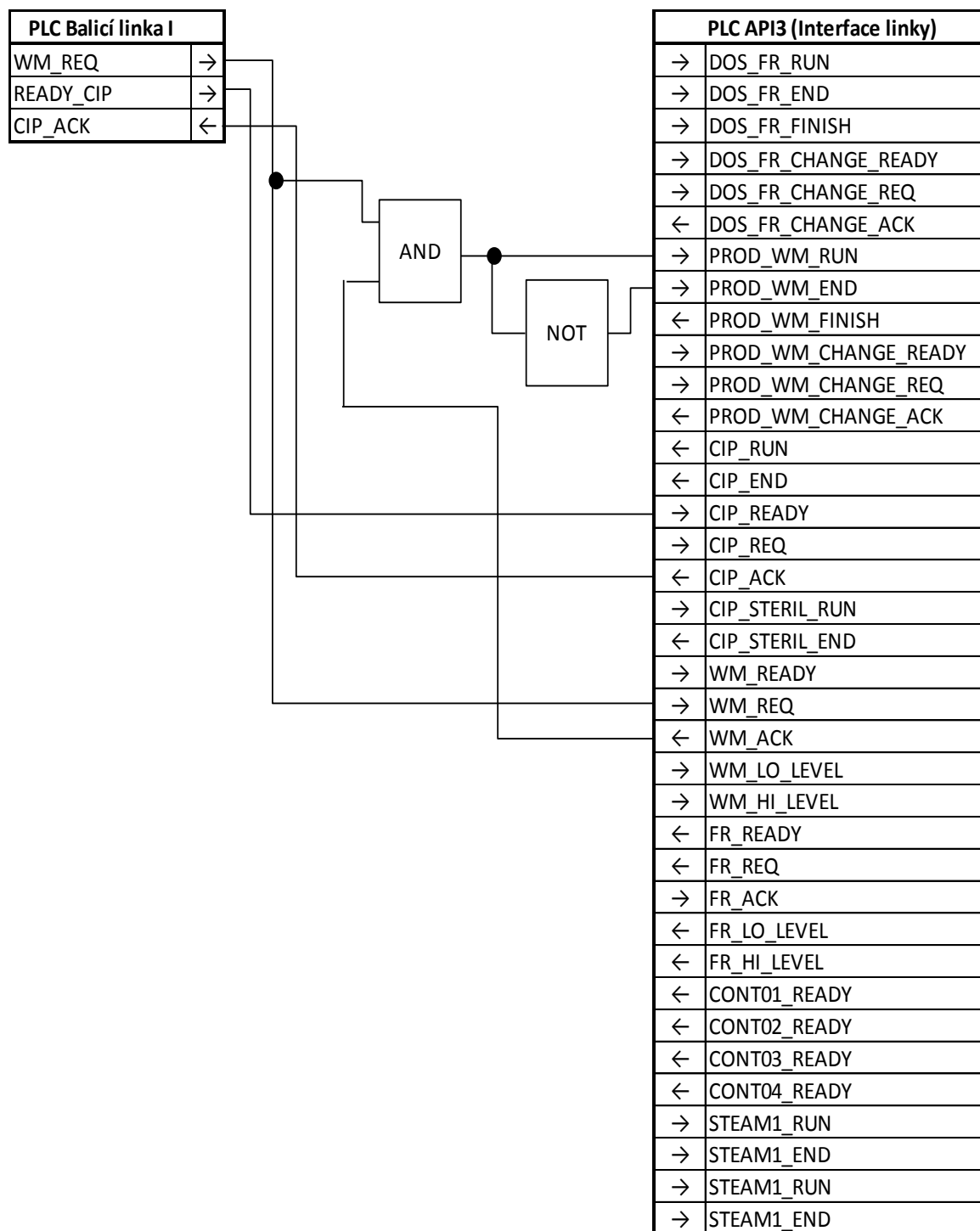
Jelikož u některých linek byla ovocná stanice, resp. její program přidán později v rámci modernizace (obvykle do procesního automatu), jsou signály obsažené i ve standardním interface. Linky vybavené ovocnými stanicemi komunikují přímo, a proto všechny signály týkající se ovoce a případně i kontejnerů jsou záležitostí pouze balicí linky a nejsou tedy v interface využívány. Obecně, nové balicí linky se omezují pouze na komunikace spojené s řízením CIP (čištění), bílé hmoty a vlastního stavu produkce.

Komunikační signály standardního interface (interface procesu).				
vstup/výstup	označení	popis		
→	DOS_FR_RUN	Stanice ovoce v chodu	stanice ovoce	
→	DOS_FR_END	Stanice ovoce ukončení výroby		
→	DOS_FR_FINISH	Stanice ovoce vytlačování		
→	DOS_FR_CHANGE_READY	Nové ovoce připraveno		
→	DOS_FR_CHANGE_REQ	Nové ovoce požadavek		
←	DOS_FR_CHANGE_ACK	Nové ovoce potvrzeno		
→	PROD_WM_RUN	Linka v chodu, bílá hmota OK	standardní signály	
→	PROD_WM_END	Linka končí výrobu		
←	PROD_WM_END_ACK	Potvrzení ukončení výroby		
→	PROD_WM_CHANGE_READY	Nová bílá hmota připravena		
→	PROD_WM_CHANGE_REQ	Požadavek na změnu bílé hmoty		
←	PROD_WM_CHANGE_ACK	Potvrzení změny bílé hmoty		
←	CIP_RUN	CIP v chodu		
←	CIP_END	CIP ukončení		
→	CIP_READY	Připraveno na CIP		
→	CIP_REQ	Požadavek na CIP		
←	CIP_ACK	Běží CIP		
→	CIP_STERIL_RUN	Sterilizace v chodu		
←	CIP_STERIL_END	Sterilizace ukončena		
→	WM_READY	Bílá hmota připravena		
→	WM_REQ	Požadavek na bílou hmotu		
←	WM_ACK	Potvrzení bílé hmoty		
→	WM_LO_LEVEL	Nízká hladina bílé hmoty		
→	WM_HI_LEVEL	Vysoká hladina bílé hmoty		
←	FR_READY	Ovoce připraveno		stanice ovoce
→	FR_REQ	Požadavek na ovoce		
→	FR_ACK	Potvrzení ovoce		
←	FR_LO_LEVEL	Nízká hladina ovoce		
←	FR_HI_LEVEL	Vysoká hladina ovoce		
←	CONT01_READY	Kontejner 1 připraven		
←	CONT02_READY	Kontejner 2 připraven		
←	CONT03_READY	Kontejner 3 připraven		
←	CONT04_READY	Kontejner 4 připraven		
→	STEAM1_RUN	Paření kontejneru 1 - start		
→	STEAM1_END	Paření kontejneru 1 - ukončení		
→	STEAM2_RUN	Paření kontejneru 2 - start		
→	STEAM2_END	Paření kontejneru 2 - ukončení		

Tabulka 3.2-1: Signály navrženého standardního interface

3.2.2 Napojení původních signálů

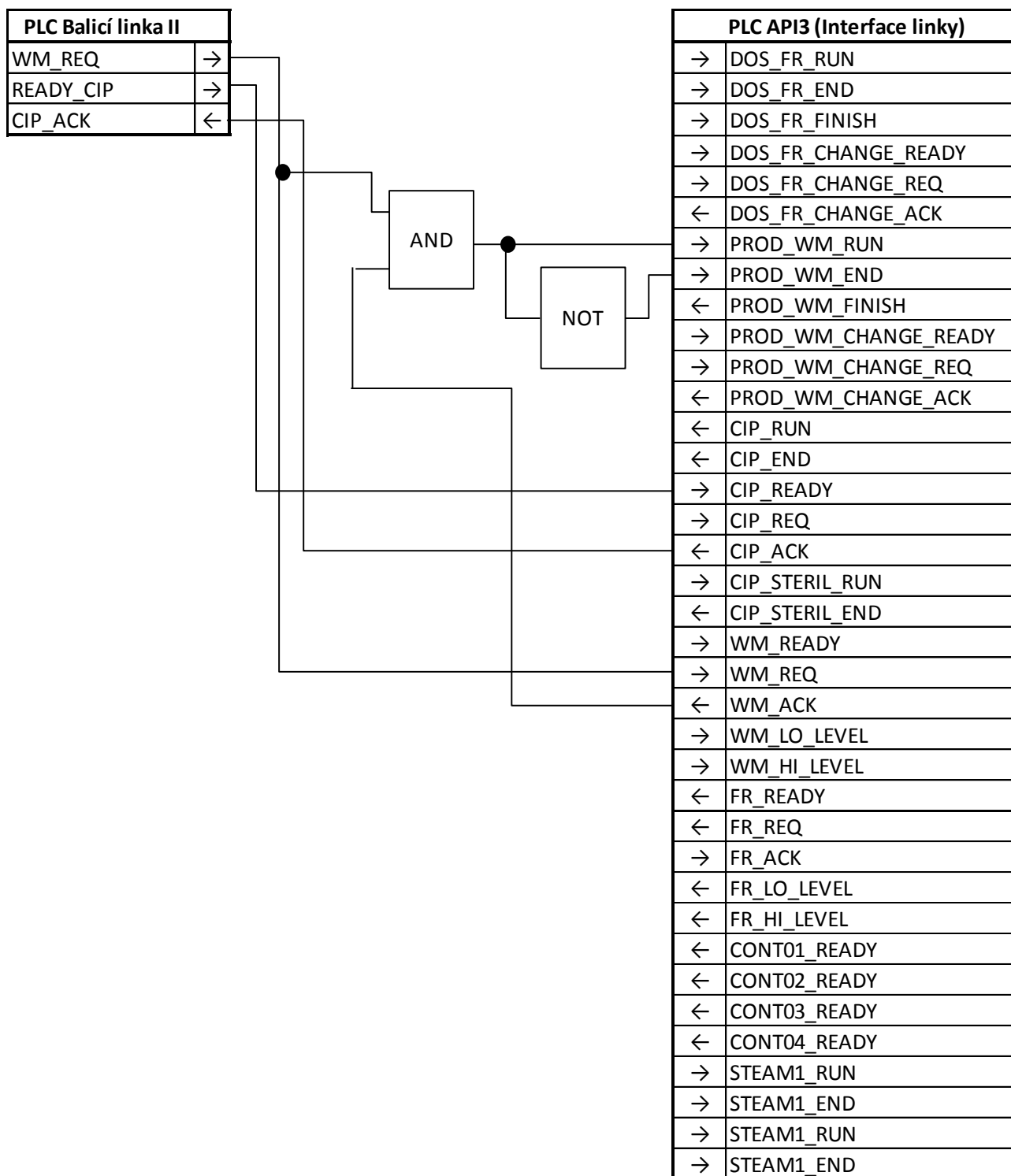
3.2.2.1 Interface 1 – Balicí linka I



Obrázek 3.2-4: Napojení balicí linky I na standardní interface

- Ovocná stanice řízena balicí linkou – signály nejsou v interface komunikovány.
- Regulace a indikace hladiny bílé hmoty probíhá na straně procesu – limity hladiny nejsou komunikovány.

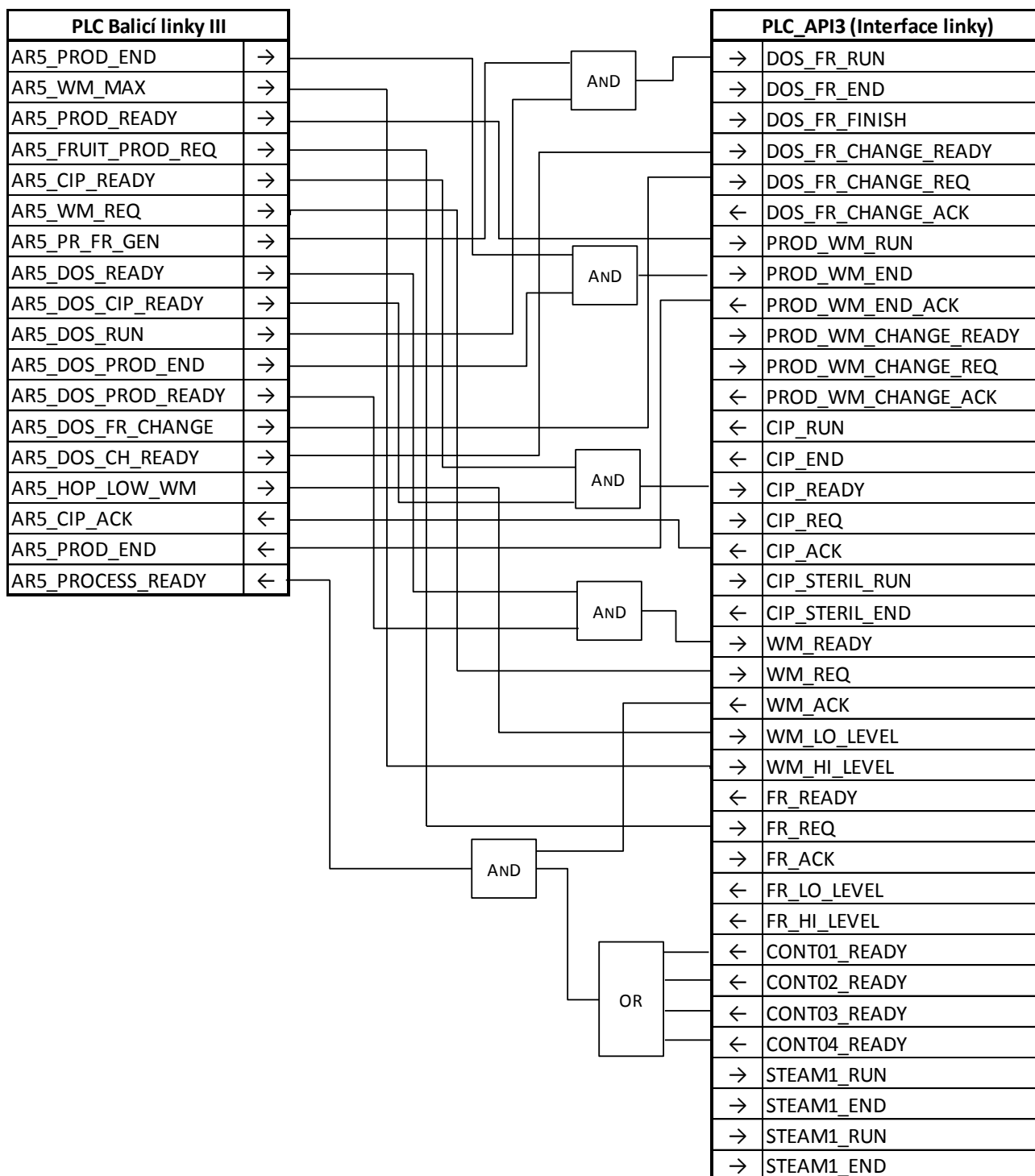
3.2.2.2 Interface 2 – Balicí linka II



Obrázek 3.2-5: Napojení balicí linky II na standardní interface.

- Ovocná stanice řízena balicí linkou – signály nejsou v interface komunikovány.
- Regulace a indikace hladiny bílé hmoty probíhá na straně procesu – limity hladiny nejsou komunikovány.

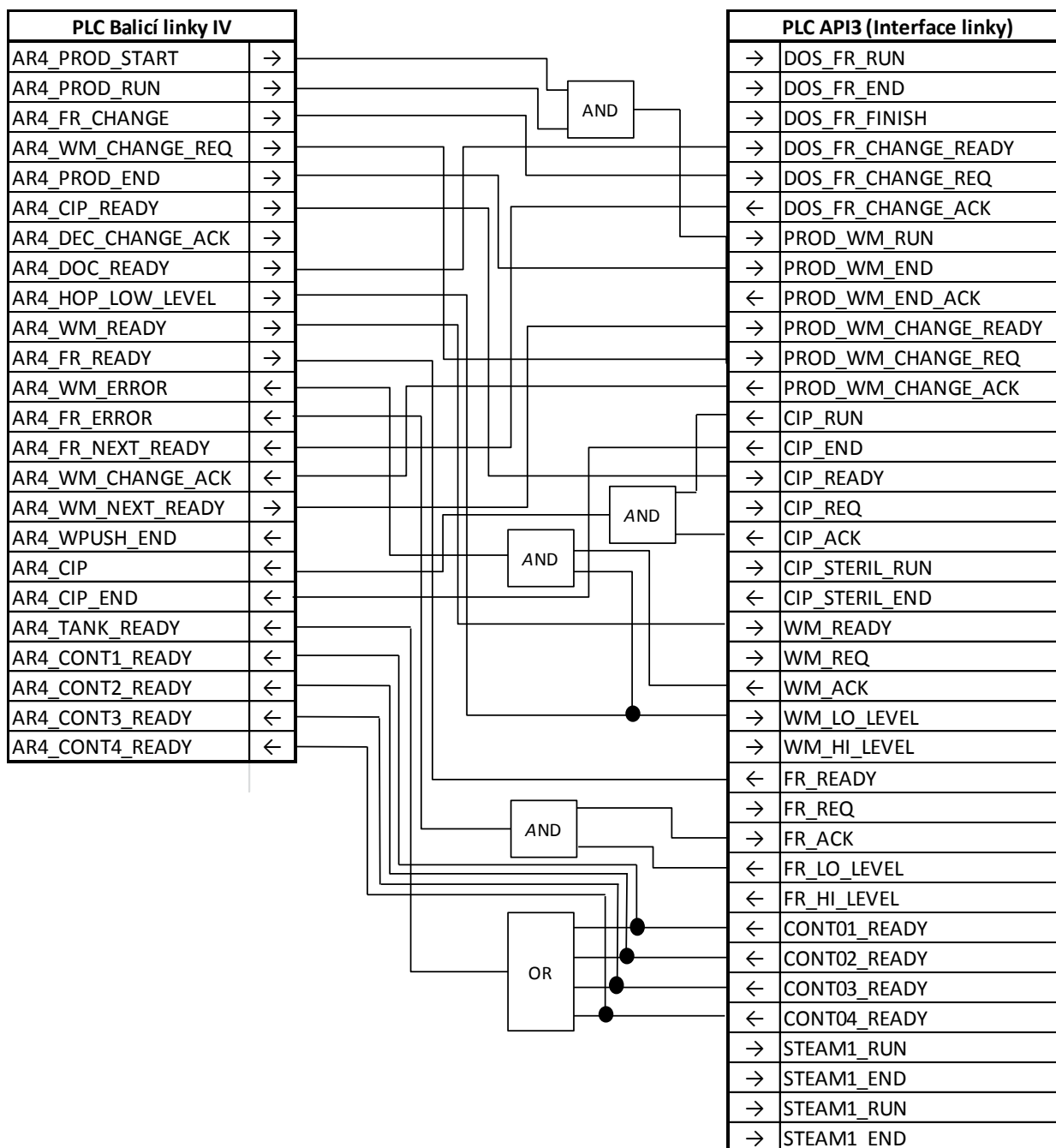
3.2.2.3 Interface 3 – Balicí linka III



Obrázek 3.2-6: Napojení balicí linky III na standardní interface.

- Ovocná stanice balicí linky III je naprogramována v automatu API3, signály jsou komunikovány pomocí standardního interface.
- Indikace hladiny zásobníku bílé hmoty („hopík“) je zapojena do automatu balicí linky, ačkoli regulaci provádí automat API3.

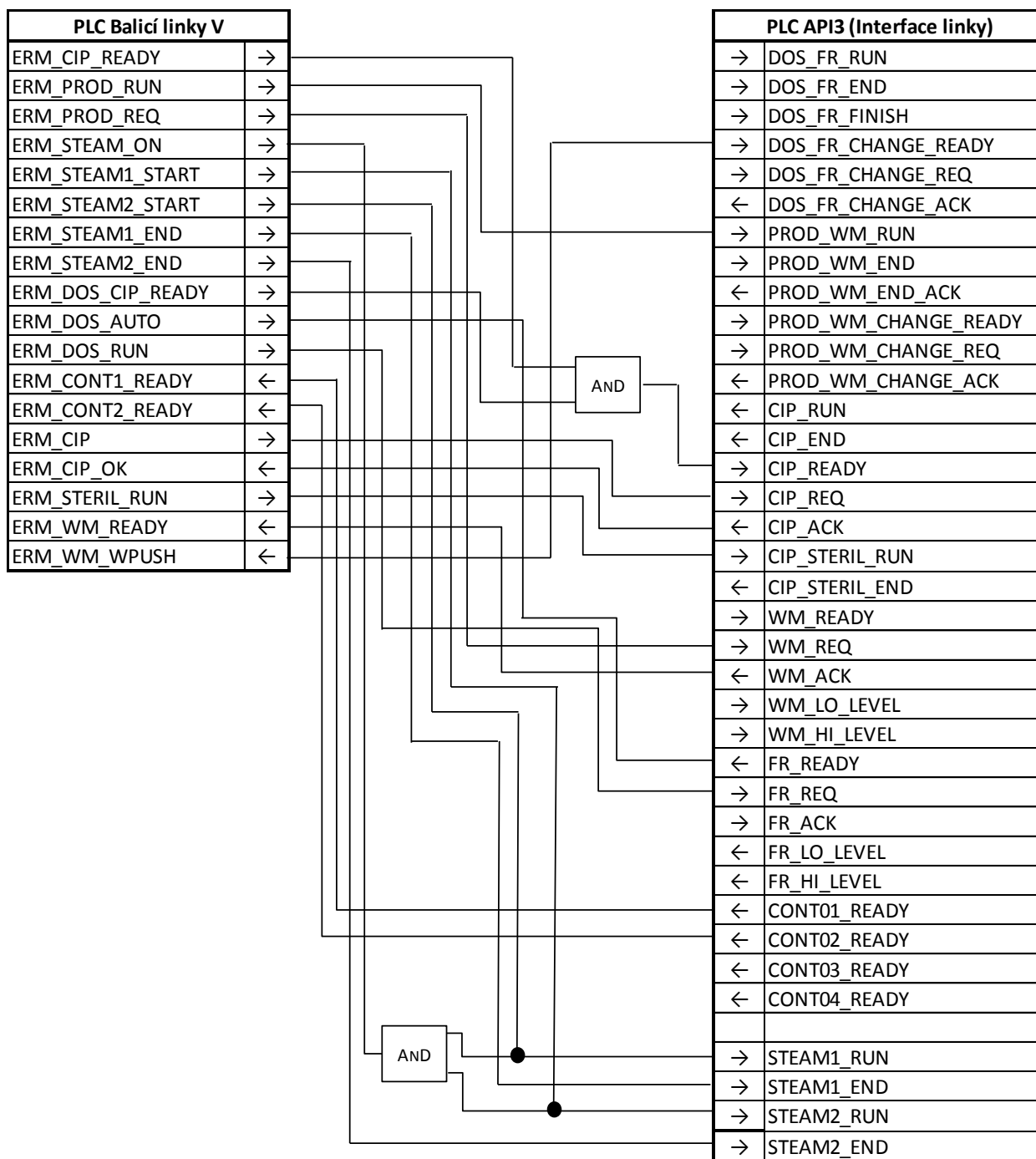
3.2.2.4 Interface 4 – Balicí linka IV



Obrázek 3.2-7: Napojení balicí linky IV na standardní interface.

- Ovocná stanice je naprogramována v automatu balicí linky - signály ovocné stanice nejsou komunikovány.
- Indikace stavu jednotlivých kontejnerů je zapojena v FIPIO distribuovaném I/O modulu automatu API3 – signály jsou komunikovány zpět k lince.
- Na hlavním ovládacím panelu linky je vizualizována indikace hladiny zásobníku ovoce („hopíku“), vlastní sondy hladiny jsou připojeny do automatu API3.

3.2.2.5 Interface 5 – Balicí linka V



Obrázek 3.2-8: Napojení balicí linky V na standardní interface.

- Ovocná stanice balicí linky V je naprogramována v automatu API3.
- Indikace paření kontejnerů je zapojena do automatu linky a musí být komunikována do automatu API3.
- Indikace stavu kontejneru je naprogramována v automatu API3 a komunikována zpět pro zobrazení na hlavním ovládacím panelu.

4 Závěr

Přehled výrobních technologických procesů (dále jen procesů) a zpracovatelských strojů (balicích linek) zpracovaný v první části diplomové práce je úvodní analýzou technologie a jejích funkcí. Bez dostatečného pochopení principů a vlastní práce balicích linek či výrobních procesů není možné dostatečně postihnout opodstatnění jednotlivých komunikací. Evoluční vývoj programů i technologie během let téměř nepřetržitého provozu zapříčinil, že mnoho částí bylo modernizováno a často zcela přetvořeno z původního projektu na značně hybridní celky. Národným dokladem takových zásahů mohou být ovocné stanice programované v PLC výrobního procesu, ačkoli jsou fyzicky součástí balicí linky.

Výsledkem této diplomové práce je teoretický model aplikace (model programu pro PLC), který vhodně navrženou strukturou převodníku a řízení databáze spojení umožní kombinovat řízení komunikačních transakcí mezi výrobními procesy a balicími linkami. Tento model zavádí systém a standard připojení tak, aby bylo možné mít vždy přehled o aktuálně navázaných spojeních, byl splněn požadavek na univerzálnost použití a zároveň kladl důraz na bezpečnost (uzamčení spojení). Navržený model univerzálního konektoru se skládá z části převodní (blok interface linky), hlavního programu (řízení a databáze spojení) a standardního interface (blok interface procesu). Původní architektura strategicky využívající automat nazvaný API3, poskytuje vhodnou výchozí pozici i pro umístění programu konektoru. Řízení a registrace nových spojení je popsána pomocí Petriho sítě (viz. kapitola 3.2.1.1).

Aby mohly být navrženy Petriho sítě, bylo nutné najít vhodný editor umožňující tvorbu dle standardu SIPN. Po krátké práci s několika dostupnými editory jsem zvolil SIPN Editor verze 2.1, který je velice výkonným nástrojem pro návrh i simulaci. Simulace chodu však není možná v žádném ze zkoušených editorů, pokud není zároveň tvořen kód – obdoba jazyku strukturovaného textu (STL). Protože programový kód není součástí této diplomové práce, není tedy možné simulovat průchody navrhovaných cest.

V průběhu prvního čtvrtletí 2011, v souvislosti s modernizací řízení výrobní technologie III podniku Danone a.s., proběhla implementace části navrhovaného modelu. Původní záměr o implementaci všech částí byl v průběhu prací změněn, protože by znamenal přerušování výroby nejméně třídní odstavkou. Vzhledem k časovému skluzu harmonogramu prací byla implementována pouze část obstarávající standardizaci signálů (viz. kapitola 3.2.2), což přináší větší čitelnost a především nemalou úsporu nákladů spojených s analýzou. Realizace zbylých, neimplementovaných částí modelu bude pravděpodobně součástí budoucích projektů, avšak v době dokončení této diplomové práce není znám časový horizont.

5 Poděkování

Na závěr bych tímto rád poděkoval Ing. Marii Martináskové, Ph.D. za odborné vedení a veškerou podporu formou konzultací či dodaných podkladů. Dále bych také rád poděkoval zaměstnancům společnosti Danone a.s., především p. Petrovi, Havlíčkovi a Šlenkrtovi, jejichž odborná pomoc a čas měl zásadní vliv na vypracování této diplomové práce. V neposlední řadě musím poděkovat své rodině za morální a materiální podporu po dobu studia na FS ČVUT, bez které by vytvoření této práce nebylo možné.

6 Seznam obrázků

Obrázek 2.1-1: Příjem mléka – schéma technologie	8
Obrázek 2.1-2: Výrobní procesy – schéma technologie.....	9
Obrázek 2.1-3: Propojení technologie a balicích linek.....	10
Obrázek 2.1-4: Technologie příjmu mléka – zjednodušené schéma.....	11
Obrázek 2.1-5: Výrobní technologie I a II – uspořádání technologie	14
Obrázek 2.1-6: Výrobní technologie I a II – síťové uspořádání.....	16
Obrázek 2.1-7: Výrobní technologie III – uspořádání technologie.....	18
Obrázek 2.1-8: Výrobní technologie III – síťové uspořádání	19
Obrázek 2.1-9: Výrobní technologie IV – uspořádání technologie.....	21
Obrázek 2.1-10: Výrobní technologie IV – síťové uspořádání	22
Obrázek 2.2-1: Zpracovatelský stroj [1].....	23
Obrázek 2.2-2: Fyzické rozvržení balicích linek v prostoru balírny	25
Obrázek 2.2-3: Blokové schéma balicí linky I.	27
Obrázek 2.2-4: Balicí linka I – řízení a regulace	28
Obrázek 2.2-5: Balicí linka II – blokové schéma	30
Obrázek 2.2-6: Balicí linka II – řízení a regulace.....	31
Obrázek 2.2-7: Balicí linka III - Blokové schéma.....	33
Obrázek 2.2-8: Balicí linka IV – Blokové schéma práce stroje.	36
Obrázek 2.2-9: Balicí linka V – Blokové schéma práce stroje (plniče)	38
Obrázek 2.2-10: Balicí linka V – Blokové schéma (dopravníková dráha).....	39
Obrázek 3.1-1: Komunikace balicí linky I	40
Obrázek 3.1-2: Balicí linka I – Petriho síť.	41
Obrázek 3.1-3: Komunikace balicí linky II.....	42
Obrázek 3.1-4: Balicí linka II – Petriho síť	43
Obrázek 3.1-5: Balicí linka III - Petriho síť.....	45
Obrázek 3.1-6: Komunikace balicí linky III.....	46
Obrázek 3.1-7: Balicí linka IV – Petriho síť	48
Obrázek 3.1-8: Komunikace balicí linky IV	49
Obrázek 3.1-9: Balicí linka V – Petriho síť.....	51
Obrázek 3.1-10: Komunikace balicí linky V.....	52
Obrázek 3.2-1: Připojení balicí linky a procesu	54
Obrázek 3.2-2: Model univerzálního konektoru.....	55
Obrázek 3.2-3: Univerzální konektor – Petriho síť	56



Obrázek 3.2-4: Napojení balicí linky I na standardní interface.....	58
Obrázek 3.2-5: Napojení balicí linky II na standardní interface.	59
Obrázek 3.2-6: Napojení balicí linky III na standardní interface.	60
Obrázek 3.2-7: Napojení balicí linky IV na standardní interface.....	61
Obrázek 3.2-8: Napojení balicí linky V na standardní interface.	62

7 Seznam tabulek

Tabulka 3.1-1: Výpis signalů balicí linky I.....	40
Tabulka 3.1-2: Výpis signalů balicí linky II.....	42
Tabulka 3.1-3: Výpis signalů balicí linky III	44
Tabulka 3.1-4: Výpis signalů balicí linky IV	47
Tabulka 3.1-5: Výpis signalů balicí linky V.....	50
Tabulka 3.2-1: Signály standradního interface.....	57

8 Seznam zkratk

- BH (b.h.) bílá hmota
- CIP Cleaning-In-Place
- HMI Human-Machine Interface
- I/O Input/Output
- MIF Milk-based Infant Formulae
- OS (o.s.) ovocná složka
- PLC Programable Logic Automat
- proces 12 výrobní technologie I a II
- proces 3 výrobní technologie III
- proces 4 výrobní technologie IV
- příjem příjem mléka
- SCADA Supervizory Control and Data Acquisition
- SIPN Signal Interpreted Petr Nets
- STL Structured Text Language



9 Seznam literatury

- [1] Sigl, F.; Konstrukce zpracovatelských strojů, 3rd ed.; Vydavatelství ČVUT: Praha, 1983.
- [2] Hoffman, P.; Fialková, I. Výrobní linky potravinářské, 2nd ed.; Vydavatelství ČVUT: Praha, 1999.
- [3] Danone a.s.: Firemní materiály

10 Použitý software

- [s.1] Minas, M.; SIPN Editor, verze 2.1, University of Erlangen, 2002