

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**GIGAFACTORY – návrh výrobní linky
pro výrobu Lithium-iontových baterií**

(Bakalářská práce)



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

student	Martin Šíp
studijní program	LOGISTIKA
obor	Logistika v dopravě

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **GIGAFACTORY – návrh výrobní linky pro výrobu Lithium-iontových baterií**

Cíl práce:

Zpracování návrhu výrobní linky na výrobu lithium-iontových baterií v oblasti Krušných hor. Součástí návrhu bude zpracování optimálního systému řízení výroby a systému řízení zásob, stanovení optimální výrobní dávky a stanovení kapacity výroby. Dále se řešení zaměří na identifikaci úzkých míst a postup pro jejich maximální zefektivnění, nebo odstranění. Zhodnocení bude provedeno z pohledu nároků na lokální a oblastní infrastrukturu, nákladů na dopravu, provozních nákladů při výrobě, včetně manipulace a skladování a sociálně-ekonomické situace v regionu.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teorie výroby a skladování
2. Návrh výrobní linky GIGAFACTORY
3. Kapacita výroby a zhodnocení vlivů na výrobu
4. Přínosy versus dopady na společnost

Závěr

Rozsah práce: 35 – 50 normostran textu

Seznam odborné literatury:

MATĚJOVSKÝ, V. Automobilová paliva. Praha: Vydavatelství Grada Publishing, a.s., 2005.
1. vyd. ISBN 80-247-0350-5

VLK, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Vlastním nákladem, Brno, 2004.

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D., DBA

Datum zadání bakalářské práce:

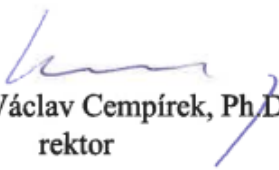
31. 10. 2021

Datum odevzdání bakalářské práce:

6. 5. 2022

Přerov 31. 10. 2021


Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

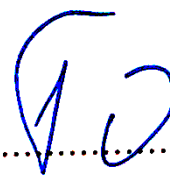
Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že bakalářská práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské práce v její tištěné i elektronické verzi. Tímto prohlášením souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

V Přerově, dne 25. 04. 2022



.....
podpis

Poděkování

Chci tímto poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu prof. Ing. Václavu Cempírkovi, Ph.D., DBA za trpělivost a cenné rady pro zpracování této práce. Dále chci poděkovat pan Ing. Pavolovi Fraňovi za jeho úsilí při pomoci s hledáním vhodných dat. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za vytvoření podmínek, díky kterým jsem tuto práci mohl zpracovat. Též děkuji svým kolegům v práci a svým přátelům, jejichž trpělivost a rady také napomohli k dokončení této práce.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá zpracováním návrhu výrobní linky na výrobu lithium-iontových baterií v oblasti krušných hor. Nedílnou součástí návrhu je zpracování návrhu optimálního systému řízení výroby a systému řízení zásob, ze kterých bude následně stanovena optimální výrobní dávka a také určena kapacita výroby. Dalším bodem je identifikace úzkých míst a postup pro jejich maximální zefektivnění, nebo odstranění. Následně je výrobní linka hodnocena z pohledu nároků na lokální a oblastní infrastrukturu, z pohledu nákladů na dopravu, z pohledu provozních nákladů při výrobě, včetně manipulace a skladování a také z pohledu sociálně-ekonomické situace v regionu.

Klíčová slova

výrobní linka, výroba, baterie, lithium, systém, řízení

Annotation

This bachelor thesis deal with the draft of manufacture for production batteries based on LI-ION technology situated in the north of Czech Republic. Integral part of that project is the elaboration of the optimal production management system and warehouse management system. After that will be determinate optimal production charge and also capacity of production. Another point is the identification of bottleneck and method for their maximum efficiency or elimination. In the end is that bachelor thesis evaluate on site of local infrastructure, transport fee, production cost, including manipulation and stocking, and also in terms of social-economic condition of the region.

Keywords

production lines, manufacture, battery, lithium, system, control

Obsah

Úvod.....	9
1 Teorie výroby a skladování	12
1.1 Systém plánování výroby	14
1.1.1 Výrobní program.....	14
1.1.2 Výrobní proces.....	16
1.1.3 Rozdělení výroby podle počtu výrobků.....	17
1.1.4 Rozdělení výroby podle typu mechanizace	17
1.2 Systém řízení výroby.....	18
Organizace výroby.....	19
1.3 Zásobování, skladování a manipulace.....	20
1.3.1 Nákup.....	21
1.3.2 Zásobování.....	22
1.3.3 Skladování a řízení zásob	23
2 Návrh výrobní linky GIGAFACTORY	28
2.1 Lokalizace možného umístění výroby	29
Infrastruktura	31
2.2 Návrh výrobního procesu.....	33
2.2.1 Identifikace výrobku	33
2.2.2 Návrh výrobního programu a procesu	37
2.2.3 Návrh systému řízení výroby	42
3 Kapacita výroby a zhodnocení vlivů na výrobu	45
3.1 Stanovení výrobní dávky.....	47
3.2 Zásobování	48
3.3 Identifikace úzkých míst ve výrobě	49
3.4 Skladování.....	51
3.5 Identifikace provozních nákladů	53

4	Přínosy versus dopady na společnost	58
4.1	Identifikace regionu	58
	Popis průmyslu v regionu	59
4.2	Odhad investičních nákladů	60
4.2.1	Technologie výroby	60
4.2.2	Demolice a novostavba	60
4.3	SWOT analýza	61
	Závěr	65

Úvod

Na přelomu 20. a 21. století se nejen díky vývoji technologií, začala psát nová doba, vyznačující se použitím řady do té doby pouze teoretických objevů. Tato doba je nyní motorem lidstva a zjednodušeně by se dala označit jako „elektro - technická“, díky které jsou hranice možností lidstva posouvány pořád dále. Tyto hranice jsou pomyslnými milníky spojení vědy, výzkumu a přenesení objevů do pro nás běžného života. Pokud se ale zamyslíme, pak většina okolního světa okolo nás je založena především na spotřebě různých materiálů, zdrojů energií, generování a ukládání odpadu, a to bez šance na obnovu.

Existují ale i možnosti, které se pomalu blíží tomu, co chce člověk již po generace objevit dle definice perpetuum mobile. Jednou z hlavních oblastí moderní elektrotechniky je totiž velmi pozoruhodný fyzikální a chemicko - technologický jev, spočívající v možnosti přijímání a ukládání energie, resp. elektrické energie, jejího čerpání a znovu doplňování. Tento jev, který je běžně nazýván akumulace, určuje aktuálně tempo celé naší doby a ovlivňuje životy miliard lidí na planetě tím, že zásadně rozšiřuje možnosti naší mobility, tedy schopnosti se plynule pohybovat v prostoru a čase s možností přepravy nezměrného množství informací a automatizace, které ve spojení s bezdrátovými technologiemi tvoří multimediálně propojený „orbis kinesis“, tedy svět v pohybu.

Nástrojem pro správné využití fyzikálního jevu akumulace je poměrně malé zařízení, které samo v sobě dokáže udržet poměrně velké množství elektrické energie za účelem jejího postupného využití a znovu doplnění, který známe pod pojmem baterie, nebo akumulátor. Ano, baterie je jedním z hlavních milníků minimálně posledních 100 let. Je to tichý dělník vývoje elektrotechniky, který je neméně důležitý jako například vývoj a využití polovodičů, které též zásadně mění podobu a vnímání našeho světa. V porovnání s lidským tělem si tak dovolím přirovnat polovodič k mozku a baterii k srdci, kdy jeden bez druhého nemůže správně fungovat.

S ohledem na zvyšující se požadavky na již zmíněnou mobilitu se zvyšují také nároky na hmotnost, výdrž a objem všech elektrotechnických mobilních, ale i stabilních zařízení. Stejně tak jsou na tom i akumulátory, které musí být čím dál menší, lehčí a zároveň vydržet více a více. Průlomem pro tato kritéria v posledních desetiletí je tedy výzkum využití nejlehčího známého kovu s názvem Lithium.

Lithium je prvek patřící do skupiny alkalických kovů. Bylo objeveno na počátku 19. století a název vychází z řeckého slova lithos, tedy v překladu kámen. V periodické tabulce prvků ho nalezneme pod atomovým číslem 3 a označením Li. Jeho objemová hmotnost je asi 534 kg/m^3 , což je přibližně polovina objemové hmotnosti vody a prvek by tak teoreticky mohl plovat. Problémem je však jeho vysoká reaktivita právě při kontaktu se sladkou vodou, kdy v takovém případě dojde od uvolňování tepla až k samovznícení. Zajímavostí je, že Lithium se dá získat procesem odpařování ze slané vody do formy uhličitanu lithného, což je aktuálně běžnější, nežli povrchová těžba hornin a následná syntetizace prvku. Skladování čistého lithia se provádí pod ropou, nebo parafínovým olejem z důvodu jeho reaktivity se vzduchem a to zejména s kyslíkem a dusíkem.

Důležité jsou však jiné vlastnosti Lithia. Jako kov dobře vede proud, ale také teplo. Jeho různými chemicko-technologickými úpravami lze docílit velmi efektivních výsledků na poli moderních primárních a sekundárních článků v bateriích a akumulátorů. Pro jednoduché vysvětlení, primární články jsou v bateriích, jejichž kapacita jde využít pouze jednou a jejich energii nelze po vyčerpání doplnit. Naproti tomu sekundární články baterií lze za určitých podmínek pravidelně doplňovat energií na maximální kapacitu a opakovaně využívat. Sestavu zapojení sekundárních článků pak nazýváme akumulátor.

Baterie, nebo akumulátor se běžně skládá ze článků a každý takový článek se skládá ze čtyř základních částí: katoda – část kladně nabitých částic, anoda – část záporně nabitých částic, elektrolyt – kapalina, ve které se mohou pohybovat kladně i záporně nabitě částice, a separátor, který usměrňuje tok v propouštění částic mezi katodou a anodou. Lithium lze pak jako jeden z mála prvků využívat při různých úpravách jako katodu, anodu ale také jako elektrolyt.

Nejen díky těmto vlastnostem je aktuálně zpracování Lithia velmi žádané pro širokou škálu oborů na trhu. V celé Evropě vznikla již řada zpracovatelských podniků a to zejména v oboru automobilového průmyslu, nezanedbatelnou část ale tvoří také obory vyrábějících drobnou elektroniku, nebo obory využívající alternativní zdroje energie (fotovoltaika, větrné a vodní elektrárny).

Takovým zpracovatelským závodům se, mimo jiné podle odkazu na kapacitu baterií, říká Gigafactory (tedy v překladu giga továrna). Nyní je tento pojem často spojován s automobilovým průmyslem a se značkou společnosti Tesla, jenž je aktuálně předním

výrobce elektromobilů na světě. Avšak většina tzv. Gigafactory jsou dnes na území Číny a jejich vývoj a počátky budování se datují již k přelomu milénia 20. a 21. století. Co se týká Evropy, tak je budování podniků Gigafactory velice aktuální téma a tato práce si dává za cíl, na základě znalostí z oboru logistiky, vytvořit obecný návrh výrobní linky a procesů pro výrobu Lithium – iontových baterií na území České republiky.

První kapitola této práce se zabývá základní teorií výroby od historie, dále pak z pohledu organizace, rozdělení výrobních fází a systémů řízení výroby zaměřené na výrobní procesy. Nedílnou součástí je teorie skladování, které se zaměřuje na materiálové toky od počátku výrobního cyklu, přes udržování zásob při výrobě a to včetně skladování a manipulace, až po skladování, manipulaci a distribuci finálního výrobku včetně zpětných toků a recyklace.

Druhá kapitola je návrhem samostatné výrobní linky Gigafactory, kde jsou zapracovány teoretické postupy z logistiky, s cílem navrhnout optimální systém řízení výroby a řízení zásob. Dále také predikovat úzká místa ve výrobním procesu a dopředu navrhnout opatření, která by je zefektivnila, nebo eliminovala. Nedílnou součástí jsou i návrhy na samotnou podobu rozestavení výrobní linky, kde budou specifikovány nároky na energetickou pasivitu ale i na nároky speciálních klimatických a prostorových podmínek.

Třetí kapitola navazuje s odhadem možné kapacity výroby a s návrhem logistického systému a řetězce. Dále pak návrhem stanovení optimální výrobní dávky. To vše bude zasazeno do často zmiňovaného potenciálního umístění Gigafactory, jejímž by mohl být areál bývalé uhelné elektrárny v Průněřově. S ohledem na to bude toto místo lokalizováno a identifikováno pro daný region. Poté budou zhodnoceny nároky na infrastrukturu v regionu a odhad investičních a provozních nákladů.

Poslední čtvrtá kapitola zhodnocuje přínosy a dopady na společnost v regionu z ekonomického, geopolitického a sociálního pohledu, kdy bude mimo jiné využito SWOT analýzy.

1 Teorie výroby a skladování

Je poměrně zajímavé, že obecný pojem výroba je v dnešním světě velice používaný, avšak ne příliš přesně, respektive konkrétně definovaný. Existuje mnoho postupů a nástrojů, jak výrobu ovlivňovat, jak ji řídit, jak ji organizovat, ale obecně ji jednoduše definovat tak, aby zahrnula všechny obory, jejímiž je výroba součástí, není tak jednoduché. Obecná definice výroby je zjednodušeně založená na ještě obecnějších termínech vstupů a výstupů, přičemž výroba je ta činnost, která ze vstupů tvoří výstupy. Jinak, již trochu konkrétněji můžeme výrobu naznačit tak, že je to zpravidla hmotný proces přeměny materiálu ve výrobek.

Jedním z hlavních prvků výroby jsou lidé. Prapůvodem dnešní výroby je tak činnost jednoho člověka, zpracovávajícího jistý druh suroviny, nebo materiálu za účelem uspokojení potřeb svých a potřeb okolí => kovář, truhlář, tesař, hrnčíř. Podle výrobního stupně pak můžeme rozlišovat prvovýrobu, průmyslovou výrobu a služby. S rostoucí životní úrovní ovlivněné zejména nástupem renesance v Itálii na přelomu 14. a 15. století, se začala zvyšovat i poptávka po větším množství stejných, nebo podobných výrobků, již však jeden člověk nebyl schopný uspokojit.

Z toho důvodu můžeme mluvit o první nám známe a dobře zdokumentované podobě rozšířenější výroby zahrnující součinnost většího počtu lidí, které již bylo zapotřebí organizovat. Dále také bylo zapotřebí investičního kapitálu, tak aby se daly pořídit a používat pracovní prostředky a předměty a vyplácet mzdy. Z historie tak známe pojem manufaktura, jenž sám v názvu ukrývá spojení slov práce rukama a který nám dnes symbolizuje základ pro moderní výrobu.

Manufaktura je tedy větší dílna, nebo podnik, který je založený na potřebě výroby většího množství výrobků. Mezi první manufaktury patřily podniky na zpracovávání plátna, tedy jednoduchých textilií, po kterých byla velká poptávka, jenž v daný okamžik nešla uspokojit pouze jednotlivými řemeslníky. Zřízení první manufaktury mělo tento problém vyřešit, a to docílením toho, co je ukryto v samotné dělbě práce, která z původního řemeslníka, jenž musel znát celý postup pro vytvoření výrobku a ten i sám realizovat, vytvořila model řadového dělníka, který prováděl již jen část technologické operace a v té se mohl zdokonalovat a zrychlovat. Tento stav zaručil rychlejší zpracování většího množství výrobků, zvýšil specializaci daného řemeslníka a také částečně chránil

samotnou technologii výroby, protože řadový dělník zpravidla vůbec neznal celý postup výroby a tedy nehrozilo, že v případě opuštění manufaktury by si lehce mohl založit svou vlastní.

Takto po celé Evropě pomalu vznikaly manufaktury v různých oborech, kde například na území České republiky již za Rakouska - Uherska vznikaly manufaktury na zpracování skla, tedy sklárny, mimo to také hutní a kovozpracující podniky, ale též manufaktury na zpracování plátna, ale i sukna => soukenické manufaktury. Zásadní přelom pro výrobu nastal počátkem 19. století, kdy obrovský posun v technologii přinesl vynález parního stroje. Ten se okamžitě promítnul do všech již známých odvětví jak ve výrobě, tak v dopravě.

Nástup parního stroje znamenal zvrát v dosavadním pojetí výroby jakožto manufaktur, které převážně od ruční práce postupně přecházely na strojní a tovární velkovýrobu, jinými slovy na mechanizaci výroby. Obecně se zpracovatelským odvětvím využívajícím stroje ve výrobě začalo říkat průmysl, nebo průmyslová výroba. Toto období z počátku 19. století zná tak většina lidí pod pojmem průmyslová revoluce. Změny však nastaly i v dopravě, což mělo vliv nejen na průmysl, ale i na demografické rozložení. Lidé se postupně začali shlukovat více do měst, jako do center průmyslu, obchodu a finančnictví. avšak další podobná období nedlouho poté následovala.

Již v druhé polovině 19. století nastupovala další zásadní období navazující na průmyslovou revoluci, která zahrnovala tzv. elektrifikaci, zavedení montážní linky a masovou výrobu. Tomuto období se též někdy říká druhá průmyslová revoluce.

V tomto období se již plně využívají disciplíny jako je plánování a řízení výroby, kteréžto se v dalších obdobích za pomoci modernizace technologií, zavádění automatizace a robotizace stále zdokonalují a optimalizují na tu nejvyšší úroveň. Veliký rozvoj těchto disciplín přišel v průběhu první poloviny dvacátého století a na pozadí dvou světových válek doslova vydláždil cestu novému komplexnímu oboru jménem logistika.

Na základě potřeb související s enormním ekonomickým rozvojem v druhé polovině dvacátého století, vyvstal tlak na sledování toků jak hmotných, tak hodnotových (dnes např. cena informace). Tímto způsobem se začala logistika formovat do velmi obsáhlého samostatného oboru, jenž zahrnuje nejen kontrolu nad výše zmíněnými toky, ale také nové postupy při plánování, řízení, manipulaci a skladování. Zajímavostí je, že prapůvod logistiky zasahuje již do starověku jak do oblasti Číny, tak starověkého Egypta. Všechny

tyto poznatky se v průběhu let postupně zaváděly v praxi a tak si tento nový obor mohl dávat nové cíle, tedy logistické cíle. Výsledkem toho má být vždy optimalizace logistických výkonů v ideálním poměru mezi logistickými službami a náklady. Dnešní pojem výroby je tak úzce provázán především s oborem logistiky, která dnešní výrobu v mnoha ohledech určuje.

1.1 Systém plánování výroby

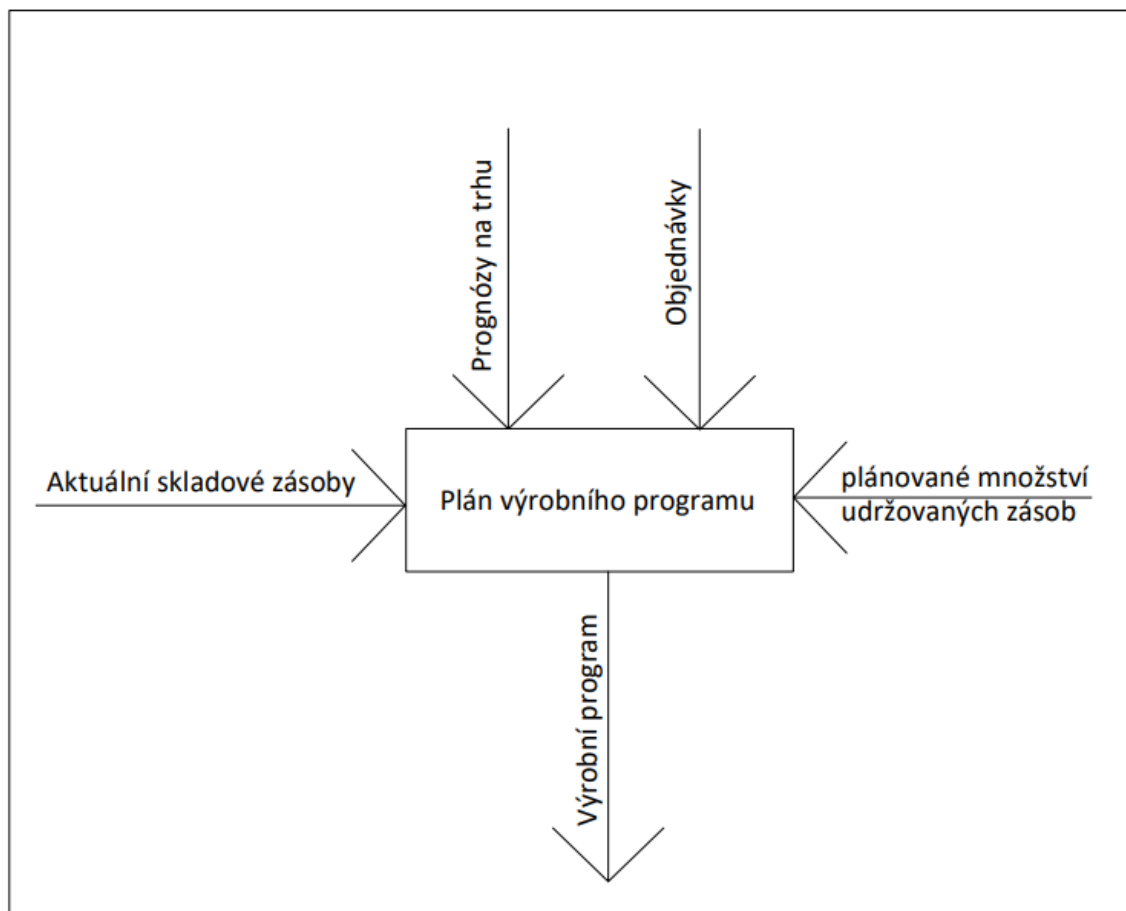
Jedním ze základních prvků výroby je proces plánování výroby. Jedná se o operaci, která předchází samotnému procesu výroby. Je jakýmsi středem mezi plánováním odbytu a plánováním zásobování, pro které jsou výstupy plánování výroby podkladem a má na ně přímý vliv. Aby bylo možné plánovat výrobu, je v první řadě nezbytné mít pohromadě základní souhrn strategických informací, které začínají návrhem a vývojem výrobku, přecházející přes průzkum trhu a analýzu podnikatelského záměru, dále pak hledání zdrojů jak kapitálových, tak materiálových, postupující přes stanovení cílů vůči trhu, až do předprojektové a projektové přípravy, konče samotným plánem výroby, distribuce a komercializace výrobku. Pokud jsou všechny tyto dílčí činnosti kompletně zpracovány a posouzeny tak, že je stanovení cílů realistické a rentabilní, pak je možné přistoupit k procesu plánování výroby.

Plánování výroby je tedy na počátku především práce s informacemi, jejichž analýza má za úkol připravit výrobní plán tak, aby byly zajištěny podmínky pro technicky proveditelný, hospodárný a ideálně bezvadný průběh výrobního cyklu. Hlavními aspekty tak obecně při plánování výroby zůstává maximalizace zisku při minimalizaci nákladů. Rozdílem mezi strategickým plánováním výrobního podniku a plánováním výroby je především časový horizont, kdy u prvního zmíněného se u rozhodování obvykle počítá se střednědobým, až dlouhodobým charakterem, kdežto u plánování výroby je horizont obvykle stanoven na střednědobé a krátkodobé časové období. Na základě toho můžeme teoreticky říci, že plánování výroby je podmnožinou podnikového výrobního plánování.

1.1.1 Výrobní program

Jednou ze základních částí plánování výroby je výrobní program. Ideálně nastavený výrobní program má za cíl plánování průběhu výroby ideálně za maximálního využití kapacit při zhodnocení odbytu tak, aby byla zachována minimální dodací lhůta výrobku.

Nežádoucí je pak udržování zásob v celém průběhu programu. Výrobní program tak má stanovit konkrétní množství výrobku, podle jeho druhu a termínu plánovaného dodání. Nastavení výrobního programu se pak řídí především podle objednávek zákazníků, prognóz na trhu, plánovaných úbytků a nárůstů ze skladových zásob hotových výrobků na základě odeslaných zakázek. Smyslem výrobního programu je tedy jeho variabilita změny v závislosti na aktuálně obdržených informacích.



Obr. 1.1 – Struktura výrobní programu

Zdroj: vlastní zpracování

Ze schématu je zřejmé, že výrobní program pracuje jak se stavem došlých objednávek, který může být jedním z hlavních ukazatelů, tak také může pracovat pouze s očekávaným stavem situace na základě predikce. Ideální pak je využití kombinace obou těchto faktorů. Důležitým faktorem výrobního programu je také druh výrobku z pohledu velikosti, hmotnost, nebo životnosti výrobku, které stanovují kritéria pro jeho skladování, přepravu a druh obalu a tedy i přepravní jednotky.

U výrobního programu ještě rozlišujeme čtyři základní typy výroby dle hierarchie výstupních prvků. Prvním typem je hlavní, nebo také základní výroba, která je výstupem základního výrobního programu výrobku.

Druhým typem je výroba vedlejší, která je přidružená k hlavní výrobě a má za cíl ji ideálně podporovat a to například výrobou polotovarů, nebo dílů pro hlavní výrobu, nebo náhradních dílů pro zařízení hlavní výroby.

Třetím typem je pak doplňková výroba, jenž si klade za cíl nalézat efektivnější využití zařízení, nebo zbytkové suroviny z hlavní, nebo vedlejší výroby. U výrobního zařízení tak například často hospodaříme s odpadním teplem, které lze využít i v jiných oblastech podniku.

Posledním typem je pak přidružená výroba, která však obvykle nesouvisí nijak zásadně s oborem hlavní výroby. Může však využívat nějakou technologickou, nebo materiálovou složku, která může být odpadem, nebo vedlejším produktem při hlavní výrobě => např. struska, odpad při zpracovávání kovů, který se využívá ve stavebnictví.

1.1.2 Výrobní proces

Druhou důležitou částí při plánování výroby je výrobní proces. Jedná se o část, která má za cíl stanovit velikost výrobní dávky, která vychází z výrobní kapacity. Toho lze docílit jasným definováním výrobního postupu, rozmístěním jednotlivých pracovišť a celkového času výroby. Díky tomu lze spočítat maximální výrobní kapacitu, jenž v sobě zahrnuje součin celkového využitelného časového fondu pro výrobu, maximálního výkonu výrobního zařízení a počtu výrobních zařízení. Do tohoto výpočtu je pak u stanovení využitelného časového fondu nutné zohlednit i nutný servis zařízení a přestávky zaměstnanců při práci.

Pokud je tedy známá kapacita výroby, lze na základě stanovení výrobní dávky dále plánovat nákup materiálu pro výrobu, skladové zásoby, dopravu ad. Velikost výrobní dávky pak apeluje na minimalizaci jednotkových, ale i celkových nákladů. Proto je dobré uvažovat ve výrobě realisticky a nenavrhovat výkony výroby pouze dle maximálních nominálních hodnot výrobních kapacit zařízení.

1.1.3 Rozdělení výroby podle počtu výrobků

Pokud je k dispozici postup pro stanovení výrobního programu a je také znám výrobní proces, pak již lze poměrně jednoduše určit samotný typ výroby dle počtu vyráběných kusů výrobků. Aktuálně jsou rozlišovány tři typy takovéto výroby.

Prvním z nich je kusová, nebo také zakázková výroba, která přímo souvisí s nastavením výrobního programu, kdy je výrobek běžně zadán do výroby až na základě objednávky. Hlavní náplní tohoto typu výroby tedy není zpravidla počet kusů jednoho druhu výrobku, ale spíše počet druhů samotných výrobků, které obvykle nejsou vyráběny na sklad. Její průběh se neopakuje pravidelně, a někdy se neopakuje vůbec.

S rozšířením počtu jednoho druhu výrobku ve výrobě, při častějším opakování výrobního procesu, se zmenšením celkového sortimentu můžeme mluvit o v pořadí druhém typu výroby, a tedy o výrobě sériové. V normálním stavu je tak při výrobě stanoveno přesné množství výrobků dané série, které se nepravidelně opakuje. Sériová výroba se často charakterizuje univerzálností jednotlivých zařízení, nebo pracovišť, které jsou pouhých seřazením, případně nenáročnou úpravou schopny začít vyrábět jiný typ výrobků pro jinou zadanou sériovou výrobu. Podle množství výrobků v jedné sérii ještě rozlišujeme malosériovou, středně sériovou a velkosériovou výrobu.

Posledním typem je hromadná výroba. Vyznačuje se minimem, ne-li jedním druhem vyráběných výrobků, takže i jistou stálostí výrobních procesů. Není tedy běžně třeba univerzálních zařízení ve výrobě, ale spíše velkokapacitních strojů s vysokým výkonem a s důrazem na jednoduchost obsluhy a údržby. Obsluha zařízení je běžně vysoce specializovaná pro dané zařízení, což zvyšuje obecnou efektivitu výroby. V hromadné výrobě pak převládá polo-automatizovaná nebo automatizovaná výroba, což v praxi znamená, že je omezeno množství lidských vstupů ve výrobě.

1.1.4 Rozdělení výroby podle typu mechanizace

Další rozdělení výroby je podle typu mechanizace ve výrobě. Jak již bylo zmíněno výše, prvním takovým typem výroby byla převážně ruční výroba, tedy manufaktura. Dalším typem tohoto typu výroby je mechanizovaná výroba, která již využívá k výrobě především stroje, avšak ty jsou převážně obsluhováni lidmi. Posledním typem výroby podle mechanizace je automatizovaná výroba, při níž již není přímo zapojen lidský faktor, nebo respektive je, ale na jiné úrovni (programování).

1.2 Systém řízení výroby

Každá výroba je jen tak kvalitní a efektivní, jak kvalitní a efektivní je její systém řízení. Řízení je tedy výkonná složka, nebo spíše forma organizace samotného procesu výroby, která má zajišťovat nárůst její ekonomické, ale i technické úrovně, jenž jsou nyní známé spíše pod pojmem optimalizace.

Zpravidla tedy samotné řízení neřeší technologický postup výroby, ale spíše provozně - technický a ekonomický postup. Navazuje tak plynule, a v některých aspektech se i prolíná s plánováním výroby. Zejména při různých metodách řízení, které spočívají v projektování za účelem zlepšení výrobních metod. Dále pak také různá měření, které má za účel udržování nejen kvalitu, ale i hospodárnost provozu.

Ve výsledku se tedy řízení soustředí také na práci s náklady, a to jak s provozními, tak ale například i mzdovými, nebo investičními. Díky nástrojům, jako jsou různé matematické, nebo statistické modely, operační analýzy, nebo simulace, je možné poměrně dobře zhodnotit stávající stav a navrhnout a zrealizovat opatření, které mají mít za následek snížení nákladu, v poměru se zvýšením výkonu. To v důsledcích může mít vliv například konkrétně na výběr a rozmístění pracovníků, dále na jejich kvalifikaci, ale i jejich motivaci.

Důležitou částí řízení je tak nastavení kontrolních a ochranných procesů zejména v oblasti finančnictví, včetně účetnictví, evidence majetku, ale i všech nákladů, které je dnes známé spíše jako controlling. Na to navazuje nastavení hospodaření s materiálem, ale i s majetkem, včetně nastavení a zajištění služeb a energií. Službami může být myšlena pravidelná kontrola a preventivní údržba zařízení, která je také nezbytným faktorem pro bezporuchovou a stabilní výrobu.

Další složkou těchto činností je možnost operativní plánování, jenž má za úkol vyhodnocovat aktuální potřeby a možnosti podniku a pružně na ně reagovat ve výrobě. Využívá se k tomu zejména zpracovávání plánů vytíženosti, přepočty optimálních výrobních dávek, nebo třeba analýzy průběžné doby vytvoření výrobku.

Na základě výstupů výše zmíněných činností je možné hledat zlepšování pracovních postupů, organizace práce, manipulace s pracovními prostředky a kontrola nad materiálovými toky. Někdy to může souviset i s přizpůsobením dispozice a počtu výrobních zařízení, nebo rozmístěním a počtem pracovníků.

Řízení výroby je tak hlavní provozní a dá se říct výkonnou složkou výroby, jehož výstupy přímo ovlivňují jakým způsobem bude výroba prováděna a je také odpovědné za její konkrétní výsledky v prostoru a času. Díky tomu může přímo nastavovat velikost výrobního podniku, určuje organizační strukturu, včetně nastavení počtu pracovníků. Dále má na starosti všechny možné druhy evidencí a kontrolních nástrojů.

Z těchto poznatků lze poté sestavit strategii a taktiku výroby, ale také plány centralizace a decentralizace, z nichž oba dva by měly být vyvážené, jinak vedou často k nezanedbatelným ztrátám. To je již zpravidla ale činnost vyššího vedení podniku, které tvoří různé predikce, jenž jsou zpravidla vytvořené na určité období a porovnává je s nastavenými cíli podniku. Takové predikce jsou běžně připravovány i na roky dopředu. Úkolem řízení výroby je pak tedy také naplňovat stanovené cíle podniku, a v případě, že tomu tak není, tak hledat cesty, jak je naplnit.

Organizace výroby

Tento okruh v řízení výroby je úzce provázán s rozdělením výroby podle kusů, a rozšiřuje její tři základní části, a tedy výrobu kusovou, sériovou a hromadnou, avšak aplikuje se především do posledních dvou zmíněných, a to především z důvodu většího objemu výroby menšího sortimentu výrobků za použití mechanizace, nebo automatizace.

Organizace výroby spočívá v propojení základních článků výroby, jimiž je lidská síla, prostředky pro výrobu (např. materiál) a výrobní zařízení. Úkolem organizace výroby je poté organizace jednotlivých pracovišť a konkrétní práce na daném pracovišti tak, aby byla zachována plynulost výroby. Stejně tak je úkolem organizace uspořádání technologických, ale i manipulačních zařízení při výrobě.

Podle toho, jak je plynulost organizována v závislosti na počtech a druzích výrobků rozlišujeme tři podoby organizace výroby. Proudovou, skupinovou a fázovou výrobu.

Proudová výroba spočívá v pravidelnosti opakujících se procesů výroby na všech pracovištích celé výrobní linky. Takovým procesům se potom říká takty, které zahrnují jak konkrétní operace jednotlivých pracovišť, tak výrobní takt celé linky. Složení taktů nám stanovuje rytmičnost výrobní linky. Pokud je rytmus výroby nepřerušovaný a má stále stejné takty, pak se jedná o synchronizaci výrobních operací.

Skupinová výroba je naproti tomu založená na možnosti libovolně měnit výrobní program a výběr různého typu výrobku při výrobě, a to z důvodu možnosti přizpůsobení se náhlým

změnám ve výrobě. Na to je potom nutné mít základní výrobní zařízení, které má univerzální charakter s množstvím doplňujících dílů, nebo součástí různých rozměrů a typů, jenž je možné v průběhu výroby zaměňovat dle potřeby. Výrobní stanoviště by pak mělo být specializováno na podobné operace při výrobě určitého typu sortimentu konstrukčně, nebo technologicky příbuzných (například u vrtání, můžeme měnit vrtáky, ale operací je vždy vrtání). Při porovnání s proudovou výrobou se skupinová výroba často zaměřuje na daleko širší sortiment výroby, jenž však není omezená výrobním programem.

I přes to je možné, že dochází k jistému opakování při skupinové výrobě a to zejména tak, že se proces výroby může opakovat v pravidelných časových intervalech, avšak pracoviště při výrobě nejsou synchronizována, nicméně je zachován výrobní program. Takový stav se nazývá periodická skupinová výroba.

Neperiodickou skupinovou výrobou pak nazýváme procesy, které se sice také opakují, avšak nepravidelně, a tak se složení výrobního programu často mění.

Čím členitější je samotný výrobní proces, tím více je možných kombinací nastavení organizace. Ideální kombinací je poté docíleno maximální efektivity výroby. Organizaci výroby podléhá rozmístění výrobních prostor a pracovišť v nich. Ta by měla být sestavována tak, aby byl zaručený ideálně jednosměrný pohyb u hlavní výroby a hlavních materiálových tocích, z důvodu eliminace možného křížení jednotlivých fází.

Plynulost výrobního procesu je pak dána harmonií jednotlivých vazeb. Z toho je organizaci výroby ještě možné rozčlenit z časového hlediska na periodickou, plynulou a katalytickou výrobu.

1.3 Zásobování, skladování a manipulace

Zajištění chodu plynulé výroby, není zdaleka jen o nastavování výrobních programů, procesů, řízení a organizaci výroby. Pro výrobu je jedním z klíčových faktorů správně nastavené zásobování a nemálo důležitá je také manipulace a skladování. Procesu zásobování ale nejprve předchází samotný nákup, a to jak materiálů, polotovarů, nebo výrobků, který zásadně ovlivňuje celkové náklady na materiál, služby a energie.

1.3.1 Nákup

Při nákupu je nezbytné zohledňovat velkou řadu faktorů, které přímo ovlivňují nejen okamžité náklady, spočívající v realizaci samotného nákupu materiálu, služeb, nebo energií a jejich nákladů na dopravu, ale také náklady vyvolané, jakými mohou být například náklady na skladování. To vše za předpokladu, že to co je nakupováno, má odpovídající kvalitu, je dodáno na požadované místo v daný čas v souladu s požadavky objednatele. Nákup je tak chápán jako proces, funkce, ale také jako organizační jednotka. Základem pro nákup by měl být především plán zásobování.

Nákup lze organizovat různými způsoby. Hlavním rysem pro jeho efektivní využívání by měla být možnost zpětného zhodnocení zrealizovaného nákupu tak, aby případné nežádoucí vlivy byly v dalších obdobných realizacích eliminovány. Zásadní je také objektivní hodnocení při a zejména před nákupem, založené na pragmatismu, ověřených informacích, referencích, kvalitě a v neposlední řadě samozřejmě na ceně, a to bez negativních subjektivních názorech výkonných složek. To by si měl každý správný hospodář připomínat vždy a podle pravidla, že špatný nákup může ovlivnit zisk více, než úspěšný prodej.

Dynamika je jedním z klíčových faktorů nákupu, s ohledem na vnější faktory představující neustálý vývoj na trhu, a vnitřní faktory, které pro změnu reprezentují potřeby podniku. Vzhledem k tomu, že se obě množiny prvků neustále mění, tak musí organizační složka nákupu na tyto změny neustále reagovat.

Nakupované zboží můžeme třídit dle druhu:

Tab. 1.3.1 – Obecné druhy sortimentu nákupu

Druhy nákupu	Suroviny	Materiály, energie	Díly, polotovary, montážní skupiny	Zařízení, Investiční celky	Pomocné, režijní materiály	Služby
-------------------------	----------	-----------------------	---	----------------------------------	----------------------------------	--------

Zdroj: vlastní zpracování

V ideálním světě by tedy hlavním faktorem pro nákup měla být jednoznačně kvalita jakosti dodávaného materiálu, nebo služby. Avšak jedním z hlavních kritérií jsou vedle kvality hlavně cena, čas, množství. Pokud jsou tyto tři kritéria spolu s odpovídající kvalitou, uspokojena, pak se samozřejmě musí dojednat podmínky dodávky. Pro dodavatele je samozřejmě ideálním cílem dodávat materiál, nebo službu pravidelně a

dlouhodobě, což ale závisí právě na průběhu všech předchozích kritérií. S hodnocením produktu pro objednatele při rozhodování se před nákupem může pomoc multikriteriální výběr.

1.3.2 Zásobování

Aby bylo možné určit a organizovat proces zásobování, je nezbytné pochopit, co to je vlastně zásoba. Zásoba je zpravidla určité množství surovin, materiálů, polotovarů, součástí, nebo výrobků, které jsou potřeba pro výrobu a který je ve vlastnictví daného podniku. Z ekonomického hlediska, kvůli vázání aktiv, je tak jakákoliv zásoba nežádoucí a v ideálním případě by ve výrobě nikdy žádná zásoba být neměla. Avšak z praktického a reálného hlediska je ve výrobě jistá výše zásob mnohdy nepostradatelná.

Vznik potřeby na samotné použití zásoby je běžně okamžik, kdy hrozí omezení výroby z důvodu nedostatku materiálu. Zásoba má tedy často formu pojistky před omezením, nebo dokonce přerušením výroby. Velikost zásoby pak ovlivňuje řada faktorů, které začínají již u samotného nákupu. Průběh zásobování je nejprve založen na zpracování plánu zásob, následně na jejich nákupu, respektive zajišťování včetně dopravy. Dále následuje příjem materiálu, což spadá již pod oblast skladování. V konečné fázi pak následuje proces přípravy a manipulace zásob do výroby.

S ohledem na fakt, že jakákoliv zásoba je nezanedbatelným konzumentem provozních prostředků, existuje řada metod stanovující optimální výši zásob. To závisí především na strategii podniku a nastavení výroby. Z dnešního pohledu rozlišujeme dva základní modely výroby, které lze vyčíst již při plánování výrobního programu. Jedná se o základní metody řízení materiálových toků, kterými jsou metoda tlaku a tahu. Metoda tlaku je založená většinou na predikci, a dané výrobky tak putují na sklad s tím, že se očekává jejich odbyt. Metoda tahu naproti tomu pracuje až na základě objednávky a vyhýbá se tak přebytečným skladovým zásobám a zpravidla taková výroba udržuje pouze pojistnou zásobu chránící plynulost provozu výroby.

Zásoby lze dělit dle jejich nutnosti, nebo hierarchie na běžnou, pojistnou a technickou. Dále je pak možné se setkat s termíny jako maximální zásoba, minimální zásoba a havarijní zásoba. Běžná zásoba je udržovaná zásoba pro pokrytí potřeby výroby v období dvou dodávkových cyklů. Pojistná zásoba má za úkol pokrýt potřebu výroby při nečekaném výpadku plánovaných zásob a zpravidla vykrývá zpoždění v dodávkách.

Technická zásoba zaznamenává technologické úpravy materiálů před použitím, což může být například v potravinářství zrání sýrů ad.

1.3.3 Skladování a řízení zásob

Skladování představuje činnost zajišťující po nákupu přejímku a uložení zboží pro potřeby udržování a uvolňování zásob pro uspokojení potřeb a na základě požadavku odběratele. Základním stavebním prvkem pro skladování je tedy sklad. To bývá zpravidla prostor pro ukládání surovin, materiálů, polotovarů, dílů, nebo výrobků. Aby proces skladování proběhl zcela správně, musí řádně proběhnout příjem zboží, jeho naskladnění, a pak případná expedice po celou dobu pod kontrolou elektronické evidence.

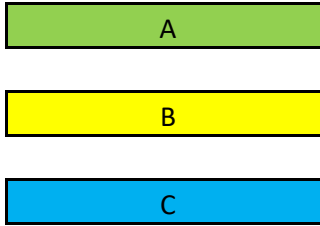
Sklad sám o sobě pak má celou řadu funkcí, pod které spadá funkce vyrovnávací, která se stará o vykrývání kapacitních nedostatků ve výrobě, nebo dopravě, dále k vyrovnávání sezónních výkyvů v poptávce a také geografických překážek mezi centrem spotřeby a výroby. Další funkce je kompletační, jenž je funkcí rozdělovací, na základě potřeb vyrovnávání nepoměru mezi omezeným sortimentem výrobce ku široké struktuře požadavků prodejce. Potom je velmi důležitá funkce pojistná, známá již z výše uvedeného procesu výroby, která má zajistit pokrytí zpravidla nepředvídatelného výpadku plánovaných zásob tak, aby nebyla omezena výroba. A pak jsou tu ještě funkce spekulativní, technologické a zušlechťovací.

Aby mohly být naplněny jednotlivé funkce skladu, je zapotřebí mít nastavený systém organizace skladování a manipulace. Na to potom existují různé metody a postupy pro řízení zásob.

Asi nejznámější metodou je metoda ABC, která vychází ze studie Vilfreda Pareta => Paretovo pravidlo. Jedná se o jev, kterým je definována jakási pomyslná hierarchie, spočívající v odstupňování, případně v rozdělení zásob podle jejich důležitosti pro výrobu výrobku. Podle Paretova pravidla poté platí, že malá část zásob se podílí svým poměrem na většině obratu. Takto by zásoba typu A by měla tvořit 10 % - 20 % ve výrobku a podílet se na 75 % - 80 % celkového obratu. Zásoba typu B je co se týče nákladu menší, a často se pohybuje na hranici vyrovnanosti mezi podílem obsahu ve výrobku a podílem obratu, tedy u obou složek mezi 10 % - 15 %. Zásoby typu C jsou pak mají podíl obsahu ve výrobku někde mezi 60 % - 80 %, jsou to zpravidla nízkoobrátkové položky s vysokým spektrem druhů, a podílejí se na obratu odhadem mezi 5 % – 15 % obratu. Celkový poměr by pak mohl zjednodušeně vypadat nějak takto:

Tab. 1.3.3 – Příklad výsledku metody ABC

Podíl na výrobě	Podíl na obratu
A	A
A	A
A	A
B	A
B	A
B	A
B	A
C	A
C	A
C	A
C	A
C	A
C	A
C	A
C	A
C	A
C	B
C	B
C	C
C	C

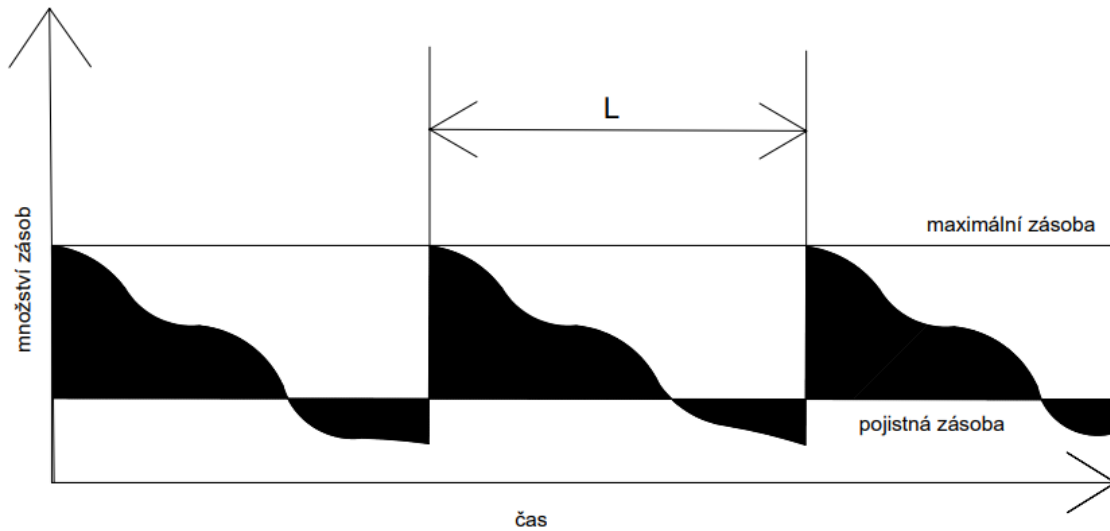


Zdroj: vlastní zpracování

Poté je možné naprojektovat sklad tak, aby zásoby typu A byly vždy nejbliže a lehce dosažitelné v rámci výrobního procesu. Jedná se tedy o to, aby zásoby typu B a zejména C doslova nepřekáželi při manipulaci a vůbec materiálovému toku při výrobě zásobám typu A.

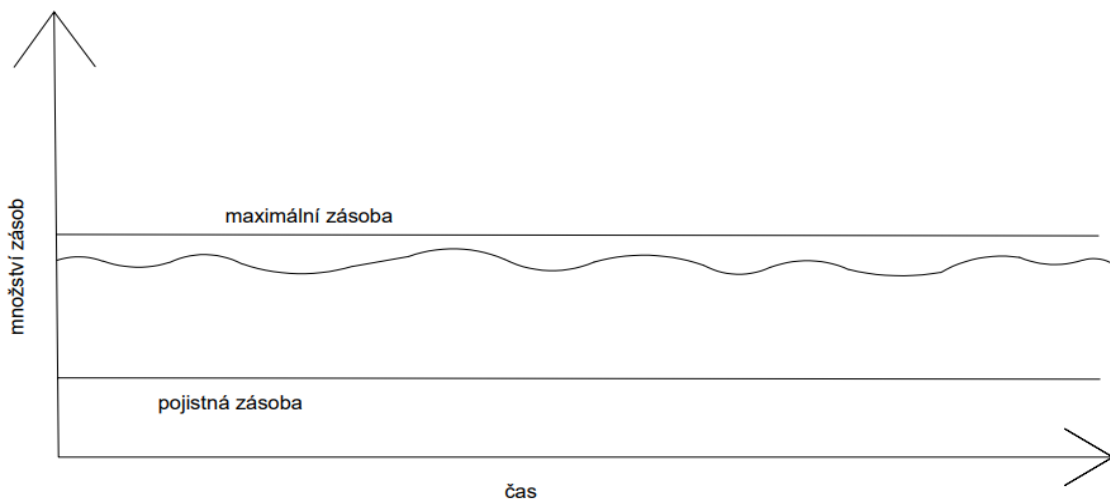
Optimální výši zásob se pak zabývají metody plánování zásob, jenž jsou následkem mnoha faktorů, které mají společného jmenovatele a tím jsou náklady. Hlavní takové metody se nazývají Material Requirement Planning (v překladu plánování požadavků na materiál) a zkratku používá MRP. V těchto případech se využívá zpravidla specializovaných softwarů, které mají za úkol propočítat množství a druh materiálu, který je potřeba pro výrobu. Tento druh plánování se využívá zejména u výrobků, které jsou montážně různorodé a na výrobu komplikované. Tyto systémy pak zpravidla umí zpracovávat veškeré potřeby výroby, a kalkuluje i se strojovým časem, nebo jinými činnostmi ve výrobě. Na základě toho dokáže predikovat správný čas a správné množství zásob za ideální cenu a tak může mít značný pozitivní vliv na náklady.

Následně je také nutné vybrat správný systém doplňování zásob, které může být buďto po dávkách, nebo kontinuální.



Graf 1.3.3 – zásobování po dávkách

Zdroj: vlastní zpracování



Graf 1.3.4 – kontinuální zásobování

Zdroj: vlastní zpracování

Nakonec jednou z nejpoužívanějších metod jsou systémy tahu a to zejména metoda Just in time (zkratka JIT, v překladu v pravý čas), která si zakládá na minimalizaci zásob ve výrobě a to tak, že přesně určená zásoba, respektive její množství je dopravováno přímo k výrobní lince v přesný čas. Tento způsob je vysoce efektivní, avšak trochu riskantní, a to z důvodu, že když se z nějakého důvodu opozdí dodávka materiálu, tak může dojít

velmi rychle k omezení výroby. Tento systém zásobování se běžně využívá u podniků v automobilovém, ale i elektrotechnickém průmyslu.

Na tuto metodu pak ještě navazuje systém KANBAN, který je také tažným systémem spočívající v systému objednávek, které začínají vždy na konci výrobního procesu mezi jednotlivými stanovišti výroby. Tyto objednávky vždy spočívají v konkrétním množství materiálu, polotovarů, nebo dílů. V kombinaci se systémem JIT tak eliminuje a samo reguluje tok materiálu ve výrobním procesu s téměř nulovou nutností zásob a objednávka je potom řízena spotřebou ve výrobě. Pro evidenci systém Kanban využívá karet, a to pohybových a výrobních. Tento systém může být aplikovaný nejen mezi výrobními středisky, ale i v dodavatelském řetězci.

Takto je krátce shrnuta část řízení zásob, kterou uzavírá finální část výroby, a těmi jsou systémy skladování výrobků, manipulace a distribuce. Pro tyto tři části je vždy nutné stanovit optimální manipulační, nebo přepravní jednotku. Účelem těchto jednotek je zajistit způsobilost k další přepravě bez jakýchkoliv úprav, zpravidla se tak jedná například o různé druhy krabic, nebo dále paleta a kontejner.

Manipulace je pak standardizována na 4. řády manipulační, jednotek. 1. řád představuje minimální množství materiálu, nebo výrobku, zpravidla zabaleno do krabice, pytle a to do 15 kg hmotnosti. 2. řád je odvozenou manipulační jednotkou, která musí být přizpůsobená pro mechanizovanou, nebo automatizovanou manipulaci. Měla by pojmout mezi 16 – 64 jednotkami 1. řádu a hmotnost se pohybuje obvykle mezi 200 – 1 000 kg. Maximálně by měla mít 5 000 kg. Manipulační jednotka 3. řádu je také odvozenou jednotkou a slouží často k dálkové přepravě mezi v rámci kombinované dopravy. Jednotka je složena z 10 – 44 jednotek 2. řádu a maximální hmotnost je 30 500 kg. Posledním 4. řádem manipulační jednotky jsou jednotky určené pro dálkovou kombinovanou námořní, nebo vnitrozemskou vodní dopravu s maximální hmotností od 400 t do 2 000 t. Pro všechny čtyři řády existuje nespočet manipulačních a skladovacích zařízení.

Pro optimální skladování manipulačních jednotek je pak nutné uvažovat nad prostorovým hlediskem při zohlednění typu materiálu a jeho kritéria na skladování. Asi nejrozšířenějším typem skladů jsou sklady regálové, které se dále člení na paletové, policové, konzolové.

Důležitými operacemi ve skladu jsou pak příjem zboží, uskladnění zboží, příjem objednávky, vychystávání zboží dle objednávky a expedice zboží. K tomu je zpravidla zapotřebí elektronická evidence. U návrhu skladu lze pak již v praxi využít již zmíněnou metodu ABC. Dále elektronická evidence a systémy automatické identifikace jsou velmi důležité při lokalizaci daného zboží, také pro bezpečnost zboží před odcizením a v neposlední řadě pro inventarizaci zboží.

Pokud zboží projde expedicí, pak už ho běžně čeká fáze buďto výrobního procesu, nebo distribuce koncovému zákazníkovi.

2 Návrh výrobní linky GIGAFACTORY

Hlavní motivace na vybudování průmyslového podniku na výrobu akumulátorů na území České Republiky je pouze dalším, a zcela logickým krokem na cestě rozvoje obnovitelných zdrojů energie, který je v souladu s dlouhodobou energetickou politikou nejen naší země, ale i celé Evropy. Potřeba ukládat energii ukazuje na celospolečenské uvědomění si ceny energie, tedy její užitečné a přidané hodnoty, jak moc je potřebná, a že když ji pracně vyrobíme, můžeme s ní naložit efektivně a hospodárně.

Vývoj a samotná výroba akumulátorů je ve světě poměrně běžným a rozšířeným druhem průmyslu. Většina výrobních podniků je však alokována mimo území Evropy a to především z důvodu levné pracovní síly v zahraničí, není tedy neobvyklé, že většina takových podniků je na území Číny. Aktuální geopolitické situace nám ale ukazují, jak moc je náš systém spotřebních ekonomik křehký, a přímá závislost na dodávkách zboží ze vzdálených zemí může být při jakýchkoliv omezeních dopravy velmi nákladnou, až nerentabilní záležitostí.

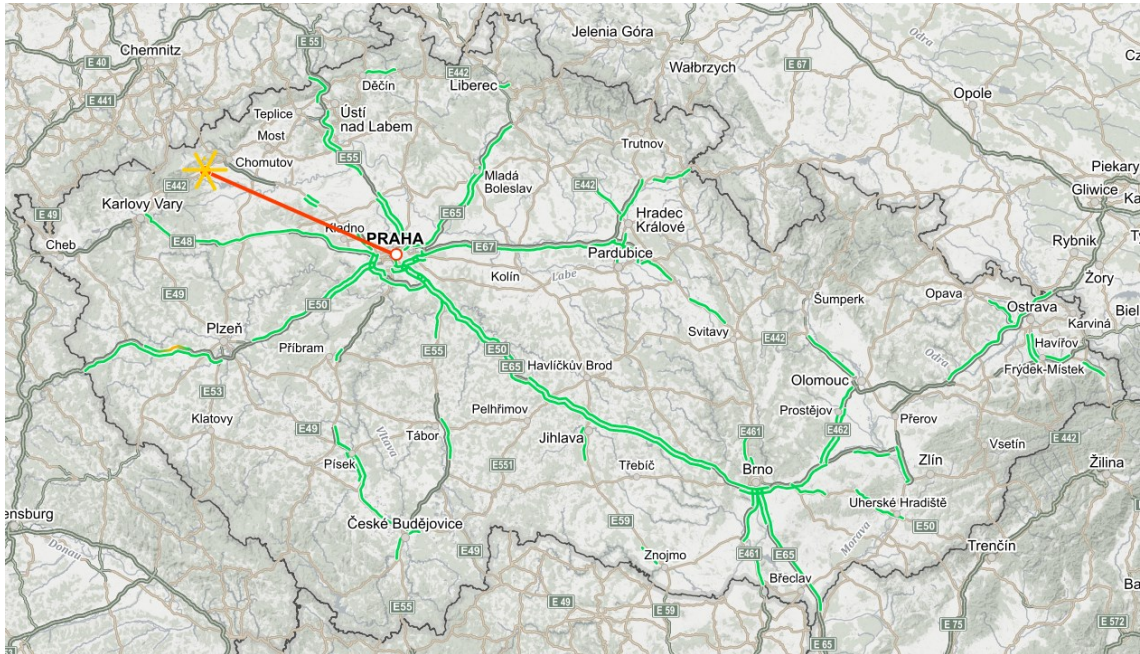
Základní pravidla logistiky pak navádí k logickému kroku umístit výrobu blízko vzniku poptávky a to nejen z důvodu úspory nákladů na dopravu. Kontrola nad výrobou zaručuje zpravidla plynulost dodávek v dalších výrobních řetězcích a částí různých druhů ekonomik. O to lepší je, když taková výroba může být zaštitěná státem. Největší předpoklady pro vybudování závodu na výrobu akumulátorů na území České republiky má nyní státem kontrolovaná a více než ze 2/3 vlastněná společnost ČEZ a.s. (České energetické závody), jenž je také hlavním výrobcem a distributorem elektrické energie.

Strategie podniku zaměřená na minimalizaci emisí vznikajících při výrobě elektrické energie postupně eliminuje provoz uhelných elektráren na celém území ČR. Díky tomu však vznikají nové příležitosti na poli obnovitelných zdrojů. Původní zázemí takovýchto výrobních celků skýtá možnosti využití nových provozů. Zásadním při rozhodování potom mohou být nezanedbatelné úspory z důvodu již vybudované a použitelné infrastruktury a napojení na síť.

Jedním takovým prostorem může být i areál dnes již bývalé uhelné elektrárny Prunéřov I, která v polovině roku 2021 ukončila provoz.

2.1 Lokalizace možného umístění výroby

Areál Pruněřovských elektráren se nachází přibližně 90km vzdušnou čarou od Prahy směrem na severozápad, nedaleko města Chomutov. Přesná geolokace je 50° 24' 41.32" severní šířky a 13° 15' 08.79" západní délky.

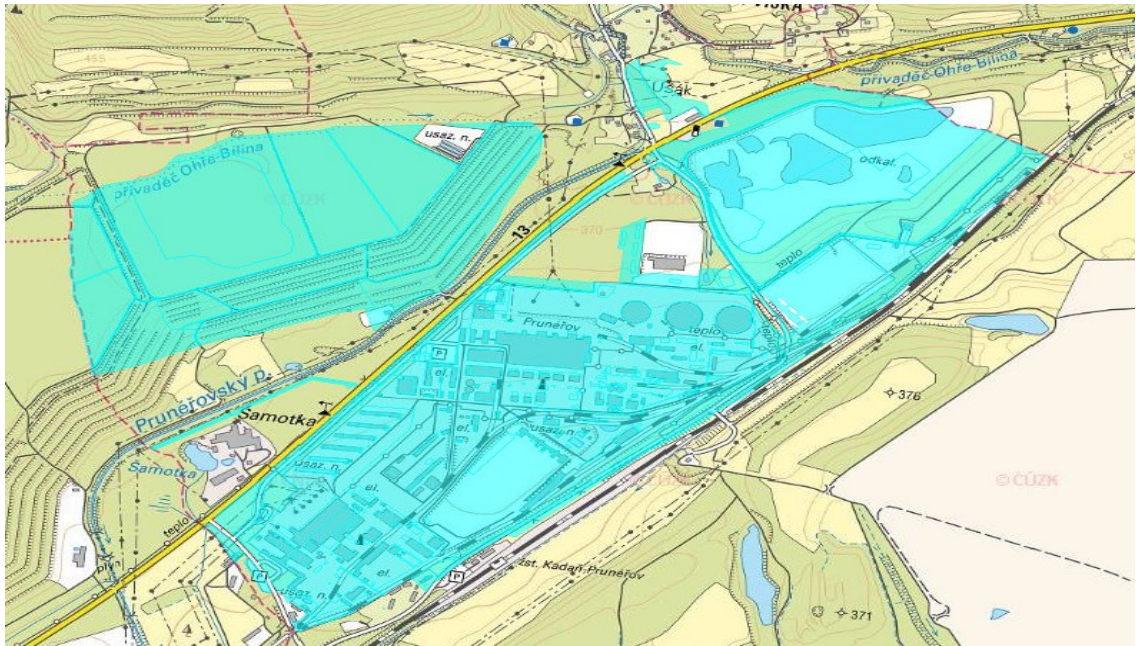


Obr. 2.1 – Lokace elektrárny Pruněřov

Zdroj: [16]

Celý areál je ve vlastnictví společnosti ČEZ a.s. Soubor obou Pruněřovských elektráren včetně odkališť se rozléhá téměř na 4 km². Velká část areálu je ale stále v provozu a tak přichází do úvahy hlavně prostory a přilehlé pozemky z odstavené části elektrárny Pruněřov I, která se rozprostírá na odhadem 270 000 m² pozemku.

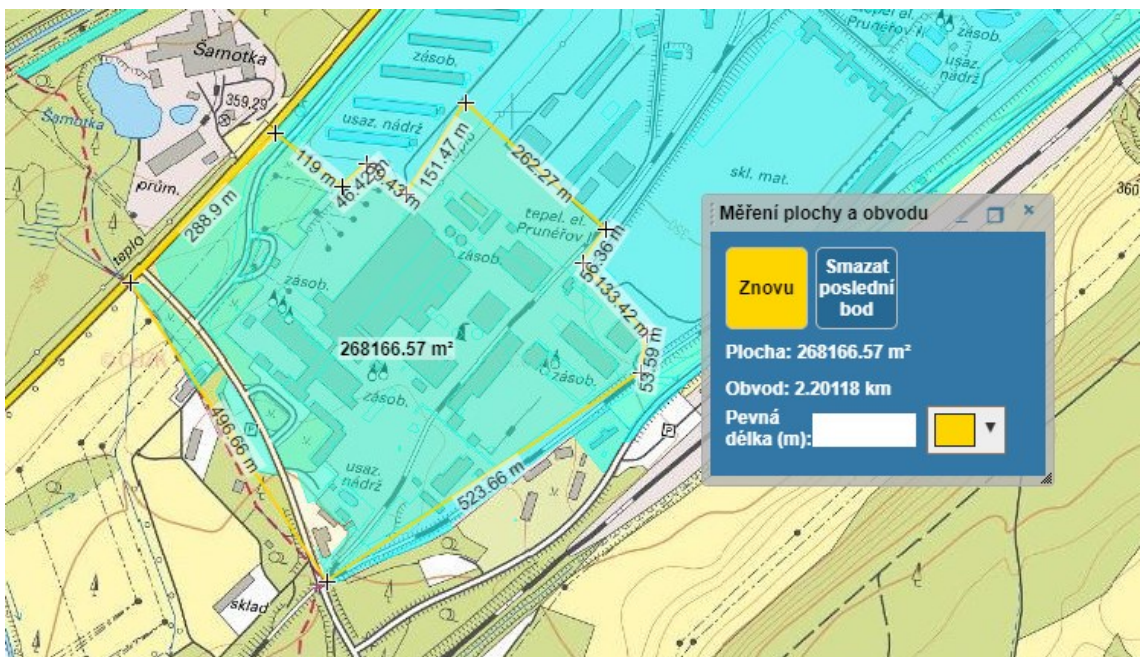
Většina pozemku stávající elektrárny Pruněřov I je však zastavěna a uvnitř všech budov je stále osazena většina původních technologií elektrárny. Využít pro nový typ výroby a provozu by ale zřejmě nejen kvůli stáří, ale hlavně z důvodu rozdílností technologických procesů výroby, šlo jen zlomek stávajících technologií a také objektů. Ty bude nutné rozebrat, nebo postupně odstranit a prostor kompletně vyčistit. K tomu bude zapotřebí zpracovat projekt na vybudování objektu, který bude splňovat jako logistické požadavky, tak energetické, ale i klimatické v závislosti na provozu. Samotný detailnější návrh by pak mohl být zpracován v samostatné studii.



Obr. 2.2 – Katastrální mapa areálu

Zdroj: [17]

Využitelný je ale minimálně prostor původní elektrárny, který je vyznačen na detailu níže.



Obr. 2.3 – Detail elektrárny Prunéřov I v katastrální mapě + zaměření zastavěné plochy

Zdroj: [17]

Přiblížení aktuální podoby Elektrárny Prunéřov I je pak možné zejména ze satelitních, nebo leteckých snímků areálu.



Obr. 2.4 – Satelitní snímek areálu elektrárny Prunéřov I

Zdroj: [18]

Infrastruktura

Hlavním plusem pro návrh výroby akumulátorů se zdá být již vybudovaná infrastruktura železniční a silniční dopravy. Ty jsou přizpůsobeny na velké dodávky materiálu, kdy při maximálním výkonu elektráren bylo denně spáleno až 2 000 t uhlí. Co se týče infrastruktury železniční dopravy, pak celým areálem na jižní straně prochází vlečka, která je napojená na trať č. 130/140, která vede z Chomutova do Chebu. Podle traťové tabulky má označení 533A s traťovou rychlostí mezi 105 – 120 km/h. Kód tratě pro kombinovanou dopravu je 78/402. Normativ pro délku nákladních vlaků je min. 400m. Maximální povolená délka vlaku je na trase z Chomutova až 700 m. Tato trať je součástí tzv. transevropské dopravní sítě.

Transevropská dopravní síť (TEN-T) je síť všech dopravních sítí, zahrnující jak silniční a železniční koridory, tak také síť vodních cest a síť mezinárodních letišť v Evropě. Jedná

se tak o společnou politiku zemí Evropy při budování dopravní infrastruktury. V tuto chvíli zahrnuje více než 75 000 km silnic, bez mála 80 000 km železničních tratí, asi 330 letišť, skoro 300 námořních přístavů a asi 200 vnitrozemských přístavů. Má rovněž pomoci zabezpečit dostupnost a posílit hospodářskou, sociální a územní soudržnost. Podporuje právo všech občanů EU na volný pohyb v rámci území členských států. Navíc zahrnuje požadavky na ochranu životního prostředí a podporuje tak udržitelný rozvoj. Podle nařízení TEN-T by globální síť měla být dokončena do roku 2050. Hlavní síť, která je podmnožinou globální sítě by pak měla být dokončena do roku 2030.

Co se týče infrastruktury silniční dopravy, tak okolo celé elektrárny v severní části vede silnice 1. třídy E442, která spojuje Karlovy Vary a Ústí nad Labem, dále pokračuje na Liberec a Hradec Králové, kde se stáčí na Olomouc a pokračuje směrem na Žilinu k hranicím Slovenska. Prochází přes nedokončenou dálnici D7, poté D8, v Hradci prochází okolo dálnice D11 a její úsek u Olomouce je značen jako D35. Také prochází přes 2 ze čtyř železničních koridorů. V úseku mezi Ústím nad Labem a Děčínem pak lemují Labe, které v Děčíně překračuje, což by se dalo využít ve vnitrozemské vodní dopravě. Tato silnice je s ohledem na další průmysl v okolí poměrně vytížena jak nákladní, tak ale i osobní dopravou, a tak zatížení jakoukoliv další nákladní dopravou by zřejmě vyžadovalo v budoucnu její posílení, nebo rozšíření.

Nejbližší letiště se zpevněnou plochou je v Karlových Varech, nebo až v Praze.

Celková poloha a dispozice areálu je pak velice výhodná v tom, že nijak zásadně nepřekonává ve své ploše nadmořské výšky, tedy jedná se více méně o rovnou plochu. V celém areálu je pak vybudován poměrně propracovaný systém vnitropodnikové dopravy spočívající v širokých asfaltových plochách a silnicích. Dále je pak velmi rozšířena síť pásových dopravníků, které původně soužily k přesunu velkého množství uhlí.

Velkým bonusem pro jakýkoliv budoucí provoz je také existence obrovské kapacity sítí elektrické energie, tedy rozvoden, odpojovačů, měničů, trafostanice ad. na velmi vysokém a vysokém napětí.

2.2 Návrh výrobního procesu

K tomu aby bylo možné navrhovat výrobní proces je nezbytné lépe porozumět tomu co chceme vyrábět a takový výrobek poté zhodnotit ze všech kritérií plánování výroby. Návrhu výrobního procesu by pak v ideálním případě předcházela průzkum trhu, analýza podnikatelského záměru, nebo zhodnocení možných kapitálových, ale i materiálových zdrojů. Každá z těchto kapitol může být námětem na samostatnou práci a dále bude k práci používáno teoretických znalostí, veřejně dostupných informací a obecného přehledu, které pro účel této práce dostačuje.

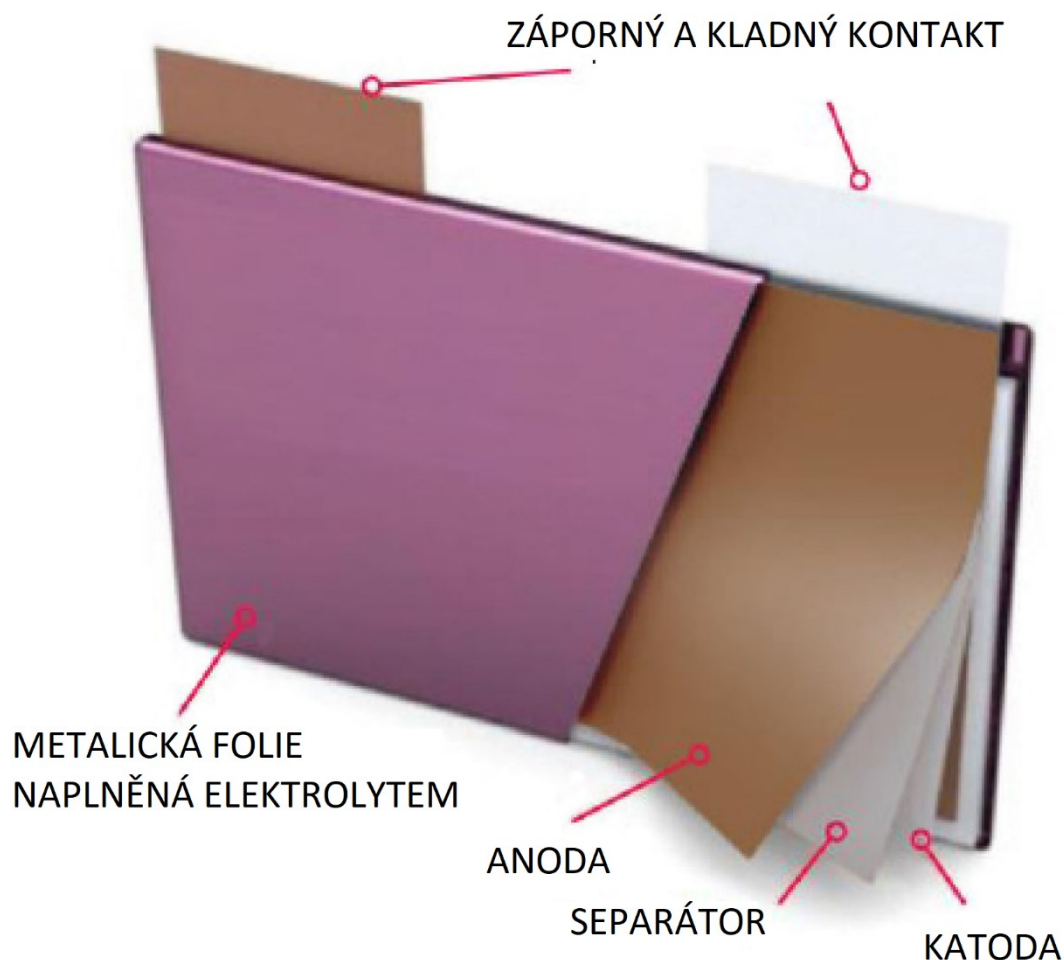
2.2.1 Identifikace výrobku

Pro vysvětlení postupů k návrhu výrobní linky je nezbytné si již trochu detailněji popsat co chceme vyrábět. Aktuálně existuje velké množství různých druhů a typů výrobků na trhu s bateriemi a akumulátory. Základem pro jeden každý akumulátor je pak galvanický článek, pojmenovaný po objeviteli jevu Luigim Galvanim, na základě něhož poté Alessandro Volta sestavil první bateriový článek. Galvanický článek se, zjednodušeně řečeno, skládá ze čtyř základních částí: katoda – část kladně nabitých částic, anoda – část záporně nabitých částic, elektrolyt – kapalina, ve které se mohou pohybovat kladně i záporně nabitě částice, a separátor, který sice umožňuje tok, nebo respektive propouštění částic mezi katodou a anodou, ale chrání je před zkratem.

Výsledkem spojení těchto částí tak dostáváme dočasné úložiště elektrické energie, které při správném zapojení můžeme čerpat v závislosti na kapacitě, která je dána rozměry a složením článku. Ideální kombinací se tak posledních 50 let intenzivně věnovalo tisíce vědců nejen na popud soukromých investorů, ale i různých státních a mezinárodních institucí velké úsilí pro zdokonalení článku z důvodu vědomí si potenciálu ukládání elektrické energie.

Na výrobu bateriových článků lze použít kombinaci spektra různých materiálů, z nichž asi nejznámější jsou původní olovené baterie, které se velmi rozvinuly zejména jako podpora spalovacích motorů. Nicméně v průběhu posledních 20 let se velmi zvýšil tlak na rozvoj udržitelných zdrojů, ale také na vývoj a produkci obrovského množství mobilních zařízení, pro které takové akumulátory byly nevhodné v poměru rozměrů, hmotnosti a kapacity elektrické energie.

Pro výrobu akumulátorů byl tak již v druhé polovině 20. století vyvinut článek, jehož složkou bylo již výše popsané Lithium. Jeho vysoká reaktivita a nestabilita však znemožňovalo jeho široké průmyslové využití, respektive takové články byly nebezpečné z důvodu možného vzplanutí takového článku. Vývoj na poli chemicko-technologického průmyslu a tlak na ukládání čím dál většího množství energie však posunul možnosti zpracování Lithia, jeho lepší syntetizaci a navázání ho na další prvky, nebo spíše sloučeniny tak, aby byly využity jeho přednosti a omezeny jeho negativní vlastnosti (vysoké uvolňování tepla, reaktivita).



Obr. 2.5 – Základní skladba akumulátorového článku

Zdroj: [4]

V aktuální chvíli, tedy v roce 2022, je hlavní tlak na akumulaci elektrické energie vytvářen především automobilovým průmyslem. Tento tlak je způsoben zejména v Evropě přísnými pravidly a předpisy na maximální eliminaci tvorby emisí spalovacími motory, od kterých se postupně přechází na motory částečně, nebo plně poháněné

elektrickou energií. V průmyslu tak vzniká obrovská poptávka a velmi silné konkurenční prostředí. Díky tomu se také vývoj akumulátorových článků neustále posouvá, zlepšuje se jejich efektivita i výrobní procesy. Zajímavá je rozdílnost procedur výroby a technologií, které různé ekonomiky, nebo investoři zvolily. Zásadní je pro výrobu baterie především složení katody, tedy kladně nabitě částice článku, které se pak často objevují v názvu každého akumulátoru.

Nejstarším typem článku, který je v menší míře používán i dnes, je článek s katodou LiCoO_2 (Lithium, Kobalt, Kyslík). Dalším, velice rozšířeným typem je tzv. LiFePO_4 akumulátorů (katoda je z lithium železo fosfátu) a to hlavně vlivem Číny, která vsadila na tento typ technologie výroby akumulátorů. Tento typ akumulátorů nyní pokrývá odhadem třetinu trhu.

Jeho hlavním konkurentem je článek s označením NMC (zkratka pro prvky Nikl, Mangan a Kobalt), jehož katoda má složení $\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$ (Lithium, Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík). Tento typ akumulátorů je nyní nejpoužívanější a to hlavně v automobilovém průmyslu, respektive pro potřeby elektromobility na území Evropy.

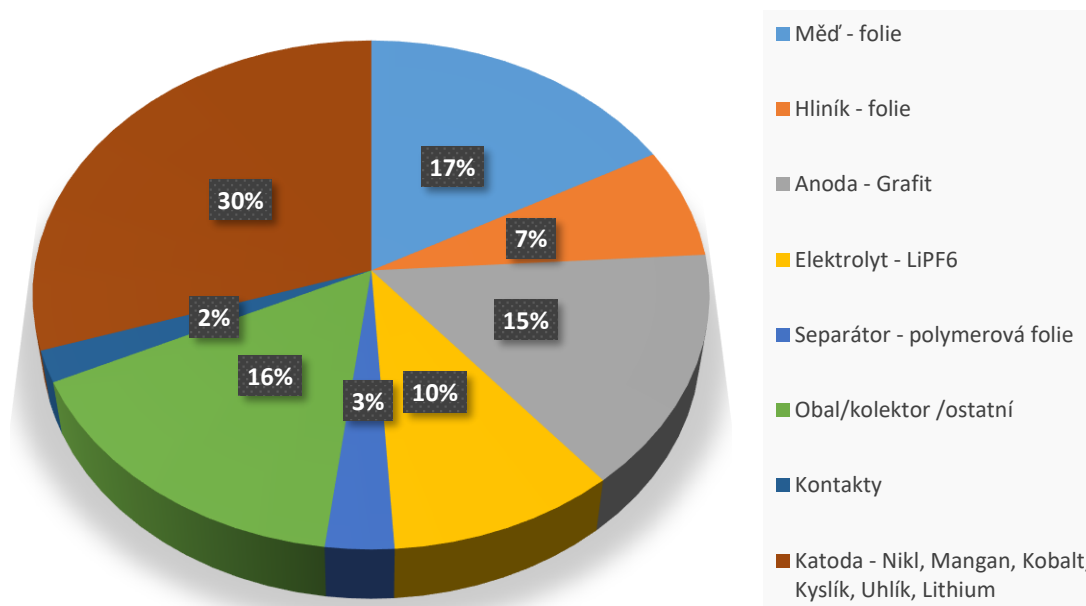
Tab. 2.2 – Porovnání vlastností různých typů akumulátorových článků

Typ článku/ vlastnosti	Hustota energie ve Wh/kg	Zachování 100% kapacity při opakování nabití	Průměrná cena za 1 Wh v Kč	Limitní hranice přehřátí, °C	Proud, V	Provozní teplotní rozsah, °C
LiCoO_2	170–185	500	3 - 8	170	3,6	-20 do + 60
LiFePO_4 (EV/PHEV)	90–125	2000	2 - 12	270	3,2	-20 do + 60
LiFePO_4 (HEV)	80–108	2000	2 - 8	270	3,2	-20 do + 60
NMC (HEV)	155	>1500	2,2 - 6,5	215	3,6	-20 do + 60
NMC (EV/PHEV)	165–200	>1500	2,2- 6,5	215	3,6	-20 do + 60
Titan vs. NCM/LMO	65–100	12000	12 - 25	neomezeno	2,5	-50 do +75
LiMnO_2 (EV/PHEV)	90–110	>1000	2 - 7	255	3,8	-20 do + 50

Zdroj: vlastní zpracování

Z pohledu zhodnocení výrobních nákladů, životnosti článků, provozních charakteristik článků a kapacity článků vychází v tuto chvíli jako nejefektivnější typ pro výrobu článků s označením NMC ($\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$ => Lithium, Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík) čímž se potvrzuje aktuální stav na trhu a tento typ článku je tak navržen pro tuto výrobu.

Materiálové složení článku NMC



Graf 2.2 – Materiálové složení článku NMC ($\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$)

Zdroj: vlastní zpracování

V tomto složení má článek NCM přibližně kapacitu 160 Wh/kg – 180 Wh/kg elektrické energie. Článek je samozřejmě závislý na provozním proudu, který je u tohoto typu mezi 3,6 V – 3,7 V. Kapacita pak závisí na velikosti a objemu článku, který by měl být modulární a vhodný na paralelní zapojování do série, která poté tvoří akumulátor. Je tedy nutné stanovit tvar článku. Rozlišujeme předně dva typy článků podle tvaru a to cylindrické, tedy tvaru válce anebo ploché, tedy tvaru hranolu.

Z praktického hlediska a z pohledu požadavků na skladování a transport, zároveň ale i na požadavky různých skladeb akumulátorů, jenž se liší kapacitou právě v závislosti množství článků v sériovém zapojení, je tedy vhodnější tvar plochého hranolu.

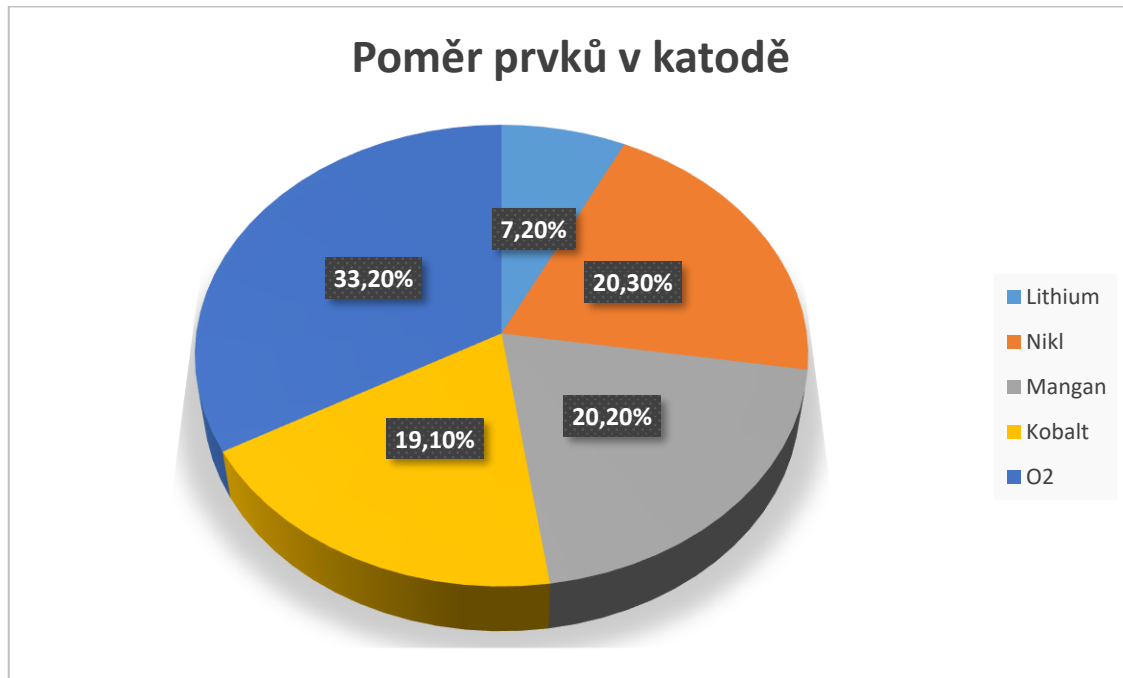
Dalším faktorem je velikost článku, zejména z pohledu proveditelnosti na lince a také z pohledu další manipulace. Pro tento účel je vybrán jeden z modulárních rozměrů článku NCM s rozměry 190 mm x 245 mm x 11 mm.

2.2.2 Návrh výrobního programu a procesu

Pro návrh výrobní linky je nezbytná přesná specifikace výrobku a technologický, ale zejména technický postup jeho výroby. Pro teoretickou potřebu pro tuto práci je tedy vybrán článek na bázi NMC ($\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$ => Lithium, Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík) s modulárním rozměrem 245 mm x 190 mm x 11 mm, s potenciální kapacitou až 180 Wh/kg.

Technologický postup výroby je poměrně komplikovaná řada různorodých operací. Základem je namíchání složek pro vytvoření elektrod (katoda, anoda). Správné složení je klíčem k účinnosti článku. Z těchto dvou elektrod je pak zásadní skladba katody, tedy kladně nabitě elektrody v části článku.

Pro katodu je v našem případě použita směs $\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$ => Lithium, Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík a to přibližně v těchto poměrech:



Graf 2.3 – Materiálové složení katody

Zdroj: vlastní zpracování

Tento poměr je čistě teoretický a nezahrnuje další pomocné látky potřebné k výrobě, které se dají z pohledu množství, ale i pro potřeby této práce, označit jako zanedbatelné.

Aby bylo možné tyto prvky míchat, je nutné je drtit na velmi jemný prášek. Potom se, i díky zmíněným pomocným látkám, jimiž může být N-Methyl-2-Pyrolidon spolu s nano mikroskopicky drceným grafitem, namíchá směs, která je poté nanášena ve vrstvě tvořící asi 2 g/m² s volnými okraji na hliníkovou folii. Parametry hliníkové folie pro katodu jsou pro účel práce zvoleny takto:

- **Svitek Al šířky 1000 mm, tloušťka folie 80 μm (mikrometry), návin 500 m, hmotnost 108 kg**

Co se týče anody, tedy záporné části článku, tak její příprava je o poznání snazší. Hlavní složkou je nano mikroskopicky drcený grafit, který je doplněn o minimální množství demineralizované vody, pojiva a přísad na proces dehydratace. Takto namíchaná složka katody je poté nanášena na měděnou folii, Parametry hliníkové folie pro anodu jsou pro účel práce zvoleny takto:

- **Svitek Cu šířky 1000 mm, tloušťka folie 60 μm (mikrometry), návin 500 m, hmotnost 268 kg**

S ohledem na rozsah práce nyní bude co nejstručněji v bodech popsán obecný princip technologie výrobní linky a použita data teoretického charakteru. Jedná se o zjištěná data jednotlivých technologií, která jsou takto navržena po jednom kusu za sebou. Samotný detailní popis výroby s popisem a výkony jednotlivých technologií může být námětem na další práce.

Tab. 2.2.2 – Obecný postup výroby článku

č.	Typ operace	Průměrné časy, a rychlosti ve výrobě
1.	Distribuce materiálu do výroby ze skladu	0,5 h
2.	Míchání elektrolytu, materiálů katody a anody	2 h
3.	Příprava elektrod - vrstvení na folie – katoda, anoda	50 m/min
4.	Sušení – katoda, anoda	50 m/min
5.	Kalandrování – katoda, anoda	80 m/min
6.	Řezání – katoda, anoda	120 m/min
7.	Sušení ve vakuu	20 h
8.	Profilace	300 profilů/min
9.	Skládání – katoda, anoda, separátor	60 článků/ min
10.	Balení – svaření kontaktů anody, katody , vložení do folie, zalisování	60 článků /min

11.	Plnění elektrolytu	8,5 článků/ min
12.	Rolovací lisování	30 článků/ min
13.	Nabíjení/vybíjení, odplynění, začištění	X článků /20h
15.	Zrání – vysokoteplotní proces + pokojová teplota	X článků /336h
16.	Testování	neomezeno
17.	Naskladnění, distribuce	neomezeno

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě těchto dat jsou poté dopočítány možné výkony jednotlivých stanovišť na možnou rychlost výroby a na počet kusů článků. Z tabulky č.4 je také patrné, že na několika stanovištích dochází z důvodu technologického postupu k velikým časovým prodlevám. Tento stav bude dále řešen v další kapitole.

Tab. 2.2.3 – Kapacita stanovišť v poměru k počtu vyrobených článků za hodinu

č.	Typ operace	Kapacita stanoviště v poměru na počet vyrobených článků
1.	Distribuce materiálu do výroby ze skladu	neomezeno
2.	Míchání elektrolytu, materiálů katody a anody	neomezeno
3.	Vrstvení na folie – katoda, anoda	9 000 ks/h
4.	Sušení – katoda, anoda	9 000 ks/h
5.	Kalandrování – katoda, anoda	14 400 ks/h
6.	Řezání – katoda, anoda	21 600 ks/h
7.	Sušení svitků ve vakuu	neomezeno
8.	Profilace	3 000 ks/h
9.	Skládání – katoda, anoda, separátor	3 600 ks/h
10.	Balení – svaření kontaktů anody, katody , vložení do folie, zalisování	3 600 ks/h
11.	Plnění elektrolytu	510 ks/h
12.	Rolovací lisování	1 800 ks/h
13.	Nabíjení/vybíjení, odplynění, začištění	neomezeno
15.	Zrání – vysokoteplotní, pokojová teplota	neomezeno
16.	Testování	neomezeno
17.	Naskladnění, distribuce	neomezeno

Zdroj: vlastní zpracování

Po prostudování technologie je v procesu poměrně problematické na jedné lince zvyšování výkonů průtoků svitků více, nežli posilování mechanizace a robotizace v dalších částech výrobního procesu. Dá se tedy říct, že určujícím výkonem linky by mělo být vstupních 9 000 ks článků/h a podle toho linka bude dále navrhována. Tomuto výkonu by měla být přizpůsobena ostatní pracoviště, která výkon nesplňují.

Výroba tedy probíhá tak, že na linku je nasazen svitek pro katodu, nebo anodu, na které je nanášena vrstva. Požadavky pro výrobu jsou velmi přísné z pohledu čistoty a mikroklimatu z důvodu možných reakcí výrobku v prostředí a to zvláště při výrobě katody. Prostor pro katodu je zpravidla vytvářen jako karanténní, dvoukomorový s přetlakem, speciálními antistatickými povrchy. Zaměstnanci pak musí nosit adekvátní ochranné pracovní pomůcky a obleky. Prostory musí splňovat parametry standardů min. ISO 7, nebo ISO 8. Celý prostor výroby musí mít antistatickou podlahu. Zvláště reaktivní jsou složky na vlhko, proto je celý prostor průmyslově odvlhčován.

Katoda a anoda se tedy zpravidla vyrábí na oddělených linkách každá zvlášť. Poté se svitky elektrod suší ve vakuu průměrně 20 h a poté nastává proces skládání článku z anody, katody a separátoru. Poslední důležitou, a dá se říct asi nejsložitější a také nejpomalejší proces výroby článku je plnění článku elektrolytem. Poté následují dokončovací procesy včetně velmi zdlouhavého zrání, které může trvat až 3 týdny.

Vzhledem ke znalosti procesu výroby, práce s rozmístěním zařízení a posloupnosti činností tak můžeme navrhnout postup materiálních toků výrobou. Jako vhodný postup sestavení výroby se jeví výrobní linka tvaru U.

Tento tvar by měl zaručit kontinuitu a návaznost materiálových toků, zároveň uspořít prostor z důvodu lehčí a kratší manipulace a to zároveň se zaručením maximálních výkonů linky. Důležitým navrženým prvkem ve výrobě je navržený mezisklad pro vakuové sušení svitků elektrod, který je umístěn před skládáním článku dle technologického postupu.

Tento mezisklad má zaručit plynulou výrobu tak, že dle procedury sušení, které trvá 20h, bude trvale držena a doplňována zásoba ve výši, která odpovídá celkově době všech předcházejících výrobních fázích + celkovému časovému limitu operace. Při odebrání zásoby tak je plynule doplňována zásoba ideálně na základě objednávky, tedy tahem. Dle tohoto modelu by pak měla být linka projektována.

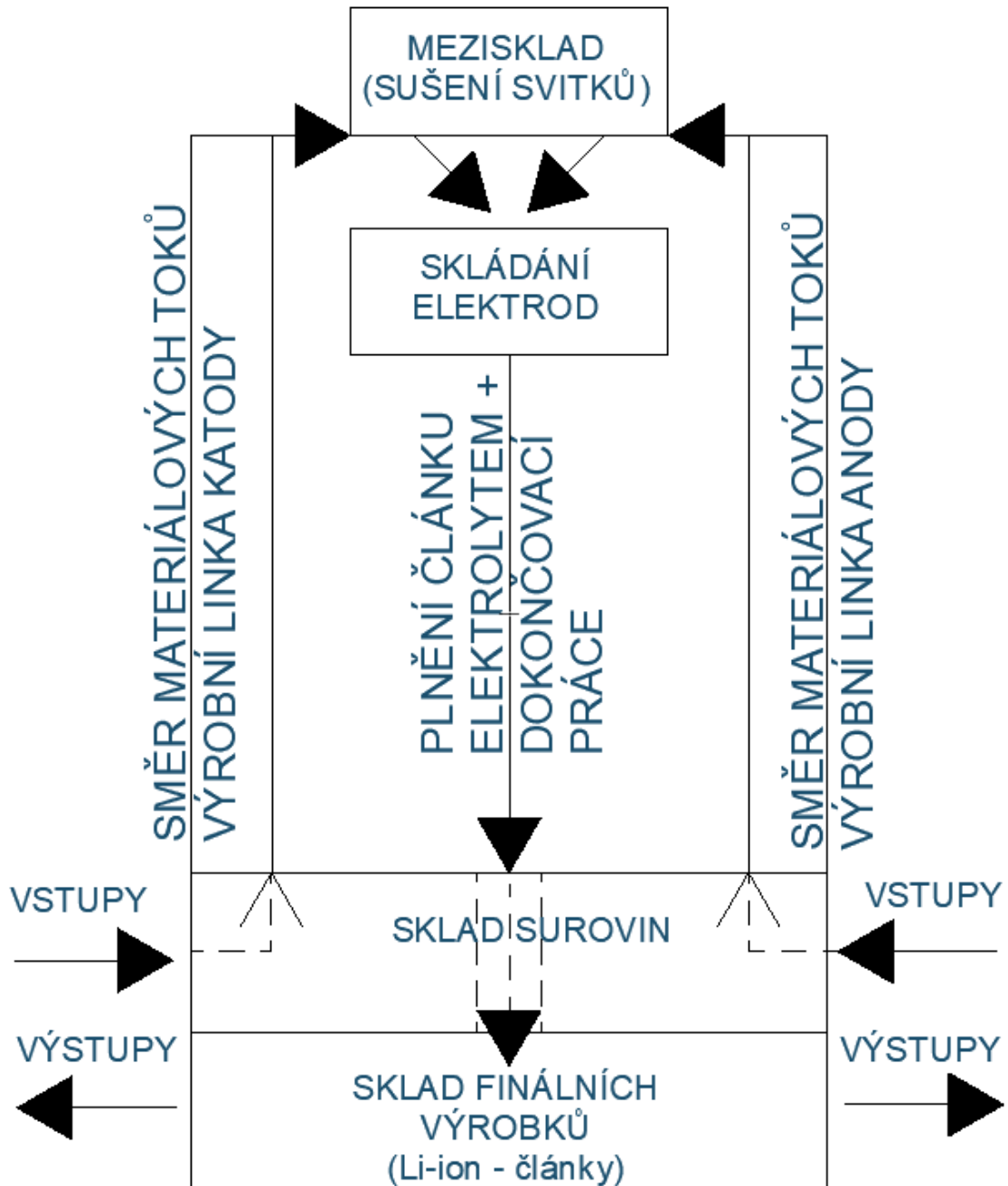
Výpočet:

Časový fond operací $1. - 7. = 0,5 + 2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 20 = \underline{\underline{26,5 \text{ h}}}$

Celková minimální zásoba meziskladu = $26,5 \times \text{výkon linky/h} = 26,5 \times 9\,000 \text{ ks/h} = \underline{\underline{238\,500 \text{ článků.}}}$

Mezisklad by tak měl pojmout svitky pro výrobu 238 500 článků => z jednoho svitku lze po přepočtu vyrobit 1 500 článků => $238\,500 : 1\,500 = \underline{159}$

Mezisklad by tedy měl udržovat zásobu 318 ks svitků, z toho 159 Al a 159 Cu.



Obr. 2.2.2 – Návrh uspořádání výroby ve výrobním programu

Zdroj: vlastní zpracování

2.2.3 Návrh systému řízení výroby

Díky jasné struktuře výrobního programu můžeme přistoupit k návrhu řízení výroby. Z hlediska organizace výroby byly návrhem také splněny požadavky na jednosměrnost a plynulost hlavní výroby.

S ohledem na množství vyrobených kusů výrobku a návrhu řízení se jeví jako ideální typ výroby z pohledu počtu výrobků sériová výroba. Typ organizace výroby by pak měl mít podobu neperiodické skupinové výroby a to pro svou variabilitu při změnách výrobních fází a procesů, což koresponduje s možností kvalitního operativního řízení výroby.

Z pohledu zásobování je pak nutné stanovit ideální výši zásob pro výrobu tak, aby byla zásoba co nejmenší, ale zároveň aby byl minimálně ohrožen provoz výroby. Uvažujme, že výroba bude pracovat ve třisměnném provozu v režimu 24/7. Výkon výrobní linky je stanoven na 9 000 článků/h => $9\,000 \times 24 = \underline{\underline{216\,000 \text{ článků denně}}}$.

Finální podoba článku NMC má hmotnost v daném rozměru 190 mm x 245 mm x 11 mm mezi 900 g – 920 g => na výrobu je tak denní spotřeba se započítáním 10 % materiálové rezervy z důvodu prořezů na $237\,000 \times 900 \text{ až } 920$ => denní spotřeba materiálu bude mít hmotnost minimálně 213 t. Takto velké množství materiálu jako zásoby je pak z ekonomického hlediska velmi nevhodné a tak se nabízí jako řídicí systém pro zásobování zavedení již zmíněného tažného systému JIT (Just in Time).

I tak je ale nutné stanovit minimální výši zásoby, která by měla charakterizovat minimálně několik prvních operací v procesu. Ideálně tedy první dvě.

Výpočet:

Časový fond operací 1. – 2. = $0,5 + 2 = \underline{\underline{2,5 \text{ h}}}$

Celková zásoba výroby = $2,5 \times \text{výkon linky/h} = 2,5 \times 9000 \text{ ks/h} = \underline{\underline{22\,500 \text{ článků}}}$ => $22\,500 \times 900 \text{ g} = \underline{\underline{\text{zásoba výroby tedy měla být } 20 \text{ t dle materiálového rozdělní článku:}}}$

Tab. 2.2.4 – Vyjádření stálých zásob výroby v tunách

Složení článku	množství v tunách
Měď - folie	3,4
Hliník - folie	1,4
Anoda - Grafit	3
Elektrolyt - LiPF6	2
Separátor - polymerová folie	0,6
Obal/kolektor /ostatní	3,2
Kontakty	0,4
Katoda - Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík, Uhlík, Lithium	6

Zdroj: vlastní zpracování

Pojistná zásoba by pak mohla být násobkem stále zásoby. Celková zásoba hlavní výroby na vstupu dohromady s pojistnou zásobou by vypadala takto:

Tab. 2.2.5 – Vyjádření celkových zásob výroby, včetně pojistné zásoby v tunách

Složení článku	množství v tunách
Měď - folie	6,8
Hliník - folie	2,8
Anoda - Grafit	6
Elektrolyt - LiPF6	4
Separátor - polymerová folie	1,2
Obal/kolektor /ostatní	6,4
Kontakty	0,8
Katoda - Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík, Uhlík, Lithium	12

Zdroj: vlastní zpracování

Celková zásoba hlavní výroby, včetně pojistné zásoby je celkem 40t materiálu dle rozdělení výše. Tato zásoba pokryje potřeby výroby v případě výpadku plánované dodávky zaokrouhleně na 5h.

Výše zásob tak bude kontinuálně udržována. systém řízení hlavní výroby se bude řídit požadavkem **meziskladu** na základě objednávky dle systému tahu (např. Kanban), a i zde bude udržována stálá zásoba a to minimálně 318 svitků. Od meziskladu bude pak nastaven systém tlaku. Systém zásobování hlavní výroby na vstupu je pak nastaven dle metody JIT (Just in Time).

Hlavní náplní řízení výroby je plnit stanovené cíle podniku. Na základě veřejně dostupných zdrojů by pak cílem výrobního podniku měla být roční výroba článků o celkové kapacitě **40 GWh**.

Aktuální výkon výrobní linky je nastaven na 9 000 ks článků/h. 1 článek má projektovanou kapacitu 48 Ah, což je po přepočtu asi 180 Wh/kg. Když víme, že jeden článek má hmotnost 900 g, pak celková kapacita jednoho článku je přibližně 162 Wh.

Výpočet:

Počet vyrobených článků denně => $9\,000 \times 24 = \underline{\underline{216\,000 \text{ ks článků/den}}}$

Počet vyrobených článků ročně => $216\,000 \times 365 = \underline{\underline{78\,840\,000 \text{ článků rok}}}$

Kapacita článků vyrobených za rok => $78\,840\,000 \times 162 = \underline{\underline{12\,772\,080\,000 \text{ Wh}}}$

$12\,772\,080\,000 \text{ Wh} \Rightarrow \underline{\underline{12,77 \text{ GWh}}}$

Celkový výkon aktuálně navržené linky neplní cíle podniku. Aby byly naplněny cíle podniku, pak by musely být v provozu odhadem minimálně 4 linky o stejné výrobní kapacitě.

3 Kapacita výroby a zhodnocení vlivů na výrobu

Na kapacitu výroby má vliv velmi mnoho faktorů. Vše začíná u plánování výrobního procesu. Ten by měl zahrnovat již alespoň obecný plán materiálových toků ve výrobě, a měl by též být znám výrobní program a výkon výrobní linky. Pokud je návrh hotový, je nezbytné zpracovat plán zásobování a skladování. Posledním stádiem výroby je skladování hotových výrobků, a poté jejich balení a distribuce. Celková kapacita pak závisí na výstupech všech těchto okruhů.

Jiný případ nastává, když máme zadaný výkon výrobní linky před návrhem výroby a navrhujeme na něj ostatní zařízení tak, aby byly splněny cíle podniku. Žádaný výkon výroby máme v tomto případě výrobu článků o celkové kapacitě 40 GWh energie za rok.

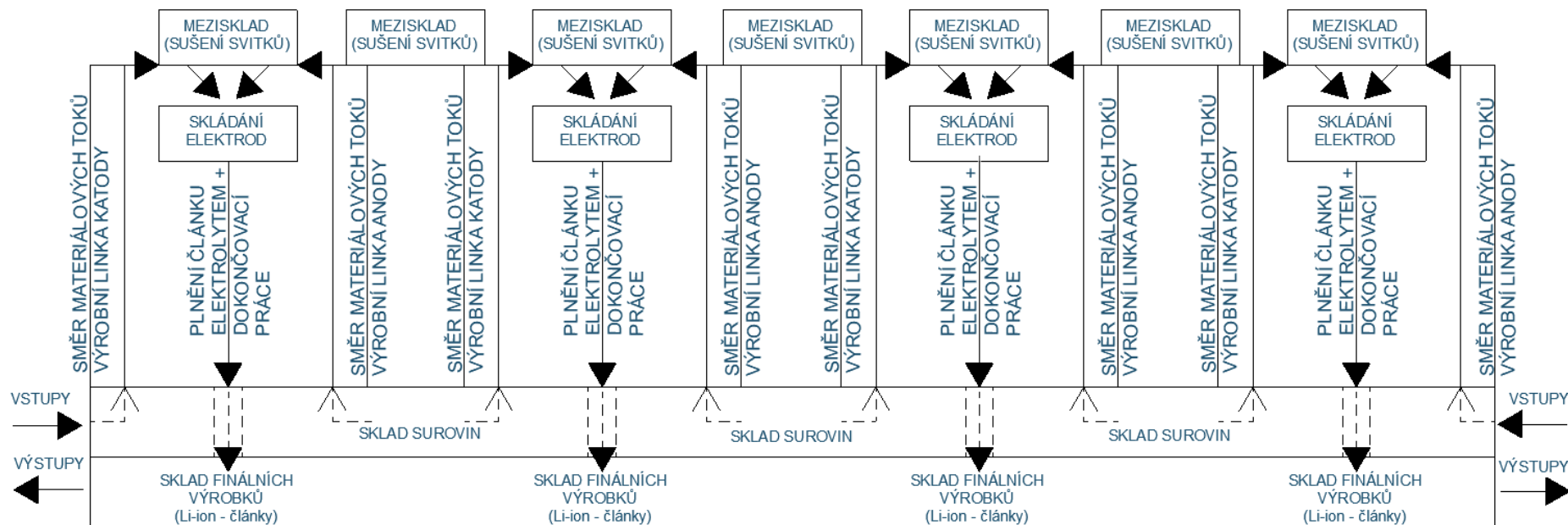
40 GWh => 40 000 000 000 Wh => po přepočtu na počet článků NMC o kapacitě 162 Wh na jeden článek dostáváme číslo přibližně 246 900 000 vyrobených článku/rok.

Požadavek na počet vyrobených článků za jeden den je tak asi 677 000 ks/den a tedy asi 28 200 ks/h.

Navržená linka má nyní maximální objem výrobní kapacity stanoven přibližně na možnou výrobu článků o celkové kapacitě 12,8 GWh energie za rok, což vychází přibližně na výrobu 79 000 000 článků. Vzhledem ke stanovení cílů podniku by pak musela mít minimálně trojnásobný výkon bez rezervy. Určitě by se našla řada zefektivnění procesu, ale s ohledem na technologické možnosti a postupy není pravděpodobné, ne-li nemožné, aby došlo k nárůstu výroby na jedné lince o více než 300%.

Je tedy nutné se zamyslet nad doplněním dalších linek do výroby, tak aby byly splněny cíle podniku. Doplnění linek do výrobního procesu má pak řadu kladných, ale i negativních vlivů. V první řadě se jedná o navýšení investičních nákladů, které na druhou stranu mohou ovlivnit náklady na pořízení jedné linky, která tak může být ve finále levnější.

Schéma výrobních linek by pak mohlo vypadat asi takto:



Obr. 3 – Schéma rozestavení výrobních linek

Zdroj: vlastní zpracování

Takovéto rozestavení výrobních linek by mohlo být využito i k různým kombinacím výroby a to nejen z pohledu výroby různých druhů akumulátorových článků, ale jak patrné ze schématu, bylo by teoreticky všechny linky možné propojit mezi sebou a tento stav využít především k nutným odstávkám jedné z linek. Výroba by se tak nemusela zastavovat a byla by zaručena vysoká plynulost a také efektivitu. Byly by také doplněny mezisklady mezi linkami, které by celý proces propojení zaštiťovaly.

Při zachování parametrů původní jedné výrobní linky je výrobní výkon nastaven na 9 000 ks článků/h. 1 článek má projektovanou kapacitu 48 Ah, což je po přepočtu asi 180 Wh/kg. Když víme, že jeden článek má hmotnost 900 g, pak celková kapacita jednoho článku je přibližně 162 Wh.

Výpočet:

Počet vyrobených článků denně na 4 linkách => $9\,000 \times 24 \times 4 = \underline{\underline{864\,000 \text{ ks článků/den}}}$

Počet vyrobených článků ročně => $864\,000 \times 365 = \underline{\underline{315\,360\,000 \text{ článků rok}}}$

Kapacita článků vyrobených za rok => $78\,840\,000 \times 162 = \underline{\underline{51\,088\,320\,000 \text{ Wh}}}$

$51\,088\,320\,000 \text{ Wh} \Rightarrow \underline{\underline{51,09 \text{ GWh/rok}}}$

Teoretický závěr tedy je, že maximální výkon 4 výrobních linek splní cíle podniku s rezervou 20 %, která by byla využita především na servis a údržbu jednotlivých linek, nebo případně na neočekávanou poptávku trhu.

3.1 Stanovení výrobní dávky

Po takto zásadní úpravě je třeba stanovit optimální výrobní dávku, která je zcela zásadní pro potřeby zásobování a skladování a výkony výroby. Jako optimální ukazatel stanovení výrobní dávky se jeví jeden výrobní svitek měděné, nebo hliníkové folie, který probíhá přibližně polovinou výroby a z hlediska manipulace je ideální přepravní jednotkou. Při kladení do výroby jsou tak oba svitky na linku kladeny souběžně a spolu se setkávají v meziskladu před profilací a skladbou článku.

Po přepočtu lze průměrně z jednoho svitku s návinem 500 m vyrobit zhruba 1 500 článků na jedné lince. Při průměrném výkonu linky 9 000 článků/h je pak dáno, že jeden svitek je kladen 1 x za 10 minut a pro výkon 9 000 článků je potřeba přesně 6 svitků, respektive 12 svitků folie pro jednu linku (zvláště pro katodu a pro anodu).

Jeden cyklus po 10ti minutách by pak vyrobil na čtyřech linkách 6 000 článků. Tím je tedy stanovena výrobní dávka. Jedna výrobní dávka podle tohoto rozdělení musí obsahovat materiál na 6 000 článků, což je celkem 5 400 kg materiálu.

Tab. 3.1 – Výrobní dávka dle materiálu v kilogramech

Složení článku	množství v kilogramech
Měď - folie	918
Hliník - folie	378
Anoda - Grafit	810
Elektrolyt - LiPF6	540
Separátor - polymerová folie	162
Obal/kolektor /ostatní	864
Kontakty	108
Katoda - Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík, Uhlík, Lithium	1 620

Zdroj: vlastní zpracování

3.2 Zásobování

Díky stanovení výrobní dávky lze přistoupit k otázce zásobování, jehož vnější část je dle původního návrhu stanoveno na systém JIT (Just in Time) a vnitřní, tedy chod výroby, je nastaveno pro systém Kanban a to na základě požadavku meziskladu. Výroba za meziskladem je řešena metodou tlaku. Původní zásoba výroby byla stanovena na celkem 5h výroby včetně pojistné zásoby. Po přepočtu pak velikost zásoby do výroby vypadá takto.

Výpočet:

Časový fond operací 1. – 2. = 0,5 + 2 = **2,5 h**

Celková zásoba výroby = 2,5 x výkon linky/h = 2,5 x 36 000 ks/h = **90 000 článků => 90 000 x 900 g = zásoba výroby tedy měla být 81t dle materiálového rozdělní článku:**

Tab. 3.2 – Vyjádření stálých zásob výroby v tunách

Složení článku	množství v tunách
Měď - folie	14
Hliník - folie	5,5
Anoda - Grafit	12
Elektrolyt - LiPF6	8
Separátor - polymerová folie	2,5
Obal/kolektor /ostatní	13
Kontakty	1,6
Katoda - Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík, Uhlík, Lithium	24

Zdroj: vlastní zpracování

Pojistná zásoba by pak mohla být násobkem stále zásoby. Celková zásoba hlavní výroby na vstupu dohromady s pojistnou zásobou by vypadala takto:

Tab. 3.3 – Vyjádření celkových zásob výroby, včetně pojistné zásoby v tunách

Složení článku	množství v tunách
Měď - folie	28
Hliník - folie	11
Anoda - Grafit	24
Elektrolyt - LiPF6	16
Separátor - polymerová folie	5
Obal/kolektor /ostatní	26
Kontakty	3,2
Katoda - Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík, Uhlík, Lithium	48

Zdroj: vlastní zpracování

Celková zásoba hlavní výroby, včetně pojistné zásoby je celkem 160 t materiálu dle rozdělení výše. Tato zásoba pokryje potřeby výroby v případě výpadku plánované dodávky zaokrouhleně na 5 h.

S ohledem na rozsah práce jsou tyto údaje spíše obecné a jsou stanoveny hrubým odhadem. Detailní návrh zásobování včetně manipulačních prostředků a optimálním systémem zásobování se všemi požadavky pro výrobu by mohl být námětem samostatné práce.

3.3 Identifikace úzkých míst ve výrobě

Specifikace a nalezení úzkých míst ve výrobním procesu článku NMC je celá řada a není dle výrobního procesu až tak těžké je nalézt. Problém spočívá ve výrobní proceduře, která až tak snadno změnit nejde, a tak eliminace úzkých míst spočívá především v navýšení zařízení a skladů. Celá výrobní linka je přizpůsobena tempu operací č. 3 a č.4. Ty operace, které jsou pomalejší, nebo přímo z důvodu pracovní procedury zastavují výrobu jsou pak úzkým místem.

Tab. 3.4 - Vyznačení potenciálních úzkých míst ve výrobním procesu článku NMC

č.	Typ operace	Průměrné časy, a rychlosti ve výrobě
1.	Distribuce materiálu do výroby ze skladu	0,5 h
2.	Míchání elektrolytu, materiálů katody a anody	2 h
3.	Příprava elektrod - vrstvení na folie – katoda, anoda	50 m/min
4.	Sušení – katoda, anoda	50 m/min
5.	Kalandrování – katoda, anoda	80 m/min
6.	Řezání – katoda, anoda	120 m/min
7.	Sušení ve vakuu	20 h
8.	Profilace	300 profilů/min
9.	Skládání – katoda, anoda, separátor	60 článků/ min
10.	Balení – svaření kontaktů anody, katody , vložení do folie, zalisování	60 článků /min
11.	Plnění elektrolytu	8,5 článků/ min
12.	Rolovací lisování	30 článků/ min
13.	Nabíjení/vybíjení, odplynění, začištění	X článků /20h
15.	Zrání – vysokoteplotní proces + pokojová teplota	X článků /336h
16.	Testování	neomezeno
17.	Naskladnění, distribuce	neomezeno

Zdroj: vlastní zpracování

Úzké místo ve výrobě při operaci č. 7 již bylo eliminováno a to vybudováním meziskladu pro svitky elektrod. Mezisklad pak řídí potřeby výroby tak, že směrem vzad platí systém tahu Kanban a směrem vpřed systém tlaku.

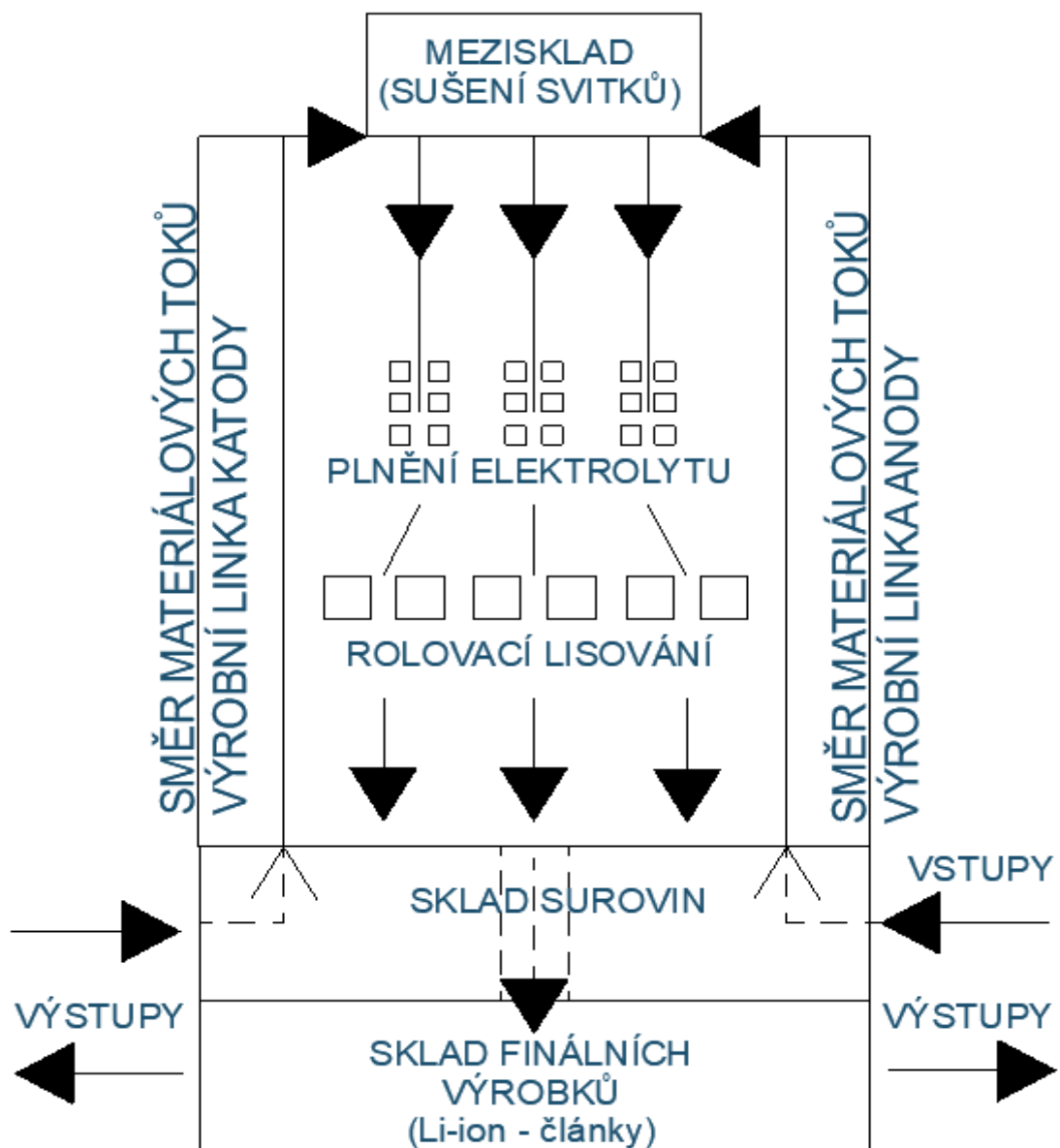
Operace č. 8 – 12 nelze nijak zásadně změnit, nebo urychlit a vytváření dalších meziskladů není z pohledu kapitálových a provozních nákladů žádoucí. Zbývá tedy nalézt správný poměr mezi potřebou a stávajícím stavem, podle kterého bude navýšena kapacita výrobních zařízení a pracovišť dle operací.

Tab. č. 3.5 – Stanovení navýšení kapacity výrobních zařízení podle poměru

Číslo operace	Stávající stav	Žádaný stav	Poměr
8.	18 000 profilů/h	54 000 profilů/h	1/3
9.	3 600 článků/h	9 000 článků/h	1/2,5
10.	3 600 článků/h	9 000 článků/h	1/2,5
11.	510 článků/h	9 000 článků/h	1/18
12.	1 800 článků/h	9 000 článků/h	1/5

Zdroj: vlastní zpracování

Podle těchto poměrů by pak poslední fáze výroby mohla vypadat asi takto:



Obr. 3.3 – Finální podoba výrobní linky

Zdroj: vlastní zpracování

Z meziskladu jsou tedy místo jedné vedeny 3 pásové linky k 18 stanovištím plnění elektrolytu, které pokračuje přes 6 stanovišť rolovacích lisů. Tímto způsobem jsou obecně částečně eliminována úzká místa ve výrobě.

3.4 Skladování

Posledním důležitým článkem procesu je skladování a s ním související asi nejnáročnější fáze výroby článků, čímž je kontrola kapacity nabití a vybití, odplynění a hlavně proces

zrání. Tato část je z pohledu výroby nejkomplicovanější proto, že dohromady trvá minimálně 356 h, tedy déle než 14 dní.

Z toho důvodu je pro plynulost výrobního procesu a distribuci hotových výrobků nezbytné držet skladovou zásobu podobně jako v meziskladu na celou dobu procesu. Minimální kapacita skladu je tedy 356 h výrobního cyklu + celková zásoba meziskladu, který může do výroby uvolnit až 26 h výrobního cyklu.

Výpočet:

Časový fond operací skladu = $(356 + 26) \times 4 = \underline{\underline{1\ 528\ h}}$

Celková kapacita hlavního skladu je navržena na = $1528\text{h} \times 9000\ \text{článků/h} = \mathbf{13\ 752\ 000}$ článků => $13\ 752\ 000 \times 900\ \text{g} = \underline{\underline{\text{kapacita skladu finálních výrobků by měla být na odhadem } 13\ 750\ 000\ \text{článků o celkové hmotnosti přibližně } 12\ 400\ \text{t. Plánovaný denní odbyt by pak měl být } 864\ 000\ \text{článků o celkové hmotnosti přibližně } 780\ \text{tun. Stejně jako plánovaný denní přísun.}}$

Poslední důležitá část se tedy týká objemu a dalších požadavků na sklad, který se na začátku odhadne pomocí manipulační jednotky ideálně druhého řádu, jíž bude kovový stojan, nebo paleta v rozměrech přibližně 1200 mm x 1200 mm na který se vejde ideálně 540 ks hotových článků. Články v době zrání nemohou být štosovány za sebe a je nutné, aby mezi každým článkem byla pracovní spára, ideálně v celé tloušťce článku z důvodu možného uvolňování tepla. Proces zrání probíhá při teplotách mezi 30°C – 50°C při měření prvních 20 h a poté se umístí do prostoru s pokojovou teplotou, kde všechny baterie, ostatně tak jako celou výrobu, hlídají termokamery.

Manipulační jednotka tak musí splňovat parametry ideálně štosování na sebe tak, aby bylo efektivně využito místo a zároveň byly články provětrávány. Podle toho také bude nutné naprojektovat i zatížení podlah skladu. V ideálním případě by se na sebe mělo dát postavit až 20 těchto manipulačních jednotek, anebo by byl navržen vhodný regálový systém. Zatížení na podlahu pak může být klidně 10 000 kg/m². Objem skladu hotových výrobků by mohl být odhadem něco okolo 60 000 m³ – 80 000 m³ s plochou 10 000 m².

S ohledem na trvanlivost akumulčních článků je pro všechny sklady i mezisklady zavedeno pravidlo FIFO (first in first out), které zaručuje vyskladnění vždy nejstaršího zboží, nebo materiálu, a to z důvodu, že akumulátorové články se udržují nabitě ve skladu na 20 % kapacity. Tento stav vydrží bez zásadní údržby asi 6 měsíců, potom článek může

klesnout pod hodnotu nabití 20 % a v případě, že se nenabije, může omezit, nebo ztratit schopnost akumulovat energii.

Dále je nezbytné články udržovat ideálně v pokojové teplotě a suchém bezprašném prostředí.

S ohledem na rozsah práce jsou tyto údaje obecné a jsou stanoveny hrubým odhadem. Detailní návrh skladu s manipulačními prostředky a optimálním systémem skladování se všemi požadavky by mohl být námětem další samostatné práce.

3.5 Identifikace provozních nákladů

Jedním z hlavních cílů podniku je minimalizace všech druhů nákladů. Existují různé způsoby, jakými veškeré náklady kontrolovat a to v závislosti na různých ukazatelích. Aby mohli být náklady kontrolovány, musí být ale v první řadě dobře identifikovány.

Náklady lze obecně členit z mnoha pohledů a to z pohledu druhů jako náklady provozní, finanční, mimořádné. Z pohledu objemu výroby na variabilní a fixní náklady. Z pohledu fází hospodářských prostředků na investiční náklady, výrobní náklady a realizační náklady. Z pohledu vnitropodnikových celků na náklady podle místa vzniku a podle odpovědnosti za jejich vznik. Účetně pak můžeme ještě členit náklady z pohledu účelnosti na kalkulační a nekalkulační. V závislosti na změně pak ještě na náklady rozdílové, relevantní, nerelevantní a přírůstkové.

Pro potřeby této práce bude stanoven obecný odhad pouze provozních nákladů jakožto hlavní složky celkových nákladů podniku. Provozní náklady budou posuzovány podle tří částí a to nákladů na materiál, energie, mzdy.

- **Náklady na materiál (výrobek)**

Díky definování výrobních výkonů můžeme stanovit celkový materiálový fond výrobku a poté podle poměrného zastoupení materiálů ve výrobku také odhad nákladů na materiál. Navrhovaná výroba má mít aktuálně maximální projektovaný výkon **51,09 GWh/ rok** což je přibližně **315 360 000 článků rok.**

Materiální zastoupení je poté procentuálně charakterizováno takto:

Tab. 3.6 – Rozdělení materiálu v %

Materiálové složení článku v %	%
Měď - folie	17 %
Hliník - folie	7 %
Anoda - Grafit	15 %
Elektrolyt - LiPF6	10 %
Separátor - polymerová folie	3 %
Obal/kolektor /ostatní	16 %
Kontakty	2 %
Katoda - Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík, Uhlík, Lithium	30 %
Celkem	100 %

Zdroj: vlastní zpracování

Toto zastoupení tedy poté přepočítáme na celkovou hmotnost, tedy v našem případě na tuny.

Tab. 3.7 – Rozdělení celkového množství materiálu v tunách

Materiálové složení všech článků v t	t
Měď - folie	48 250
Hliník - folie	19 868
Anoda - Grafit	42 574
Elektrolyt - LiPF6	28 382
Separátor - polymerová folie	8 515
Obal/kolektor /ostatní	45 412
Kontakty	5 676
Katoda - Nikl, Mangan, Kobalt, Kyslík, Uhlík, Lithium	85 147
Celkem	283 824

Zdroj: vlastní zpracování

Odhad celkových nákladů na materiál pak může vypadat přibližně takto:

Tab. 3.8 – Celkové roční náklady na materiál

Materiál	cena v Kč za t	celkem t	celkem Kč
Měď - folie	77 200	48 250	3 724 906 176
Hliník - folie	105 000	19 868	2 086 106 400
Anoda - Grafit	154 500	42 574	6 577 621 200
Elektrolyt - LiPF6	305 000	28 382	8 656 632 000
Separátor - polymerová folie	930 000	8 515	7 918 689 600
Obal/kolektor /ostatní	205 000	45 412	9 309 427 200
Kontakty	91 000	5 676	516 559 680
Katoda - Ni, Mn, Co, O ₂ , C, Li	284 000	85 147	24 181 804 800

Celkem		283 824	62 971 747 056
---------------	--	----------------	-----------------------

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky vyplývá, že celkové náklady na materiál jsou za rok bez mála 63 miliard Kč. Jedna Wh pak pouze na materiálu po přepočtu stojí 1,23 Kč bez zahrnutí ostatních nákladů, tedy na přepravu, výrobních nákladů a marže. Tržní ceny za jednu Wh mezi 2,2 – 6,5 Kč ale potvrzují poměrně přesnou správnost odhadu.

- **Náklady na energii**

S ohledem na charakter výroby, která bude z velké části automatizovaná, je hlavní energetickou složkou elektrická energie. Podle výrobních procesů je pak poměrně rozdělení asi takovéto:

Tab. 3.9 – Poměr nároků na el. energii při výrobních operacích v %

Typ operace	kWh v %
Míchání elektrolytu, materiálů katody a anody	0,80 %
Sušení ve vakuu	47 %
Sušení – katoda, anoda	
Kalandrování – katoda, anoda	2,90 %
Řezání – katoda, anoda	5,35 %
Vrstvení na folie – katoda, anoda	1,40 %
Profilace	5,80 %
Skládání – katoda, anoda, separátor	
Balení – svaření kontaktů anody, katody, vložení do folie, zalisování	1,88 %
Plnění elektrolytu	5,20 %
Rolovací lisování	
Nabíjení/vybíjení, odplynění, začištění	30 %
Zrání – vysokoteplotní, pokojová teplota	
Testování	
Celkem	100 %

Zdroj: vlastní zpracování

Ze znalostí technologického postupu víme, že přibližně 50 kWh elektrické energie je potřeba na 1 kWh kapacity článků. **Z toho vychází, že kapacita 51,09 GWh spotřebuje na výrobu asi 2 554 GWh elektrické energie za rok, a tedy při průměrné ceně za 1 kWh s aktuální cenou okolo 3,5 Kč tak přijde výroba ročně asi na 8 940 456 000 Kč bez započítání zpětných toků, rekuperace a akumulace.**

Díky tomu lze odvodit maximální celkové náklady na elektrickou energii výroby takto:

Tab. 3.10 – Poměrné náklady při jednotlivých výrobních fázích

Typ operace	Celkem za el. energie v Kč
Míchání elektrolytu, materiálů katody a anody	71 523 648 Kč
Sušení ve vakuu	4 202 014 320 Kč
Sušení – katoda, anoda	
Kalandrování – katoda, anoda	259 273 224 Kč
Řezání – katoda, anoda	478 314 396 Kč
Vrstvení na folie – katoda, anoda	125 166 384 Kč
Profilace	518 546 448 Kč
Skládání – katoda, anoda, separátor	
Balení – svaření kontaktů anody, katody , vložení do folie, zalisování	168 080 573 Kč
Plnění elektrolytu	464 903 712 Kč
Rolovací lisování	
Nabíjení/vybíjení, odplynění, začištění	2 682 136 800 Kč
Zrání – vysokoteplotní, pokojová teplota	
Testování	
Celkem	8 940 456 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

- **Náklady na mzdy**

Na jednu kompletní výrobní linku je zapotřebí asi 90 lidí, včetně operátorů skladů. S ohledem na to, že je navržený třísměnný provoz 24/7 je tedy pro jednu linku celkem zapotřebí při režimu krátký/dlouhý týden odhadem 540 lidí/měsíc.

Pro 4 kompletní linky je tak odhadem zapotřebí asi 2 160 lidí/měsíc. Pokud zahrneme i nevýrobní personál asi 10 % a 3 % managementu, pak dostáváme asi 2 440 zaměstnanců.

S ohledem na potřebu vysoké kvalifikace pro výrobní proces, také vysokou specializaci a odpovědnost bude průměrná mzda odhadem mezi 45 000 – 80 000 Kč hrubého měsíčně. Medián je poté 62 500 Kč/měsíc, což by v celkových nákladech na jednu osobu pro podnik mohlo být asi 95 000/měsíc, který použijeme a v poměru s celkovým počtem zaměstnanců 2 440 lidí dostáváme číslo 231 800 000 Kč/měsíc. **Celkové náklady na mzdy by pak mohly být okolo 2 781 600 000 Kč/ rok bez bonusů.**

Celkové provozní náklady jsou tedy součtem nákladů na materiál ve výši asi 63 miliard Kč, náklady na el. energii jsou odhadnuty na bez mála 9 miliard Kč a náklady na mzdy ve výši 2,8 miliardy Kč.

Součet třech hlavních složek provozních nákladů pak může být ve výši okolo 75 miliard Kč za rok. Celkové náklady mohou být se zahrnutím všech složek, služeb a energií přes 90 miliard Kč za rok. Jedna Wh po přepočtu stojí 1,76 Kč bez zahrnutí na dopravu k finálnímu zákazníkovi a marže.



Graf 3.5 – Poměr nákladů na materiál, energii a mzdy v %

Zdroj: vlastní zpracování

4 Přínosy versus dopady na společnost

Co se týče celkového zhodnocení samotného nápadu na výstavbu průmyslového podniku na zpracování článků, případně akumulátorů na území ČR, tak je velmi důležité si uvědomit, co by takový podnik měl splňovat, jaká strategie by měla být zvolena při jeho návrhu. Jako nejzajímavější se jeví varianta vybudování multimodálního typu výrobního podniku spočívající ve variabilitě výroby finálních výrobků.

Takový podnik by pak nebyl odkázán pouze na jeden průmyslový obor, ale mohl by mít řadu odběratelů v různých oborech na poli elektrotechniky, obnovitelných zdrojů a automobilového průmyslu. To by také zaručilo určitou záštitu v ceně výrobků, které by poté mohli být regulovány dle potřeb trhu. Také by to lépe zajistilo odběr produktů, což je důležité hlavně kvůli poměrně velké výrobní zásobě z důvodu dlouhého výrobního procesu.

V této práci je posuzována vhodnost možného umístění výroby v areálu bývalé uhelné elektrárny Prunéřov I. Toto místo je již identifikováno, je popsána místní infrastruktura zejména silniční a železniční dopravy. Pro posouzení je ale nezbytné posoudit také celý region, ve kterém se místo nachází.

4.1 Identifikace regionu

Prunéřov se nachází v okrese Chomutov, který je součástí v Ústeckého kraje. Ústecký kraj je z pohledu rozlohy s přibližně 5 339 km² sedmý největší kraj v České republice a jedná se asi o 7 % její celkové plochy. Z pohledu počtu obyvatel je s přibližně 817 000 lidmi pak na pátém místě v rámci země.

Nejdelší hranici sdílí se sousední zemí Německem na severozápadě. Dále pak v rámci země sousedí se Středočeským, Karlovarským, Plzeňským a Libereckým krajem. Co se týče geografického zasazení, tak je Ústecký kraj velmi členitou krajinou s mnoha přírodními útvary. Mezi ně patří Národní park České Švýcarsko, nebo oblast Krušných a Lužických hor, nebo oblast Polabí.

S ohledem na ukazatele vzdělání je Ústecký kraj druhý nejhorší s pouhými asi 11 % vysokoškolsky vzdělaných lidí hned za Karlovarským krajem. Je také druhým nejhorším

krajem s průměrným HDP na jednu osobu. Krajským městem je Ústí nad Labem, které je také největším městem kraje podle obyvatel.

Co se týče infrastruktury, pak je převážná část tvořena silniční dopravou doprovázená železniční dopravou. Velkým a již zmíněným prostředkem by mohla být vnitrozemská vodní doprava po Labi, avšak z důvodu absence vodního stupně u Děčína je Labe v průběhu roku v této oblasti velmi špatně splavné, ne-li nesplavné. Silniční síť je naproti tomu značně přetížená, a to z důvodu nejen osobní, ale také nákladní dopravě.

Ústecký kraj se historicky vyznačuje vysokou mírou

Aktuálně je v Ústeckém kraji bezmála 30 000 nezaměstnaných lidí v produktivním věku, tedy asi 5,3 %, což je společně s Moravskoslezským krajem nejvyšší podíl nezaměstnanosti v zemi. V rámci kraje na tom jsou pak nejhůře oblasti Chomutovska a Mostecka. Celorepublikový průměr se aktuálně pohybuje okolo 3,6 % nezaměstnanosti.

Popis průmyslu v regionu

Historie průmyslu v Ústeckém kraji sahá až do období prvních manufaktur na území země v sedmnáctém a osmnáctém století. Jednalo se v průběhu let zpravidla o zpracování skla, dále pak o hutní a kovo zpracující podniky, ale také o manufaktury na zpracování plátna a sukna.

V posledních padesáti letech se ale Ústecký kraj vyznačuje orientací především na těžký průmysl, související s těžbou a zpracováváním uhlí v tepelných elektrárnách jako je právě Pruněřov, nebo Tušimice a Počeradý.

Důležitou částí průmyslu je ale také chemicko-technologický průmysl aktuálně soustředěný v oblasti Litvínova a Mostu, kde leží největší rafinerie na zpracování ropy v zemi. Zpracování ropy navazuje na navazující zpracovávání dalších produktů, jako je výroby polymerů, amoniaků, kyslíku, vodíku ad. Krajské město Ústí nad Labem se zase vyznačuje zpracováváním chloru, hydroxidu sodného, barviv, ale i výrobou pracích a čistících prostředků, zubních past, kosmetiky, jedlých tuků a olejů v podnicích Setuza a Spolchemie. Velkým zpracovatelským chemicko-technologickým podnikem je také Lovochemie v Lovosicích soustředící se na výrobu hnojiv.

Dalšími dílčími odvětvími průmyslu je jednoznačně sklářství spojené s oblastí Nového boru a oblasti Šluknovska. Dále pak třeba papírenský průmysl ve Štětí, cementárna v Čížkovicích, kovo zpracující podniky v Chomutově a další.

Z pohledu hospodářství pak zaujímá také své místo zemědělství a to především v oblasti nížin Litoměřicka a Lounska.

4.2 Odhad investičních nákladů

K odhadu investičních nákladů použijeme znalost jednotlivých výrobních procesů. Důležitým faktorem je také stavební a stavebně - technologická část celé výroby, která závisí také na tom, zdali bude nějaká část původního podniku, tedy elektrárny Prunéřov I, využita. Pro účel práce je uvažováno s demolicí původního závodu a stavbu nových výrobních a skladovacích prostorů.

4.2.1 Technologie výroby

Tab. 4.2.1– Odhad nákladů na technologie výroby

Typ operace		Celkem v Kč
1.	Distribuce materiálu do výroby ze skladu	250 000 000 Kč
2.	Míchání elektrolytu, materiálů katody a anody	2 600 000 000 Kč
3.	Vrstvení na folie – katoda, anoda	2 200 000 000 Kč
4.	Sušení – katoda, anoda	3 300 000 000 Kč
5.	Kalandrování – katoda, anoda	580 000 000 Kč
6.	Řezání – katoda, anoda	450 000 000 Kč
7.	Sušení ve vakuu	750 000 000 Kč
8.	Profilace	550 000 000 Kč
9.	Skládání – katoda, anoda, separátor	2 650 000 000 Kč
10.	Balení – svaření kontaktů (anoda, katoda), ukládání, zalisování	1 650 000 000 Kč
11.	Plnění elektrolytu	850 000 000 Kč
12.	Rolovací lisování	420 000 000 Kč
13.	Nabíjení/vybíjení, odplynění, začištění	4 700 000 000 Kč
15.	Zrání – vysokoteplotní, pokojová teplota	600 000 000 Kč
16.	Testování	250 000 000 Kč
17.	Naskladnění, distribuce	850 000 000 Kč
Celkem		22 650 000 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

4.2.2 Demolice a novostavba

Tab. 4.2.2 – Odhad nákladů na demolici stávající elektrárny Prunéřov I

Demolice	Celkem v Kč
Bourání beton	453 600 000 Kč
Bourání železobetonu a nosných konstrukcí	2 362 500 000 Kč
Demolice zdiva	226 800 000 Kč

Demolice hal s podílem zdiva	189 000 000 Kč
Demontáž a likvidace technologií	1 525 000 000 Kč
Zemní práce	187 000 000 Kč
Likvidace nebezpečného materiálu + recyklace	357 500 000 Kč
Celkem	5 301 400 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.2.3 – Odhad nákladu na stavební práce a technologie nové výroby

Novostavba	Celkem v Kč
Zemní práce, základy + piloty	2 150 000 000 Kč
Haly výroby vč. tech. a meziskladů (25 000 m ² zastavěné plochy)	8 125 000 000 Kč
Sklady (30 000 m ² zastavěné plochy)	2 850 000 000 Kč
Infrastruktura	1 650 000 000 Kč
Fotovoltaická elektrárna na 3 km ²	6 800 000 000 Kč
Baterie pro fotovoltaickou elektrárnu 2,9GWh	5 104 000 000 Kč
Celkem	24 529 000 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Pokud tedy sečteme všechny předpokládané investiční náklady, pak se celkem jedná o 52 480 400 000 Kč. V případě, že bychom z celkový provozních nákladů odhadli čistý zisk na minimálně 5 %, což by ročně mohlo být až 4 500 000 000Kč, pak by teoretická návratnost investic mohla být asi 12 let.

4.3 SWOT analýza

Silné stránky:

- Potenciální možnost kontroly státu nad podnikem, včetně podílení se na možných vstupních investicích státem.
- Využití znalostí při výrobě a distribuci elektrické energie díky ČEZ a.s.
- Jediná výroba svého druhu na území ČR – silná pozice na trhu
- Tradice a možnosti průmyslu v regionu a blízkém okolí
- Odborníci – S ohledem na vysoké nároky na kvalifikaci a uplatnění se výroba bude skládat z předních odborníků na daný obor v zemi.
- Věda a výzkum – Podnik bude průkopnický a zřejmě první svého druhu v daném oboru na území ČR. S ohledem na kontrolu státu bude možné zde využít možnosti a znalosti z vědy a výzkumu z širokého spektra vysokých technických škol v zemi.

- Vhodné umístění výroby s ohledem na potenciální odběr výrobků

Slabé stránky:

- Vysoké investiční náklady
- Vysoké náklady na provoz
- Limitující infrastruktura silniční a vodní dopravy v regionu
- Omezené možnosti recyklace hotových výrobků

Hrozby:

- Závislost na potřebách soukromých výrobních podniků v případě spolupodílení se na návrhu, realizaci a provozování výroby.
- Nepředvídatelné zvýšení nákladů – zejména na poli materiálů a energií
- Snížení poptávky - v souvislosti s omezeními daných státem, nebo geopolitickou situací (pandemie, válka ad.), hrozí ztráta příjmů z hlavní činnosti.
- Nedostatek materiálu pro výrobu
- Nedostatek kvalifikovaných pracovníků

Příležitosti:

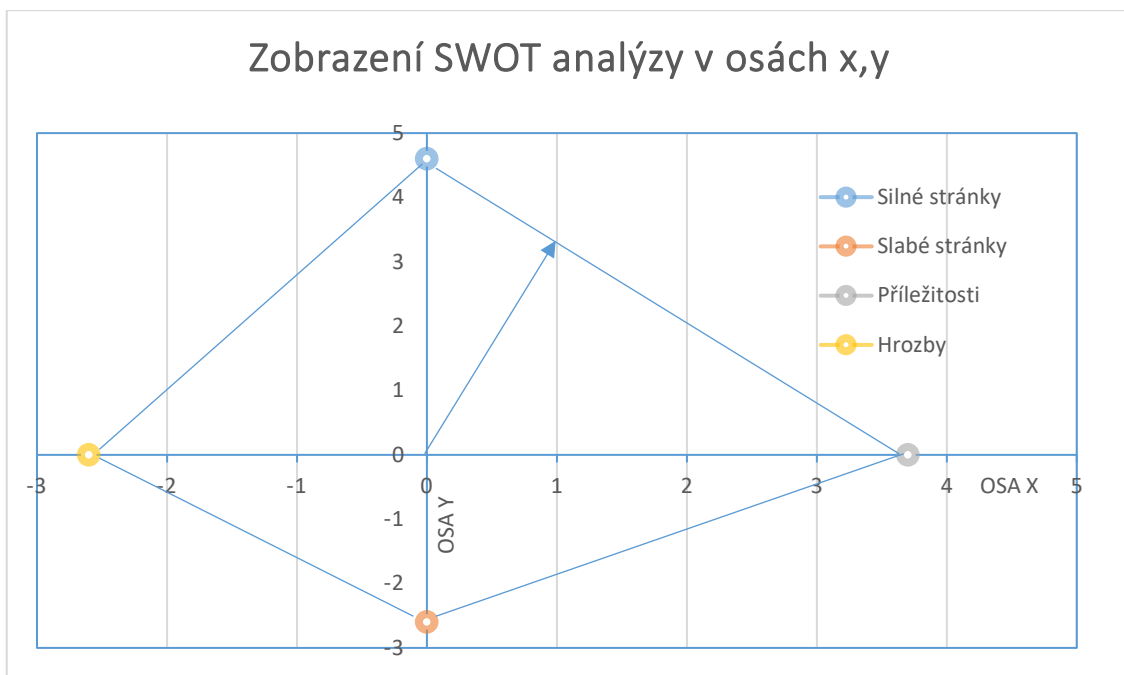
- Zásadní vliv na zaměstnanost, podílu HDP a průměrné mzdě v regionu.
- Možnost zlepšování procesů výroby a rozvoj vzdělání a vědy a výzkumu v regionu
- Rozšíření výroby - možnost stát se předním výrobcem článků ve střední Evropě.
- Možnost zapojení průmyslových podniků v regionu a tlak na vybudování logistických center v regionu.

Tab. 4.3 – SWOT analýza

Tabulka SWOT analýzy	Váha	Hodnocení	Součin
Silné stránky	x		x
Kontrola státu	0,3	5	1,5
Výroba a distribuce ČEZ	0,1	5	0,5
Silná pozice na trhu	0,2	5	1
Tradice průmyslu	0,1	4	0,4
Odborníci	0,1	5	0,5

Věda a výzkum	0,1	3	0,3
Umístění výroby	0,1	4	0,4
Součet		x	4,6
Slabé stránky		x	x
Vysoké investiční náklady	0,3	-5	-1,5
Vysoké náklady na provoz	0,3	-3	-0,9
Limit. infrastruktura	0,2	-2	-0,4
Omezená recyklace	0,2	-3	-0,6
Součet		x	-3,4
Příležitosti		x	x
Zaměstnanost, HDP	0,3	4	1,2
Aplikovaná věda a výzkum	0,2	3	0,6
Rozšíření výroby	0,2	5	1
Využití region. průmyslu	0,3	3	0,9
Součet		x	3,7
Hrozby		x	x
Zvýšení nákladů	0,4	-5	-2
Snížení poptávky	0,3	-5	-1,5
Závislost na soukrom. sektoru	0,1	-2	-0,2
Nedostatek materiálu	0,1	-2	-0,2
Nedostatek kval. prac.	0,1	-2	-0,2
Součet		x	-4,1
Interní	1,2		
Externí	-0,4		
<u>Celkem</u>	<u>0,8</u>		

Zdroj: vlastní zpracování



Graf 4.3 – Grafické zobrazení SWOT analýzy v osách x,y

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulek a grafu vyplývají diametrální rozdíly, avšak klady převažují nad zápory a to zejména z důvodu silných stránek. Hrozby převažují nad příležitostmi, což je způsobeno především aktuální geopolitickou situací.

Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout výrobní linku Li-ion baterií ideálně v oblasti krušných hor, konkrétně v areálu bývalé elektrárny Pruněšov I a to na základě především veřejně dostupných informací.

V první kapitole je popsána teorie výroby, a to od rané historie výroby manufaktury, až po současný stav průmyslové výroby. Jsou detailně vysvětleny logické přechody od individuální výroby, přes manuální až po plně automatizovanou výrobu. Poté popis přechází do teoretické části návrhu a začíná s kapitolou systému plánování výroby, kde je popsáno co je to výrobní program, výrobní proces, a jak se dá rozdělovat výroba podle počtu výrobků, nebo typu mechanizace. Dále navazuje kapitola systému řízení výroby, kde jsou popsány metody organizace výroby, zásobování, skladování a manipulace ve výrobě. Zvláště důležitá je poté část řízení zásob.

Druhá kapitola je již první částí samotného návrhu výrobní linky Gigafactory, kde jsou použity teoretické postupy z první kapitoly, ale i obecné principy a postupy nejen z oboru logistiky. Nejprve se jednalo o lokalizaci umístění výroby, dále byla identifikována lokální infrastruktura, tak aby návrh již počítal s jistými omezeními. První částí návrhu byl návrh výrobního procesu, kterému předcházela poměrně detailní identifikace výrobku, především z pohledu chemicko-technologického složení. Další část se již zabývala samotným návrhem výrobního programu a procesu. Díky tomu bylo navrženo uspořádání výroby ve výrobním programu. Tím bylo možné zpracovat návrh systému výroby a dopočítána optimální výše stálé a pojistné zásoby ve výrobě. Celkový výkon pouze jedné výrobní linky po vyhodnocení nesplnil cíle podniku.

Třetí kapitola tedy navazuje s odhadem možné kapacity výroby a s návrhem řešení a zvýšení kapacity přidáním počtu výrobních linek. Další částí je pak návrh optimální výše výrobní dávky dle technologického postupu výroby. Podle technologického postupu výroby je poté navržen systém řízení zásobování výroby. Poté jsou identifikována úzká místa ve výrobě a návrh řešení jejich eliminace. Dále je navržen systém skladování podle očekávaného objemu výrobků. Poslední částí je odhad základních provozních nákladů.

Čtvrtá kapitola zhodnocuje přínosy a dopady na společnost a to tak, že nejprve je identifikován region a průmysl v regionu. Dále jsou odhadnuty investiční náklady podle technologie výroby a nutných stavebních a stavebně – technologických úprav. Poslední

částí je zhodnocení s využitím SWOT analýzy, včetně grafického vyjádření, jejíž výsledkem bylo, že klady nové výstavby výrobní linky převažují nad negativy.

Omezený rozsah práce v mnoha případech neumožňuje detailně popsat jednotlivé kapitoly a v těchto případech je navrženo zpracování na dané téma další samostatnou prací. Rozsah návrhu výroby se soustředí na obecné pravidla a poznatky, jenž by se daly využít při předprojektové, nebo projektové přípravě návrhu.

Seznam zdrojů

- [1] MATĚJOVSKÝ, V. *Automobilová paliva*. Praha: Vydavatelství Grada Publishing, a.s., 2005. 1. vyd. ISBN 80-247-0350-5
- [2] VLK, F.: *Alternativní pohony motorových vozidel*. Vlastním nákladem, Brno, 2004. ISBN 8023916025
- [3] GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. 1.vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5
- [4] SCHULTE, Christof. *Logistika*. 1.vydání. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2
- [5] LÍBAL, Vladimír a kol. *Organizace a řízení výroby*. 3.vydání. Praha: SNTL a ALFA, 1976. 04-303-76
- [6] JUROVÁ, Marie a kol. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vydání. Brno: Bizbooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9
- [7] ZELENKA, Antonín, VOLF, Luděk a Antonie POSKOČILOVÁ. *Projektování výrobních systémů*. 1. vydání. Praha: nakladatelství ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04394-3
- [8] OUDOVÁ, Alena. *Logistika: Základy logistiky*. 1. vydání, Kralice na Hané: Computer Media s.r.o., 2013. ISBN 978-80-7402-149-7
- [9] LUKOSZOVÁ, Xenie a kol. *Logistické technologie v dodavatelském řetězci*. 1.vydání. Praha: Ekopress, 2012. ISBN 978-80-86929-89-7
- [10] PRECLÍK, Vratislav. *Průmyslová logistika*. 1. vydání. Praha: nakladatelství ČVUT – výroba, 2006. ISBN 80-01-03449-6
- [11] RAHN, Christopher D. a Chao – Yang WANG. *Battery systems engineering*. 1. vydání. The Pennsylvania State University, USA. 2013. ISBN 9781119979500
- [12] ADISON, Johanna. *New generation of electric vehicles*. Scitus Academics LLC, New York, 2017. ISBN 978-68117-655-0
- [13] JHA, A.R. *Next generation batteries and fuel cells for commercial, military, and space applications*. 1. vydání. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC, Miami, 2012. ISBN 978-1-4398-5066-4

- [14] JIANG, Jiuchun a Caiping ZHANG. *Fundamentals and applications of Lithium-ion batteries in electric drive vehicles*. 1. vydání. John Wiley and sons, Singapore, 2015. ISBN 978-1-118-41478-1
- [15] KATO, Yoshiaki, OGUMI, Zenpachi a José Manuel Perlado MARTIN. *Lithium-ion batteries, overview, simulation, and diagnostics*. 1. vydání. Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., Singapore, 2019. ISBN 978-981-4800-40-2
- [16] MAPY. *Plánování trasy/dopravní* [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://mapy.cz/dopravni?planovani-trasy&x=15.2550544&y=49.8378463&z=8>
- [17] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘIČSKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=661864&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [18] GOOGLE MAPS. *Kadaň/Pruněřov*. [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/@50.4104258,13.2668842,701a,35y,291h,53.17t/data=!3m1!1e3!5m1!1e2>
- [19] SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE. *Popis sítě/Mapy* [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=594598>
- [20] BATTERY POWER TIPS. *The difference between primary and secondary battery chemistries* [online]. Cleveland, 2021. Dostupné z: <https://www.batterypowertips.com/difference-between-primary-secondary-battery-chemistries-faq/>
- [21] MINISTERSTVO PRÁCE A SOCIÁLNÍCH VĚCÍ. *Datové sady, Statistiky, Měsíční nezaměstnanost, Vizualizace*. [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://data.mpsv.cz/web/data/vizualizace15>
- [22] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Sčítání 2021, Úvod, Výsledky, Vzdělání*. [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/scitani2021/vzdelani>
- [23] YOUTUBE. *O materiálech li-ion baterií s Dr. Kazdou/ Electro Dad*. [online]. Brno, 2020. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=67oWdoli_MY

- [24] YOUTUBE. *Trendy ve vývoji baterií elektromobilů – rozhovor s Dr. Kazdou (VUT Brno)/ Electro Dad*. [online]. Brno, 2019. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=YsG9Btn9jII>
- [25] YOUTUBE. *Dr. Kazda o Tesla Battery Day 2020 – podrobný rozbor bateriových inovací/ Electro Dad*. [online]. Brno, 2020. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=g5SQu5jGOHo>
- [26] YOUTUBE. *Pěče o li-ion baterie? Rozhovor s doc. Kazdou (VUT Brno, 2020)/ Electro Dad*. [online]. Brno, 2020. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=3DtQqwF6WZI>
- [27] RWTHAACHEN UNIVERSITY. *Lithium-ion battery cell production process*. [online]. Cáchy, 2022. Dostupné z: https://www.pem.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaabdqbt
- [28] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Úvod, Statistiky, Regionální statistiky, Porovnání krajů – vizualizace 20.1.2022*. [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/porovnani-kraju>
- [29] LITHIUM SYSTEM. *Lithium storage battery list*. [online]. 2022. Dostupné z: https://lithiumsystem.ch/wp-content/uploads/2019/05/Lithium-Storage-battery-list_05.19.pdf
- [30] OENERGETICE. *Domů, Akumulace energie, Li.ion baterie: Porovnání nejpoužívanějších typů*. [online]. Třebíč 2021. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/li-ion-baterie-porovnani-nejpouzivanejsich-typu>
- [31] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Úvod, Nejnovější údaje, Ústecký kraj* [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xu/1-xu>
- [32] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Úvod, Nejnovější údaje, Ústecký kraj, Metodika ukazatelů* [online]. Praha, 2022. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/xu/metodika-ukazatelu-nejdulezitejsi-udaje#poc_subjektu
- [33] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Úvod, Statistiky, Průmysl, energetika - Kraj* [online]. Praha, 2022. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xu/prumysl-xu>

- [34] ÚSTECKÝ KRAJ. *Titulní stránka, Ústecký kraj, Charakteristika kraje, Statistika*. [online]. Ústí nad Labem, 2017. Dostupné z: <https://www.kr-ustecky.cz/statistika/d-311515/p1=272793>
- [35] CLEAN ENERGY INSTITUTE. *Education, Science of solar, Battery technology, What is a lithium-ion battery and how does it work*. [online] Washington, 2020. Dostupné z: <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/>
- [36] CIRCUIT DIGEST. *Article, All you want to know about electric vehicle batteries*. [online] Jaipur, India, 2021. Dostupné z: <https://circuitdigest.com/article/all-you-want-to-know-about-electric-vehicle-batteries>
- [37] UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. *Titulní stránka, Aktuality, Zlínská univerzita zahájila prototypovou výrobu baterií*. [online] Zlín, 2021. Dostupné z: <http://cps.utb.cz/cs/aktuality/996-zlinska-univerzita-zahajila-prototypovou-vyrobu-baterii>
- [38] TZB-INFO. *Obnovitelné energie a úspory energie, Akumulace elektřiny, Lithiové akumulátory*. [online] Zlín, 2019. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/13612-lithiove-akumulatory>

Seznam grafických objektů

Obr. 1.1 – Struktura výrobní programu

Obr. 2.1 – Lokace elektrárny Prunéřov

Obr. 2.2 – Katastrální mapa areálu

Obr. 2.3 – Detail elektrárny Prunéřov I v katastrální mapě + zaměření zastavěné plochy

Obr. 2.4 – Satelitní snímek areálu elektrárny Prunéřov I

Obr. 2.5 – Základní skladba akumulátorového článku

Obr. 2.2.2 – Návrh uspořádání výroby ve výrobním programu

Obr. 3 – Schéma rozestavění výrobních linek

Obr. 3.3 – Finální podoba výrobní linky

Tab. 1.3.1 – Obecné druhy sortimentu nákupu

Tab. 1.3.3 – Příklad výsledku metody ABC

Tab. 2.2 – Porovnání vlastností různých typů akumulátorových článků

Tab. 2.2.2 – Obecný postup výroby článku

Tab. 2.2.3 – Kapacita stanovišť v poměru k počtu vyrobených článků za hodinu

Tab. 2.2.4 – Vyjádření stálých zásob výroby v tunách

Tab. 2.2.5 – Vyjádření celkových zásob výroby, včetně pojistné zásoby v tunách

Tab. 3.1 – Výrobní dávka dle materiálu v kilogramech

Tab. 3.2 – Vyjádření stálých zásob výroby v tunách

Tab. 3.3 – Vyjádření celkových zásob výroby, včetně pojistné zásoby v tunách

Tab. 3.4 - Vyznačení potenciálních úzkých míst ve výrobním procesu článku NMC

Tab. č. 3.5 – Stanovení navýšení kapacity výrobních zařízení podle poměru

Tab. 3.6 – Rozdělení materiálu v %

Tab. 3.7 – Rozdělení celkového množství materiálu v tunách

Tab. 3.8 – Celkové roční náklady na materiál

Tab. 3.9 – Poměr nároků na el. energii při výrobních operacích v %

Tab. 3.10 – Poměrné náklady při jednotlivých výrobních fázích

Tab. 4.2.1– Odhad nákladů na technologie výroby

Tab. 4.2.2 – Odhad nákladů na demolici stávající elektrárny Prunéřov I

Tab. 4.2.3 – Odhad nákladu na stavební práce a technologie nové výroby

Tab. 4.3 – SWOT analýza

Graf 1.3.3 – zásobování po dávkách

Graf 1.3.4 – kontinuální zásobování

Graf 2.2 – Materiálové složení článku NMC ($\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$)

Graf 2.3 – Materiálové složení katody

Graf 3.5 – Poměr nákladů na materiál, energii a mzdy v %

Graf 4.3 – Grafické zobrazení SWOT analýzy v osách x,y