

Stredná priemyselná škola techniky a dizajnu

Mnoheľova 828, 058 01 Poprad

## **Recyklácia autobatérií**

Strojár inovátor

Mesto: Poprad

Rok: 2023

Riešiteľ: Ján Grich

Ročník štúdia: štvrtý

# OBSAH

ÚVOD .....	3
1 OPIS SPÔSOBU RECYKLÁCIE AUTOBATÉRIÍ .....	4
1.1 Dopyt po lítium-iónových batériách .....	4
1.2 Spoločnosti zaoberajúce sa recykláciou .....	4
1.3 Spôsob recyklácie .....	5
2 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO PROCESU OD ZÍSKANIA AUTOBATÉRIE AŽ PO JEJ OPĀTOVNÉ VYUŽITIE.....	6
2.1 Získanie auta.....	6
2.2 Demontáž batérie .....	6
2.3 Rozoberanie batérie .....	7
2.4 Drvenie článkov.....	7
2.5 Triedenie rozdrveného materiálu z článkov .....	8
2.6 Opätovne využitie recyklovaných článkov .....	8
3 Schematické znázornenie recyklačnej linky.....	9
3.1 Demontážna linka .....	9
3.2 Recyklačná linka .....	11
Záver .....	12

## ÚVOD

V súčasnej dobe, kedy sa deň za dňom kladú väčšie nároky na ekológiu a znižovanie emisií, sa do popredia pomaly ale iste dostávajú elektroautomobily. Ich veľká propagácia zo strán automobiliek, ktoré sa musia prispôbiť rýchlo sa sprísňujúcim normám narastá. Ekológiu však vidíme ako vozidlá s nulovými emisiami, ktoré brádzia dnes už prevažne centrá veľkých miest. Za týmito vozidlami však stojí a ešte len bude stáť veľká environmentálna stopa a to otázka, ako naložiť s obrovskými akumulátormi? Recyklácia akumulátorov z elektromobilov je v tejto dobe problémom, ale aj napriek tomu existuje zopár spoločností, ktoré už dnes vedia s týmto problémom naložiť. Cieľom práce je popísať spôsoby a ponúknuť firmám či dokonca automobilkám know-how ohľadne tejto problematiky.

# 1 OPIS SPÔSOBU RECYKLÁCIE AUTOBATÉRIÍ

Recyklácia autobatérií, ktoré sú súčasne používané v bežných spaľovacích automobiloch, sú prevažne vyrobené z olova - nazývame ich olovené batérie. Tieto batérie sú vysoko toxické, ale ich recykláciu sa zaoberá väčšina štátov na celom svete a ich recyklácia vďaka tomu úspešne prebieha, hovorí sa, že v Amerike je to takmer 100% úspešnosť. Problémom však nie sú tieto vysokotoxické batérie, práve naopak. Každý z nás sa dennodenne stretá s batériami Li-ion. Celkom bežné zariadenia ako sú mobilné telefóny, ktoré vlastní každým z nás a meníme ich hoci aj každý rok, či tablety, notebooky a ďalšie kvantum zariadení používajú tieto batérie. Využívajú sa tam kde je sa vyžaduje, veľká kapacita, množstvo cyklov dobíjania, možnosť prispôsobenia tvaru a veľkosti a mnohé iné výhody. Mohli by sme povedať, že aj keď tieto batérie používali mnohé zariadenia, nikdy nešlo o také veľké množstvo ako pri elektrických autách.

## 1.1 Dopyt po lítium-iónových batériách

Dopyt po týchto batériách sa v posledných rokoch dramaticky zvýšil. V roku 2015 bol približne 60 GWh, ale len o 5 rokov neskôr vzrástol na 300 GWh a podľa niektorých prognóz sa očakáva, že do roku 2030, kedy bude počet elektromobilov vzrastať, dosiahne viac ako 2 TWh čo zahŕňa všetko od elektroniky až po dopravu. Avšak samotná doprava bude tvoriť 1.8 TWh tohto dopytu. Čo vyvoláva otázku či máme dostatok materiálov na výrobu takéhoto množstva batérií. Najbežnejšími materiálmi potrebnými pre lítium-iónové batérie sú nikel, kobalt, grafit a meď.

Avšak hlavne lítium, pri ktorom sa očakáva, že dopyt po ňom vzrastie v priebehu nasledujúcich desiatich rokov štvornásobne. A hoci by podľa predpokladov bolo dostatočne množstvo, avšak jeho ťažba, ktorá je náročná a neekologická, vzhľadom na to, že sa kopú obrovské diery a devastuje sa tým príroda. Pri používaní týchto batérií sa preto hlavné musí dbať na to, aby jedným ekologickým riešením nevzniklo iné neekologické.

## 1.2 Spoločnosti zaoberajúce sa recykláciou

V spoločnosti sa dnes stretávame s veľkým odporom od ľudí, ktorí si myslia, že recyklácia neexistuje, čo však ani zďaleka nie je pravda. Vo svete sa momentálne recykláciou Li-ion batérií zaoberá viac ako 100 spoločností a desiatky z nich aj u nás v Európe. Samotná automobilka Volkswagen má jednu z prvých liniek na recykláciu akumulátorov, ktorá sa nachádza v Nemecku. Spoločnosti akými sú Umicore, Neometals, Glencore a Li-Cycle

sa zaoberajú týmto problémom a chcú vtrhnúť na trh svojimi technológiami a technologickými procesmi, ktoré ma každá z nich rozdielne a chránené svojimi patentmi.

### 1.3 Spôsob recyklácie

Tento proces prebieha najprv úplným vybitím batérií, až do nuly, tu nasleduje drvenie článkov a ich následné triedenie. Pri tomto triedení sa prvé oddelia plasty, meď a hliník, zvyšnú zmes tvoria látky ako lítium, mangán a kobalt, vyzerá to ako čierna hmota. Táto hmota sa následne ďalej spracováva v špecializovaných centrách, ktoré túto čiernu hmotu spracujú na použiteľné, čisté látky. Existuje veľa možností ako sa to robí, ale sú dve zastrešujúce metódy.

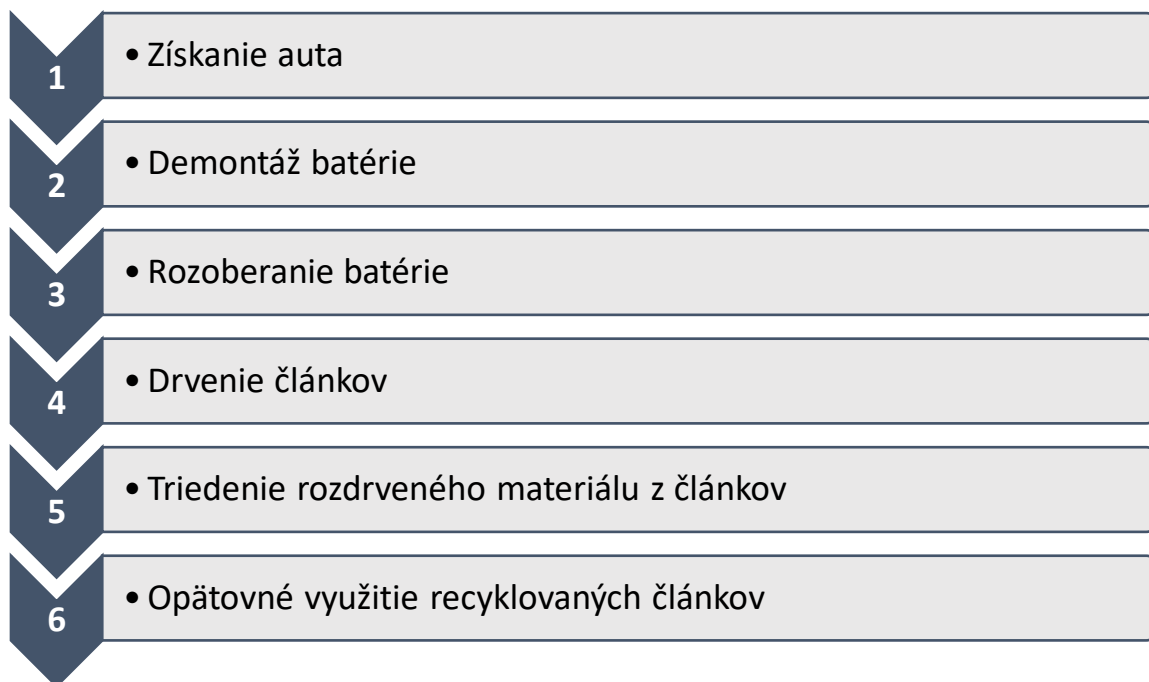
- **Hydrometalurgia** - ktorá využíva chemikálie
- **Pyrometalurgia** - ktorá využíva vysoké teplo

Hydrometalurgia je tá čas, ktorej sa chceme venovať. Avšak aj pri tejto metóde je mnoho možností ako to prebieha. Napríklad, aké chemické reakcie sú danou spoločnosťou využívané. Hydrometalurgia je preto veľký pojem a ako sme zistili, technológie si chránia patentmi.

Keď hovoríme o recyklácii, kde sa používajú chemikálie, mohli by sme mať obavy o zdravie pracovníkov, alebo o tom akú to má environmentálnu záťaž. Avšak tento proces je maximálne bezpečný a sám je do veľkej miery recyklovateľný. Niektoré spoločnosti majú tento proces vymyslený tak, že chemikálie kolujú celým procesom. Ak sa tieto látky využijú v jednom procese, posunu sa na iný, kde sa pridajú ďalšie látky a tým sa recyklujú.

## 2 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO PROCESU OD ZÍSKANIA AUTOBATÉRIE AŽ PO JEJ OPÄTOVNÉ VYUŽITIE

Návrh a riešenie recyklácie autobaterií z automobilov využívajúcich elektrický pohon od jeho získania, cez demontáže batérie, až po jej recykláciu, je zdĺhavý proces. Tento postup využíva jednoduché vysvetlenie technologických operácií, ktoré sa musia pri recyklácii použiť.



Obr. 1: Kroky technologického riešenia

### 2.1 Získanie auta

V prvom rade musíme mať k dispozícii autá, ktoré sú na konci svojej životnosti. V skutočnosti však neberieme do úvahy životnosť auta ako takého, ale životnosť jeho batérie. Batérie sa v autách využívajúcich elektrický pohon, vyskytujú v rôznych veľkostiach a tvaroch. Závisí to od značky alebo od typu samotného auta. Je dôležité myslieť na to, že samotné auto môže byť po výmene batérie ďalej používané a preto treba brať ohľad na to, aby bola demontáž nedeštruktívna. Nesmie sa poškodiť ostávajúca časť auta, ak vieme, že sa bude ďalej využívať.

### 2.2 Demontáž batérie

Pri demontáži batérie z auta, je treba samotné auto dobre poznať. Je potrebné aby bola batéria vybitá na jej prevádzkové minimum, aby sa bezpečnosť pri demontáži čo najviac

zvýšila. Na bezpečnosť pri práci s elektromobilmi sa musí obzvlášť dbať na správne technologické kroky. Každé auto je iné a preto musí mechanik poznať aspoň základy, potrebné na zaistenie jeho bezpečnosti. Preto sa odporúča aby boli batérie demontované špecializovanými servismi pre danú značku elektromobilu.

**Pri samotnej demontáži batérie sa postupuje nasledovne:**

1. Skontrolovanie vybitia batérie na jej prevádzkové minimum,
2. odpojenie auta od elektrického napätia,
3. demontáž akumulátora,
4. demontáž krytu batérie a súčastí brániacich k jej prístupu,
5. samotné oddelenie batérie od elektromobilu,
6. bezpečná manipulácia s batériou a uloženie do kontajnera na jej bezpečnú prepravu na ďalšie technologické pracovisko.

### **2.3 Rozoberanie batérie**

Ďalší s technologických procesov pri ktorej je treba dbať na vysoké nebezpečenstvo práce s materiálmi pod napätím.

**Medzi jej základné operácie môžeme zaradiť:**

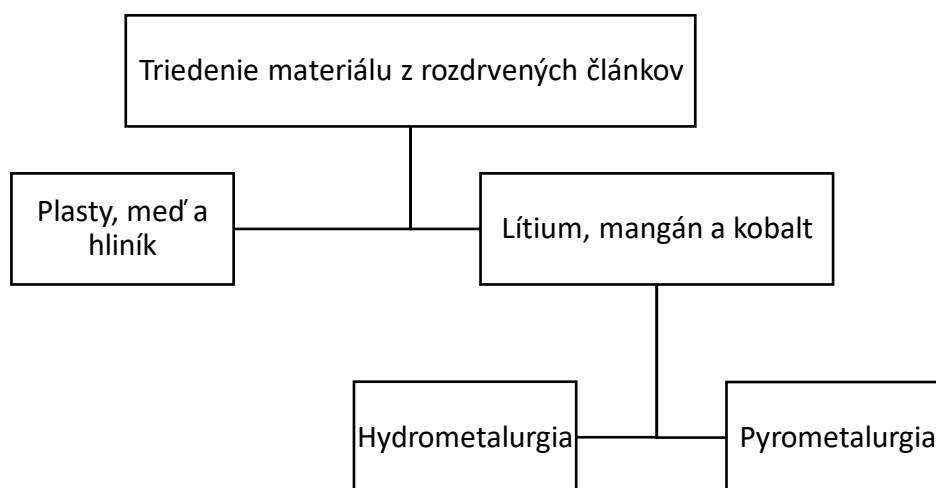
1. Bezpečné uloženie batérie na pracovisko,
2. úplne vybitie batérie pomocou prístrojov na to špeciálne určených,
3. rozobratie batérie, a teda jej odkrytie,
4. bezpečné vybratie jednotlivých článkov
5. prenos článkov na ďalšiu technologickú operáciu.

### **2.4 Drvenie článkov**

Je to proces pri ktorom sa dostávame do časti ktorá je prísne tajná a chránená patentmi. Pri drvení článok pomocou rotačných drvičov dochádza k veľkým treniam. Tieto články obsahujú látky, ktoré sú vysoko explozívne. K zabráneniu neželaným explóziám sa používajú chemické tekutiny.

## 2.5 Triedenie rozdrveného materiálu z článkov

Materiál, ktorý vyberieme z drviča je obrovská kopa rozdrvených kusov materiálu. Priemer týchto častí je rôzny a záleží od samotného drviča na aké malé časti vie články rozdeliť. Triedenie spočíva v dvoch hlavných krokoch. Ako prvé sa oddelia plasty, meď a hliník. Po tomto triedení ostáva čierna hmota, ktorá obsahuje látky ako sú lítium, mangán a kobalt. Táto hmota sa ďalej spracováva pomocou ďalších dvoch používaných spôsobov - Hydrometalurgia a Pyrometalurgia.



Obr. 2: Triedenie materiálu z rozdrvených článkov

## 2.6 Opätovne využitie recyklovaných článkov

Na konci technologického procesu, recyklácie autobaterií, je samotný dôvod a význam tohto riešenia. Recykláciou chceme znovu obnoviť a použiť materiály, ktoré boli skôr použité na výrobu autobaterií. Tento technologický proces využíva dve možnosti, ako čo najjednoduchšie a hlavne najekologickejšie prinášať materiály späť na začiatok výrobného cyklu.

1. Prvý spôsob sa zdá byť najšetrnejší pre našu zem a tou je, že celý technologický proces by bol hneď vedľa firiem, kde sa vyrábajú samotné batérie do elektromobilov. Toto riešenie by prinieslo odľahčenie logistiky pri samotnej preprave materiálov z konca recyklačného procesu.
2. Druhým spôsobom je možnosť využitia recyklovaných materiálov na iné spôsoby ako na výrobu nových batérií. Túto skutočnosť by mali brať firmy do úvahy. Keďže hlavným cieľom je znížiť ekologickú záťaž, ktorou sa môžu batérie v budúcnosti stať, a preto treba už pri návrhu recyklačného procesu



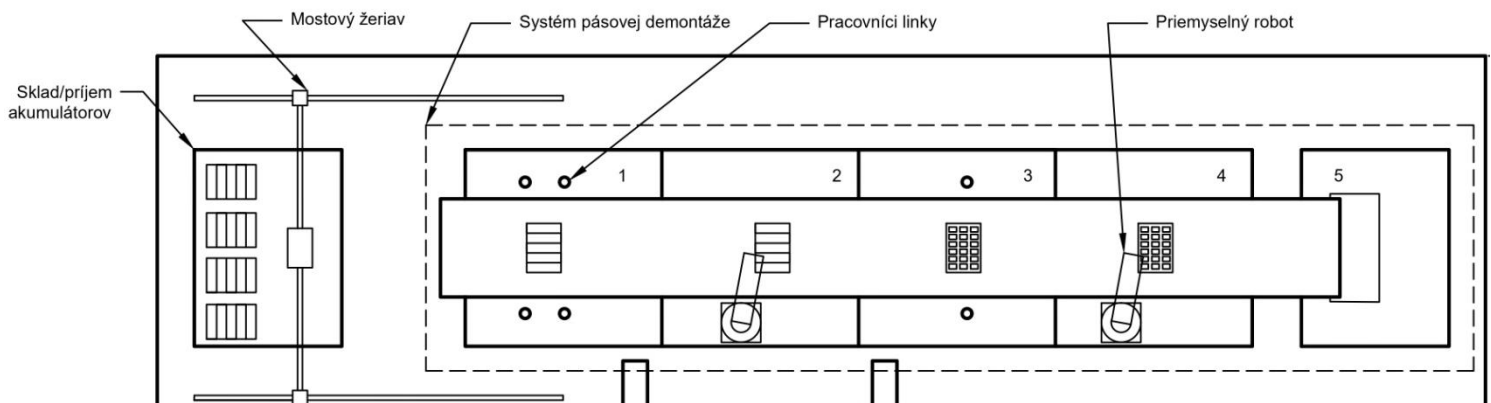
myslieť na to, či budú recyklované materiály použité na opätovnú výrobu autobaterií, alebo na iné účely už podľa potreby trhu.

Najväčšou výhodou recyklácie autobaterií, je jej nízka ekologická záťaž. Na konci recyklácie vieme pri niektorých pokročilých metódach získať 99% a pri niektorých až 100% čisté materiály. Takto čisté materiály nevieme ani zďaleka získať ťažbou, ktorá je strašne neekologická, keďže vyžaduje obrovské množstvo materiálu, na získanie či už lítia alebo kobaltu, ktorý aj tak nevie byť tak čistý ako pri recyklácii

### 3 SCHEMATICKÉ ZNÁZORNENIE RECYKLAČNEJ LINKY

Ďalším krokom našej práce bol návrh recyklačnej linky. Tento návrh bol spracovaný tak, aby bola linka čo najviac automatizovaná a aby mohla pracovať v nepretržitej prevádzke. Demontážna linka je navrhnutá tak, aby spracovávala postupne, jednotlivé druhy batérií a pri zmene typu batérie na vstupe, nebolo potrebné zmeniť veľa technologických procesov. Tie samotné ostávajú také isté, mení sa už iba pohyb robotov, ktorý je však tiež do veľkej miery autonómny. Linka má senzory a snímače podľa ktorých nasníma polohu a druh prichádzajúcej batérie na demontážnom páse a odosiela informácie do riadiacej jednotky robota.

#### 3.1 Demontážna linka



Obr. 3: Schéma pásovej demontáže

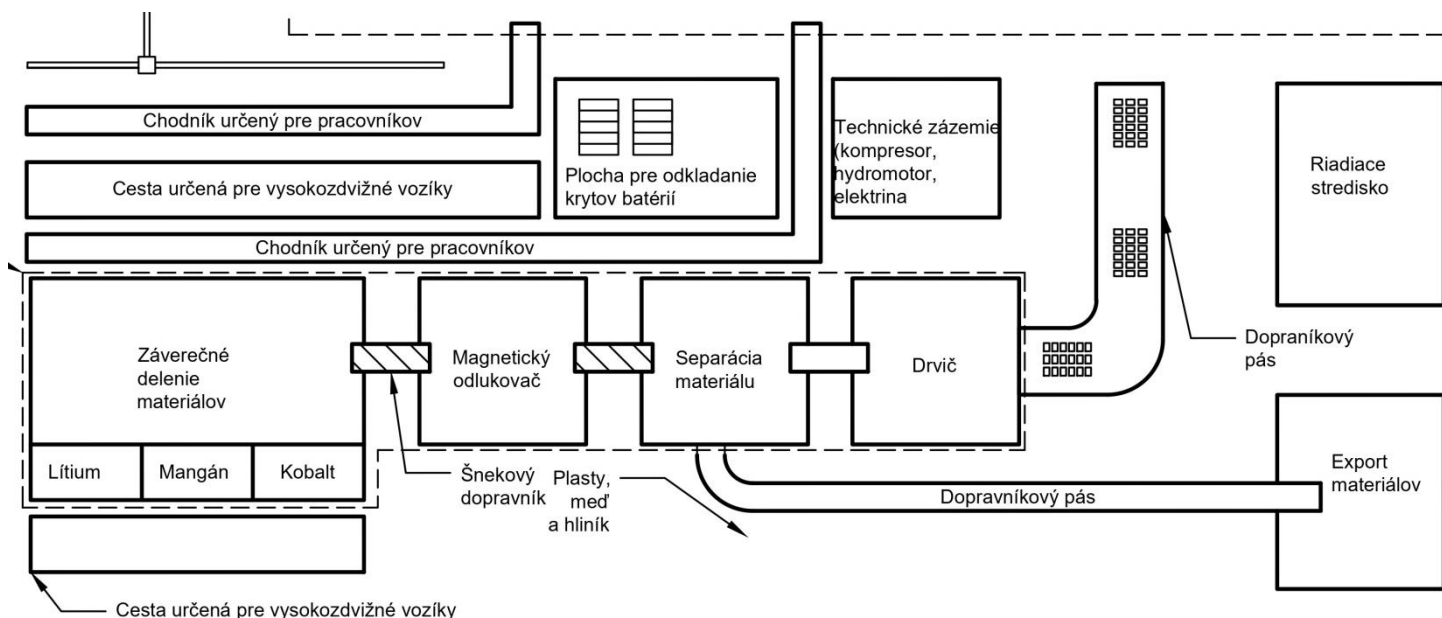
Linka je avšak navrhnutá tak, aby jednotlivé typy batérií boli spracovávané po skupinách aby sa zamedzilo chybám. Návrh samotnej recyklácie spočíva v demontáži autobaterie na pracovisku servisu danej značky automobilu, z dôvodu zamedzenia chýb a samotnej kvalifikácia zamestnancov. Ak by bola linka navrhnutá pre jednu značku automobilov, bolo by jednoduchšie navrhnuť demontáž priamo na linke, avšak návrh počíta s tým, že linka bude schopná zrecyklovať akýkoľvek druh batérie z elektromobilov.

Nultým krokom je demontáž v servise, odtiaľ sú batérie prevezené už do skladu recyklačnej linky. Návrh počíta s tým, aby takáto linka bola v každom krajskom meste po celom Slovensku. Je to z toho dôvodu, že preprava obrovských batérií, ktoré majú veľkú hmotnosť je finančne náročná a neekologická.

1. V sklade recyklačnej linky slúži na manipuláciu batérií a ukladanie na pás mostový žeriav ABUS ELV 5 - je to jednonosníkový mostový žeriav s valcovaným profilovým nosníkom. Jeho nosnosť je dimenzovaná do 5t čo na manipuláciu s batériami úplne stačí.
2. Po uložení batérie na dopravníkový pás prichádza batéria na prvú sekciu a tou je manuálne odskrutkovanie skrutiek, respektíve odvrtanie nitov. Na tejto sekcii pracujú štyria pracovníci ktorý majú určený čas na uvoľnenie krytu. Pás sa posúva v časových intervaloch a po uplynutí času sa posúva na ďalšiu sekciu.
3. V tejto sekcii kde sa odoberá kryt batérie je navrhnutý na manipuláciu robot Fanuc R-2000iC/210F. Tento robot je určený na manipuláciu a premiestňovanie a vďaka nemu sú kryty batérií ukladané na palety.
4. Ďalším miestom je sekcia na ktorej sú navrhnutý dvaja pracovníci, ktorý majú za úlohu odpojiť pospájanie vodičmi medzi jednotlivými článkami batérií a demontovať riadiacu jednotku batérie. Pracovníci musia byť v tejto fáze chránení pred účinkami možného elektrického prúdu. Sú vybavení bezpečnostnými ochrannými pomôckami ako sú vysoké gumené rukavice, štít a bezpečnostné topánky. V prípadoch kedy by bola batéria poškodená, bola by nútený mať ochranu dýchacích ciest.
5. V poslednom kroku pásovej demontáže, je navrhnutý robot Fanuc M-1000iA, ktorý vyniká svojou silou. Robot tu pomocou pneumatickej hlavice premiestni články batérií na ďalší proces. Obal batérií vypadáva do presne určených miest.

## 3.2 Recyklačná linka

Recyklačná linka spočíva v tom, že na začiatku do nej vstupujú, batériové články a na výstupe sú už rozdelené a recyklované materiály.



Obr. 4: Schéma recyklačnej linky

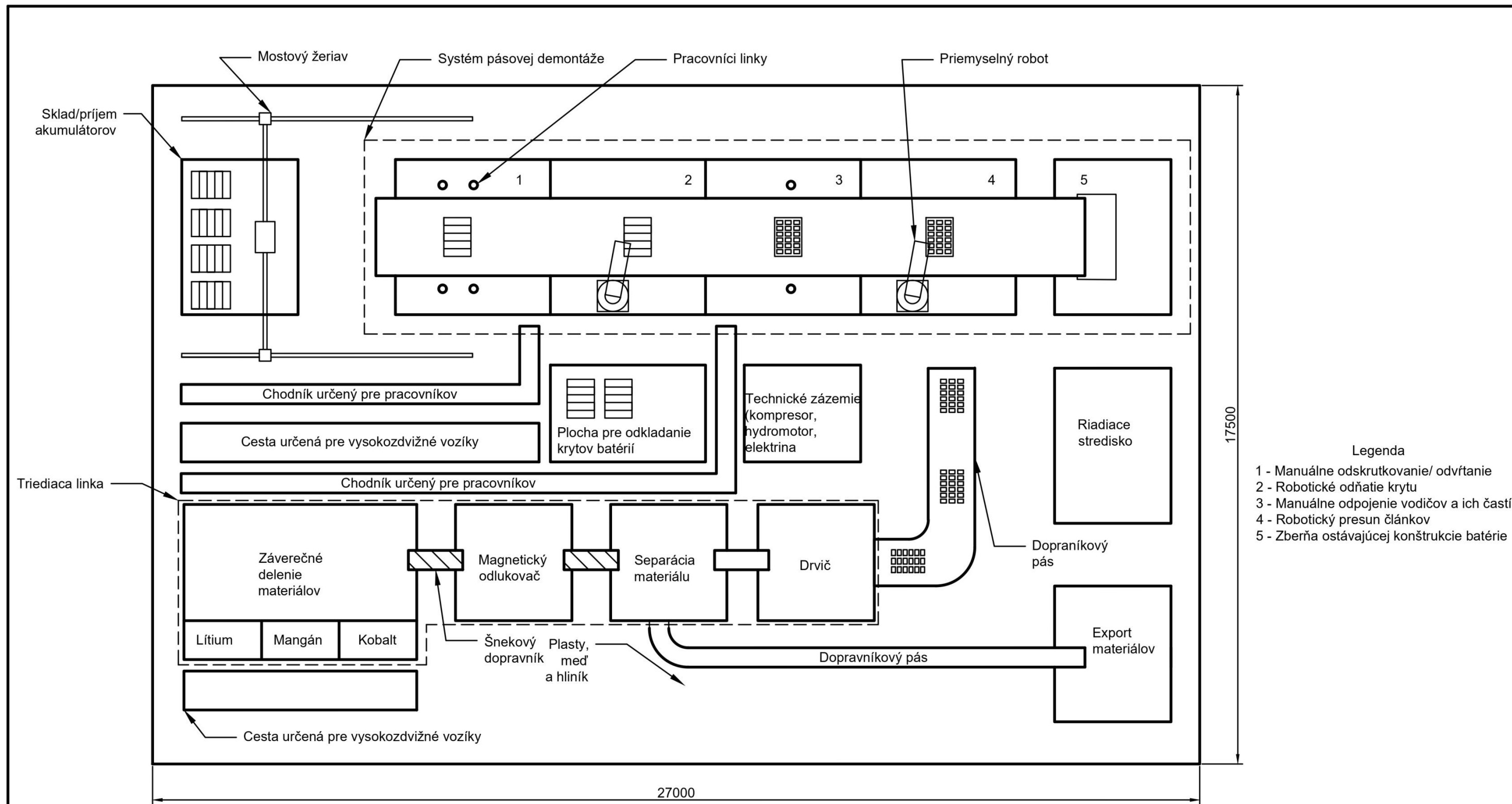
1. Prvým krokom je drvenie pomocou drviča. Konštrukcia drviča spočíva v dvoch, alebo štyroch valcoch, ktoré majú na sebe ostne a tie sa otáčajú proti sebe.
2. Druhým krokom je separácia materiálu, kde sa pomocou separátora oddelí od čiernej hmoty plast, meď a hliník. Ten putuje dopravníkovým pásom na export, tieto materiály sa už recyklujú na bežných recyklačných linkách.
3. Tretím krokom je magnetický oblúkač, ktorý vyčistí zmes od nežiaducich kovových materiálov.
4. Posledným krokom je, že zmes odobratá od plastov, medi, hliníka a nežiaducich kovových materiálov, putuje šnekovým dopravníkom do záverečného delenia materiálov. V tomto procese sa pomocou Hydrometalurgie a luhovacích procesoch, ktoré sú chránené prísnyimi patentmi rozdelí zmes na Lítium, Mangán a Kobalt.

## Záver

V tejto práci sme chceli objasniť spôsoby recyklácie autobatérií a zvýšiť povedomosť o možnostiach a technológiách recyklácie. Ohľadne tejto témy sú dnes veľké obavy medzi obyčajnými ľuďmi a preto aj veľké percento záujemcov o nové autá nejavia o elektromobily, ako také, záujem. Tí ktorí sa zaujímajú o ekológiu a budúcnosť našej planéty si nechcú zadovážiť elektromobily, pretože majú obavy o ich ekologickú záťaž, najmä kvôli obrovským batériám. Osveta medzi ľuďmi bol teda aj jedným z vedľajších cieľov.

Je potrebné si však povedať, že tak ako aj pri iných výrobkoch, či už to boli mobilné telefóny, elektromotory, samotné pneumatiky alebo dokonca obyčajne plasty, nemali na začiatku ich výroby celosvetovo rozšírenú aj ich recykláciu. Bolo to logicky aj preto, lebo po tom nebol žiaden dopyt. Avšak časom, kedy tieto produkty boli na konci svojej životnosti, bola na rade recyklácia či už čiastočná, ako ich oprava, alebo aj celková recyklácia. Tento istý prípad je aj pri autobatériách. Elektromobily začali byť široko dostupné len pár rokov dozadu a preto ich celosvetová recyklácia a samotné povedomie o nej začalo byť otázkou týchto a nasledujúcich rokov.

Hlavným cieľom tejto práce, ktorej sme sa vo veľkej väčšine venovali, bol návrh technologického procesu, ako jednoduchý, avšak výstižný návrh recyklačného procesu od získania batérie až po jej opätovne využitie. V práci sme sa zamerali na výhody recyklácie z pohľadu ekológie ako aj finančnej úspory. Získané informácie a technologický postup chceme ponúknuť firmám ako možnosť recyklácie, ale aj zvýšiť povedomie medzi ľuďmi, aby už pri vyberá auta neexistoval strach z ekologickej záťaže pre našu budúcnosť



- Legenda
- 1 - Manuálne odskrutkovanie/ odvrtanie
  - 2 - Robotické odňatie krytu
  - 3 - Manuálne odpojenie vodičov a ich častí
  - 4 - Robotický presun článkov
  - 5 - Zberňa ostávajúcej konštrukcie batérie

VYPRACOVAL JAN GRICH		SYMBOL	ZMENA	DÁTUM	PODPIS
KONTROLOVAL					
ROZMERY VÝKRESOVÉHO LISTU	420x297	DÁTUM VYHOTOVENIA		21.02.2023	
MATERIÁL		TRIEDA ODPADU			
ROZMER, POLOTOVAR		SPŠ POPRAD			
HODNOTENIE STAVU POVRCHU	VŠEOBECNÉ TOLERANCIE				
		Bloková schéma			
METÓDA ZOBRAZOVANIA	MIERKA	ČÍSLO VÝKRESU		LIST ČÍSLO	
	1:100	SOC 01 - 00 - 01		1	