



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií



# Optimalizace stavu nabití autobaterií ve výrobním procesu Škoda Auto

## Bakalářská práce

*Studijní program:*

B0714A270001 Mechatronika

*Autor práce:*

**Oskar Šumovský**

*Vedoucí práce:*

Ing. Pavel Jandura, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

*Konzultant práce:*

Milan Vítek

Škoda Auto





## Zadání bakalářské práce

# Optimalizace stavu nabití autobaterií ve výrobním procesu Škoda Auto

*Jméno a příjmení:* Oskar Šumovský  
*Osobní číslo:* M19000107  
*Studijní program:* B0714A270001 Mechatronika  
*Zadávací katedra:* Ústav mechatroniky a technické informatiky  
*Akademický rok:* 2021/2022

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s výrobním procesem a proveďte analýzu, kde dochází k největším problémům s vybíjením.
2. Navrhněte změny vybraných výrobních procesů pro optimalizaci nabíjecího procesu akumulátorů.
3. Vytvořte přehled nabíjecích míst autobaterií ve výrobní lince.

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

dle potřeby dokumentace  
30–40 stran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

- [1] CENEK, Miroslav, 2003. *Akumulátory od principu k praxi*. Praha: FCC Public. ISBN 80-865-3403-0.
- [2] ARENDÁŠ, Miroslav a Milan RUČKA, 1999. *Nabíječky a nabíjení*. 3. upr. vyd. Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-860-5661-9.

*Vedoucí práce:*

Ing. Pavel Jandura, Ph.D.  
Ústav mechatroniky a technické informatiky

*Konzultant práce:*

Milan Vítek  
Škoda Auto

*Datum zadání práce:*

12. října 2021

*Předpokládaný termín odevzdání:*

16. května 2022

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. Ing. Josef Černožorský, Ph.D.  
vedoucí ústavu

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

16. května 2022

Oskar Šumovský



## Poděkování

Rád bych poděkoval přátelskému kolektivu ve firmě Škoda Auto a.s., kde jsem mohl tvořit svou bakalářskou práci. Hlavně bych chtěl poděkovat panu Milanu Vítkovi, který mě vedl správným technickým směrem a panu Michaelovi Madry, který mi poskytl potřebné znalosti v problematice datové analýzy a zpracování dat. Dále taky svému vedoucímu Ing. Pavlu Jandurovi, Ph.D, který mě konstruktivně vedl a dával mi důležité připomínky.

# Optimalizace stavu nabití autobaterií ve výrobním procesu Škoda Auto

## Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje problematice nabíjení olověných autobaterií ve výrobním závodu firmy Škoda Auto a.s. v Mladé Boleslavi. Baterie se ve výrobní hale M1 nabíjí na některých místech neefektivně a nebo se vyskytují až moc dlouhé intervaly mezi jednotlivými nabíjenými. Bakalářská práce zkoumá analyticky i prakticky, jestli je tento stav možné vylepšit. Jedním z výstupů mé práce byly PowerBI reporty, které poukazují na nedostatečné nabíjení na určitých místech a díky nimž výroba úspěšně realizovala konkrétní opatření pro vylepšení stavu nabíjení. Také jsem se zaměřil na porovnání struktury a procesů nabíjení na ostatních výrobních linkách Škoda Auto a.s. vůči výrobní hale M1. Posledním záměrem práce byl návrh nových opatření specifických pro halu M1, která jsou založená na datalogingu baterie v průběhu výroby vozu.

**Klíčová slova:** Výrobní linka vozidel, Optimalizace nabíjecího procesu, Olověná autobaterie, State of Charge, Externí nabíječka, Datalogging

# Optimization of the state of charge of car batteries in the Škoda Auto production

## Abstract

This bachelor's thesis focus is on the State of Charge of lead-acid batteries, on the premises of the production hall M1 of Škoda Auto a.s. in Mladá Boleslav. It demonstrates possible precautions and available alterations to improve the State of Charge of lead-acid car batteries. Thanks to my analytic reports, the production management realised where the problems lie, and took necessary action to improve the status quo. I also made comparisons to other production halls of Škoda Auto a.s., and tried to apply their strengths of charging to M1 hall. The alterations were also based on datalogging of a battery during the production process.

**Keywords:** Production line, Optimization of charging cycle, Lead-acid battery, State of Charge, External charger, Datalogging

# Obsah

Seznam zkratek . . . . .	9
Seznam tabulek . . . . .	11
<b>Úvod</b>	<b>12</b>
<b>1 Olověné akumulátory a jejich konstrukce</b>	<b>13</b>
1.1 Obecné části olověného akumulátoru . . . . .	14
1.1.1 Elektrolyt . . . . .	14
1.1.2 Elektrody olověného akumulátoru . . . . .	14
1.2 Části olověného akumulátoru . . . . .	15
1.2.1 Dělení olověných akumulátorů . . . . .	17
1.3 Nabíjení a vybíjení baterie . . . . .	18
1.4 Jak měřit nabíjení autobaterie . . . . .	19
1.5 Nabíjení baterií v praxi . . . . .	20
1.6 Vybíjení olověných akumulátorů se zaplavenými elektrodami . . . . .	20
1.7 Problémy olověných baterií . . . . .	21
<b>2 Diagnostika ve Škoda Auto a.s.</b>	<b>22</b>
2.1 Řídicí jednotka . . . . .	22
2.2 Jak se s řídicí jednotkou komunikuje . . . . .	22
<b>3 Cíl práce</b>	<b>24</b>
<b>4 Nabíjecí místa a zjišťování informací</b>	<b>25</b>
4.1 IDG . . . . .	26
4.2 FAZIT . . . . .	26
4.3 Flash . . . . .	26
4.4 B16 . . . . .	27
4.5 Válce-BR* . . . . .	27
4.6 B18 . . . . .	28
4.7 HLA . . . . .	29
4.8 Časová posloupnost jednotlivých zkoušek . . . . .	29
4.9 Postupy zjišťování informací . . . . .	31
<b>5 Přehled nabíjecích míst autobaterií</b>	<b>34</b>
<b>6 Rozdíl SOC mezi B18 a HLA</b>	<b>36</b>

<b>7</b>	<b>SOC PowerBI reporting a návrh</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Porovnání se závodem Kvasiny</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Návrhy vylepšení statusu nabíjení v hale M1</b>	<b>44</b>
9.1	Přidání nabíjecích míst . . . . .	44
9.2	Vyškolení obsluhy . . . . .	45
9.3	Nabíjecí proud nabíječek . . . . .	46
9.4	Měření a simulace pauzy . . . . .	46
9.5	Měření datalogerem . . . . .	47
9.5.1	Sekce grafu za válci v obrázku: A.1 . . . . .	47
9.5.2	Sekce polygon-B18 v obrázku: A.1 . . . . .	47
9.5.3	Sekce nabíjení po B18 v obrázku: A.1 . . . . .	48
<b>10</b>	<b>Vyhodnocení realizovaných činností</b>	<b>49</b>
<b>11</b>	<b>Závěr</b>	<b>51</b>
	<b>Použitá literatura</b>	<b>53</b>
<b>A</b>	<b>Přílohy</b>	<b>54</b>
A.1	Grafy baterie vozu za celou výrobu od B16 . . . . .	54

## Seznam zkratek

<b>AGM</b>	Absorbed Glass Mat - Absorpční skleněná rohož
<b>B16</b>	Kontrolní místo s číslem 16
<b>B18</b>	Kontrolní místo s číslem 18
<b>BDM</b>	Batterie daten modul - Řídicí jednotka baterie
<b>Bluetooth</b>	Otevřený standard pro bezdrátovou komunikaci
<b>BR</b>	Stanoviště válcového dynamometru
<b>CAN</b>	Controller Area Network
<b>EFB</b>	Enhanced Flooded Battery - Vylepšená zaplavená baterie
<b>FAS</b>	Stanoviště kontroly geometrie vozu
<b>FAZIT</b>	Stanoviště načítání některých ŘJ
<b>GW</b>	Gateway - Řídicí jednotka Gateway
<b>HLA</b>	Stanoviště kontroly světel
<b>HTML</b>	Hypertext Markup Language
<b>IDG</b>	Stanoviště načítání klíčů
<b>KB</b>	Kontrolní bod
<b>KNR</b>	Interní identifikační kód vozu
<b>LIN</b>	Local Interconnect Network
<b>MFT</b>	Multi-Function Tester - Diagnostický tester vozu
<b>NOK</b>	Not Okay - Není v pořádku
<b>OBD</b>	On-Board Diagnostics
<b>PFS</b>	Oddělení elektroniky vozu ve Škoda Auto a.s.
<b>PR-číslo</b>	Číslo dílu
<b>ŘJ</b>	Řídicí jednotka
<b>SOC</b>	State of Charge - Úroveň nabití vozu
<b>UPS</b>	Server Škoda Auto a.s. pro elektroniku vozu
<b>VBA</b>	Visual Basic for Applications
<b>VIN</b>	Vehicle Identification Number - Identifikační číslo vozidla
<b>VRLA</b>	Valve Regulated Lead Acid - Olověný akumulátor řízený ventilem
<b>Wi-Fi</b>	Standardy bezdrátových komunikací
<b>ZEBRA</b>	Systém zlepšovatelství Škoda Auto a.s.

## Seznam obrázků

1.1	Olověná baterie s kapacitou 59 Ah, využívaná v některých vozech Škoda [4] . . . . .	13
1.2	Obecné části olověné autobaterie [7] . . . . .	16
1.3	Rychlonabíjení baterie [2] . . . . .	19
2.1	Ukázky výsledků na MFT . . . . .	23
2.2	Diagnostické zařízení MFT [11] . . . . .	23
4.1	Válcový dynamometr v řízení kvality v závodu Kvasiny [14] . . . . .	28
4.2	Lícování a nabíjení baterie zavěšenou externí nabíječkou (žlutá s oranžovým kabelem) po stanovišti B18 [15] . . . . .	29
4.3	Porovnání rozdílů času podle stanovišť . . . . .	31
4.4	Seznam vozů (podle KNR) v UPS . . . . .	32
5.1	Přehled kontrolních míst a průměrné SOC . . . . .	34
6.1	Graf ukazující rozdíl SOC mezi B18 a HLA . . . . .	37
7.1	1. report pro výrobu . . . . .	39
7.2	Ukázka škály interakcí v systému PowerBI . . . . .	40
7.3	2. report pro výrobu . . . . .	41
8.1	Lícování kapoty vozu [18] . . . . .	43
9.1	Externí statická nabíječka . . . . .	45
9.2	Zařízení blue PiraT [19] . . . . .	47
10.1	Ostatní měření (OK výsledek) v systému UPS . . . . .	49
10.2	Graf rozdílu SOC mezi KB8 až HLA v březnu oproti grafu z 7. 10. 2021: 6.1 . . . . .	50
A.1	Hodnoty SOC, proudu a napětí baterie v průběhu výroby jednoho vozu od B16 . . . . .	55

## Seznam tabulek

4.1	Měření baterií na stanovišti Flash . . . . .	27
6.1	Rozdíl SOC mezi B18 a HLA pouze na nabíjecím pásu . . . . .	38

## Úvod

Moje bakalářská práce se zaměřuje na optimalizaci nabíjení autobaterií ve výrobní hale M1 společnosti Škoda Auto a.s. v Mladé Boleslavi. Myšlenka na vytvoření bakalářské práce na toto téma vznikla po zjištění nedostatečně kvalitního nabíjení autobaterií ve vyráběných automobilech a nízké průměrné hodnoty „State of Charge“. SOC znamená úroveň nabití baterie v intervalu 0–100 % a je pro tuto práci naprosto klíčová. Kromě hodnoty SOC jsem se v práci seznámil s druhy olovených akumulátorů a s jejich nabíjením ve výrobní hale M1. Díky zjištěním o rychlonabíjení a způsobu vybíjení baterie jsem se mohl věnovat analýze dalších informací.

Díky hodnotě SOC jsem například dokázal zjistit, kolik automobilů na daném kontrolním pracovišti mělo nedostatečnou hodnotu nabití, nebo zjistit, do jaké míry se vyráběné vozy mezi stanovišti průměrně nabily. Analýzu těchto dat jsem musel provádět až po dostatečném pochopení fungování výroby a seznámení se s posloupností jednotlivých kontrolních míst v hale M1. Zmapoval jsem časový průběh zkoušek elektronických komponent vozu, míru vybití baterie po provedené zkoušce, či dodržování pracovních předpisů týkajících se nabíjení. Také jsem vytvořil interaktivní schéma haly M1, na němž jsou jasně zobrazena důležitá místa linky. Toto schéma a důkladné pochopení odborné problematiky je pro vytvoření návrhů zlepšení nabíjení autobaterií stěžejní.

Pojem optimalizace ve své práci charakterizuji jako zefektivnění bez dalekosáhlých změn fungování procesu. Ve své bakalářské práci jsem se soustředil na vylepšení procesu nabíjení baterií v průběhu výroby. Hlavní cíle pro zlepšení procesu jsou tyto: zvýšení hodnoty průměrného SOC na stanovištích a snížení počtu repasních dobíjení, která zpomalují tok výroby. Ve své práci jsem se naopak nevěnoval velkým návrhům, které by měly za následek velké změny výrobní linky. V práci jsem navrhl vylepšení stavu nabíjení autobaterií, která jsou realisticky implementovatelná. Pro ověření přínosu návrhů jsem v práci využil porovnání s výrobní halou v Kvasinách, která zvládá dobíjení autobaterií lépe než hala M1. Také jsem vytvořil grafický průběh nabíjení pomocí dataloggingu řídicí jednotky baterie v průběhu toku výroby. Díky dataloggingu přímo z řídicí jednotky jsem mohl ověřit data z analýz a přesně jsem popsal problematiku místa haly M1.

Ve vyhodnocení práce jsem se věnoval realizovatelnosti návrhů a popsal jsem situace a problémy, kterým musí Škoda Auto a.s. čelit v souvislosti s nabíjením autobaterií.



# 1 Olověné akumulátory a jejich konstrukce

Olověné akumulátory se ze všech typů sekundárních elektrochemických zdrojů proudu využívají nejvíce [1]. Obecně se mohou vyskytovat v kapacitách řádově jednotek až tisíců ampérhodin [2]. Pro automobilový průmysl jsou olověné akumulátory jediným podstatným druhem sekundárních zdrojů, když opomeneme trakční lithium-iontové baterie. Lithium-iontové baterie se využívají čím dál více v elektromobilech jako zdroj proudu pro točivý stroj. Oproti lithiovým bateriím se olověné články využívají jako startovací baterie, které dodají v krátké chvíli vysoké proudy pro nastartování vozidla. V menším počtu se olověné články využívají jako trakční, neboli pohonné baterie například u golfových vozíků, invalidních vozíků a podobně [2].

Důvodů pro využití olověných akumulátorů na startování automobilu je mnoho: nízká cena, spolehlivost provozu, účinnost a dostatečný výkon. I díky dostupnosti zdrojů pro výrobu těchto akumulátorů je zřejmé, proč se hodí pro sériovou výrobu. Mají ale i své nevýhody: velkou hmotnost a rozměry baterie a také samotnou toxicitu olova. Nevýhody objemu a váhy se dají charakterizovat i jako špatný poměr hmotnosti k energii baterie. Naštěstí nejsou tyto nevýhody pro automobily tak výrazné, aby se olověné akumulátory nevyužívaly na startování motoru. Také se u olověných baterií setkáváme se špatným zvládnutím změn teplot, které mají drastické dopady na vybíjení baterie a také na dlouhodobou životnost baterie [3].



Obrázek 1.1: Olověná baterie s kapacitou 59 Ah, využívaná v některých vozech Škoda [4]

## 1.1 Obecné části olověného akumulátoru

Obecně se v akumulátoru energie vyskytuje elektrolyt a dvě elektrody. Jedna z elektrod je kladně nabitá a druhá záporně. U olověného akumulátoru je základní napětí článku 2V. V případě potřeby vyššího napětí se články kombinují a tím se dosahuje jmenovitého napětí 12, 6 nebo 4 voltů [2].

### 1.1.1 Elektrolyt

Elektrolytem je v olověných akumulátorech vodou zředěná kyselina sírová a její obsah v roztoku se pohybuje okolo 30–35 procent [3]. Kyselina sírová odštěpí vodík ve formě protonu a to jak v prvním stupni, tak i v omezené míře v druhém, kde se z kyseliny sírové odštěpí oba dva vodíky. Rozštěpené ionty kyseliny sírové dále reagují na elektrodách při vybíjení baterie.[1][2]

### Doplňování Elektrolytu

Když se vrátím do ne tak daleké minulosti, tak se setkám s autobateriemi, které vyžadovaly občasné doplnění destilované vody do článku. Z elektrolytu se elektrolýzou vody kyslík a vodík vázaly na elektrody článku a časem voda ubývala vypařováním. Řešením bylo dolívání čisté destilované vody, která doplnila elektrolyt do požadované úrovně [5]. V letních měsících při vysokých teplotách byl problém se zvýšeným odpařováním elektrolytu. Při nedoplnění elektrolytu vodou dostatečně často se elektrolyt stane hustějším a velká koncentrace kyseliny snižuje životnost baterie. Naopak moc malá koncentrace elektrolytu má za příčinu nižší hustotu a tím pádem nižší vodivost, čímž se zvyšuje riziko zamrznutí elektrolytu. Zamrznutí elektrolytu je nežádoucí a nenávratně snižuje životnost baterie [6]. Voda by se měla v těchto bateriích doplňovat každých 3–6 měsíců a podle některých zdrojů před a po zimním období [2][5]. Obě doporučení dávají v kontextu vybíjení smysl, protože nízké teploty jsou jak pro automobil, tak pro olověné články nejrizikovější.

### Problémy s teplotou u elektrolytu

Elektrolyt a tím pádem obecně olověné akumulátory mají velké problémy při nízkých teplotách. Když je baterie vybitá a vyskytuje se v prostředí pod nula stupňů celsia, tak může docházet k zamrznutí elektrolytu [5]. Toto je způsobeno zmenšující se hustotou při snižování okolní teploty. Nižší hustota elektrolytu má za příčinu nižší vodivost elektrolytu. V plně nabité baterii by měl elektrolyt dosahovat hustoty  $1,28 \text{ g/cm}^3$  [1].

### 1.1.2 Elektrody olověného akumulátoru

Elektrody jsou nedílnou částí akumulátoru. Jsou to desky s vrstvou aktivního materiálu, které zajišťují chemickou reakci v článku. Na jejich konstrukci, materiálu

a i velikosti velmi záleží. Podle parametrů akumulátoru se mění kapacita baterie a její životnost. Kladné, ale i záporné elektrody jde zapojit paralelně a spojit do větší elektrody. Díky paralelnímu zapojení dosahuje baterie větších kapacit [2].

### Kladné elektrody

Aktivní hmotou v kladné elektrodě je oxid olovičitý. Při vybíjení článku se elektrony uvolňují ze záporných elektrod a elektrickým obvodem putují ke kladným elektrodám. Na kladných elektrodách pak vzniká z oxidu olovičitého síran olovnatý a v elektrolytu voda.[2]

Při nedostatku síranu olovnatého v elektrolytu přestane procházet proud baterií a baterie se musí dobít. Kladné elektrody jsou více namáhány chemickými reakcemi a fyzikálními změnami než záporné elektrody. Kladné elektrody jsou z toho důvodu jeden z limitujících prvků životnosti celého akumulátoru [2].

### Záporné elektrody

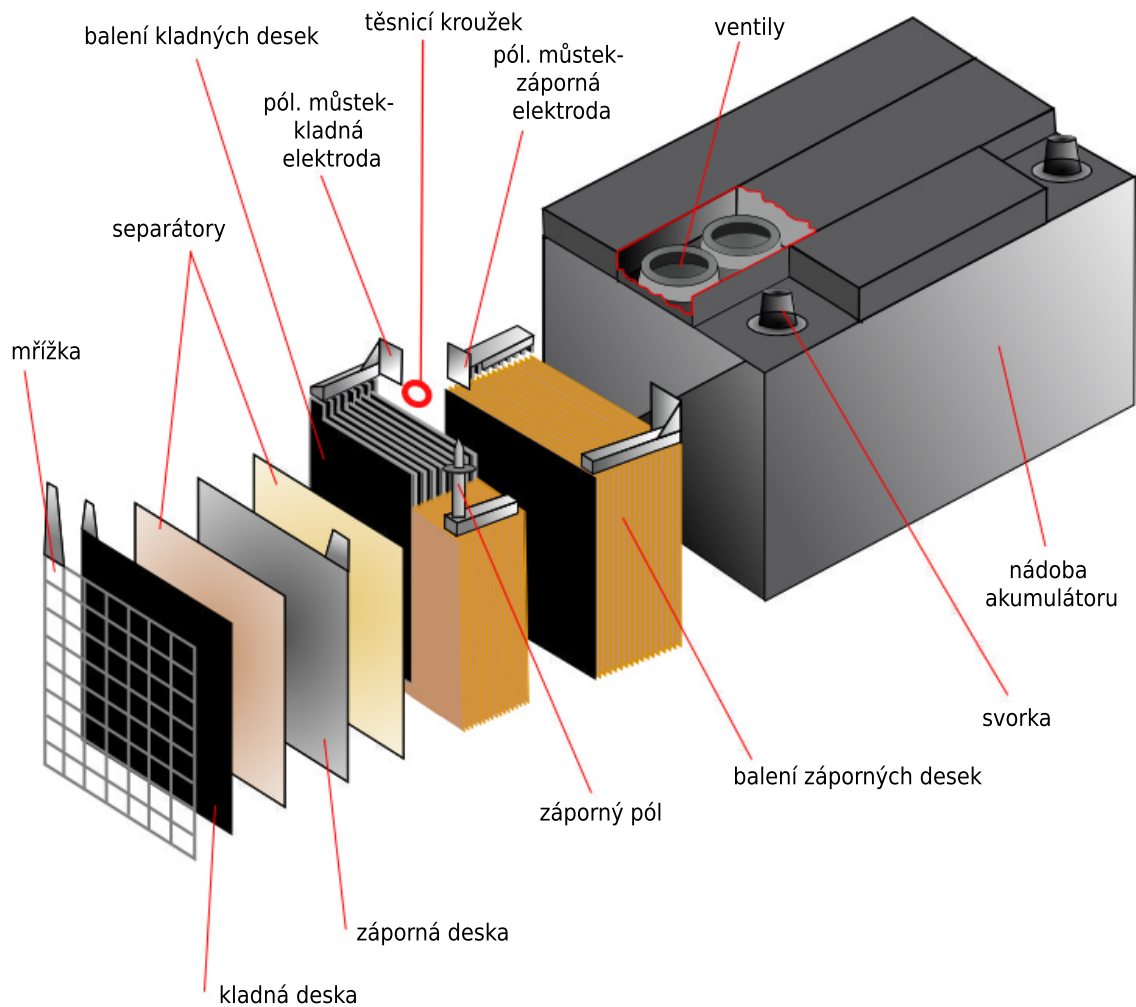
Záporné elektrody jsou většinou realizovány jako mřížkové a nebo bývají vytvořeny válcováním olověného pásu do finální podoby mřížky.

## 1.2 Části olověného akumulátoru

Oproti obecně popsanému galvanickému článku ve výše uvedených odstavcích se v akumulátorech vyskytují další části, stěžejní pro násobení kapacity a zvýšení napětí. Články se dohromady sériově spojují a tím se dosahuje požadovaného napětí pro využití akumulátoru.

Olověný akumulátor bývá realizován těmito částmi:

- Nádobu akumulátoru
- Separátory
- Elektrolytem a elektrodami - výše popsanými
- Spojovacími prvky - spojování určitých desek do sebe
- Svorkami (a póly) baterie
- Zátky a ventily



Obrázek 1.2: Obecné části olověné autobaterie [7]

### Nádoba akumulátoru

Nádoba je tvořena izolačním materiálem. Izoluje kyselinu sírovou a konstrukčně je schopna odolávat otřesům vozu při jízdě. Vhodnými druhy materiálů mohou být kopolymery polypropylenu a polyetyleny, nebo polypropylen a také umělé pryskyřice. U automobilového průmyslu se můžeme setkat s průhlednými materiály, jenž nám jednoduše indikují stav elektrolytu v baterii.[8]

### Separátory

Separátory elektricky oddělují elektrody od sebe. Zároveň se od nich vyžaduje, aby dobře vodily, kladly malý odpor a přenášely bez problému skrze sebe síranové ionty. Proto se vyhotovují jako deska, nebo „obálka“ elektrody, která je schopná propustit zmiňované ionty skrz.[2]

## Svorky baterie

Svorky jsou výstupem elektrod baterie. Jsou značeny plusem a mínusem korespondující s typem elektrody. Toto připojení v dnešní době uživatel neřeší, ale pro obecné zapojení ve výrobě je extrémně důležité. Pro správnou orientaci baterie je totiž nutné zapojovat řídicí a diagnostický modul baterie BDM na minusový pól a při nabíjení baterie připojovat minusový pól nabíječky na kostru vozu. Další podstatnou vlastností svorek je jejich materiálové provedení. Podle výběru materiálu se mění finální vodivost baterie. Ve výrobním procesu se navíc svorky mažou, aby byl dobrý kontakt při nabíjení.

## Zátky a ventily

Kvůli reakcím, které vznikají uvnitř akumulátorů, je nutné plyny odventilovat mimo baterii. Kdyby k tomuto nedocházelo, mohla by baterie v krajních chvílích explodovat. U olovených bateriích dnešní doby se plyny přímo neventilují, ale umožňují ventilovat při extrémním tlaku, spojeným s velkou hustotou elektrolytu.[3]

Oproti tomu zátky slouží v některých bateriích k ochraně proti vniknutí cizích těles, nečistot a par do článků. Zátky se mohou vyhotovovat v různých provedeních, můžou být antidetonační, nebo s indikací vybité baterie, či nedostatku elektrolytu.

### 1.2.1 Dělení olovených akumulátorů

Olovené akumulátory se dělí na:

- Uzavřené větrané
- Řízené ventilem
- AGM
- Gelové

#### Uzavřené větrané akumulátory

Jsou také často nazývány akumulátory se zaplavenými elektrodami. Články musí mít nad elektrodou plnicí prostor. V tomto prostoru se při používání baterie vyskytuje elektrolyt a mění se jeho hladina. Dále je zde nutný prostor plynovací. Jak bylo zmíněno u elektrolytu, při elektrolyze vznikají plyny a ty se musí v tomto typu akumulátoru uchovávat v daném prostoru. Když se baterie dodají tzv. „suché“ tak to znamená, že jsou bez elektrolytu a mohou se delší dobu skladovat. Když se baterie dodá s elektrolytem (jak tomu je u výroby automobilů), tak se může ihned používat pro zapnutí elektroniky a testování vozidla. Podmínkou pro okamžitou funkčnost baterie je dodávání 100 % nabitých baterií do montáže. Problémem u těchto akumulátorů je dlouhodobé skladování, které ničí uzavřené větrané baterie nejvíce, protože je elektrolyt všudypřítomný. Také je problém se sulfatací, což

je nežádoucí efekt nenávratně poškozující baterii krystalizací síranu olovnatého na elektrodě [6].

V moderních automobilech se využívají baterie EFB. EFB baterie se využívají pro vozy se start&stop systémem, běžně dostupným už v téměř každém nově vyrobeném voze. Start&stop systém častěji startuje motor a je nutné častěji dodávat vysoké proudy startéru. Jeho implementace se dá spojit s těžkými emisními podmínkami  $CO_2$  evropské unie, které musí automobilové firmy dodržovat. Za každý automobil a gram emisí nad danou úroveň se uděluje velká pokuta [9]. EFB baterie jsou jedno z řešení jak se do těchto náročných emisních limitů vejít.

### Akumulátory řízené ventilem

Bývají také popisovány zkratkou VRLA. Jsou to akumulátory, které neobsahují elektrolyt v kapalně formě [2]. Výhodou netradičního obsahu elektrolytu je jednodušší manipulovatelnost s baterií. Akumulátory také mají ventily, které zamezují úniku aerosolu kyseliny sírové. Díky ventilům není nutné mít komplexní větrání jak u uzavřených větraných akumulátorů a zároveň nemusíme řešit doplňování kapaliny jak u akumulátorů s ponořenými elektrodami [5]. VRLA akumulátory se dělí na AGM a gelové.

### AGM akumulátory

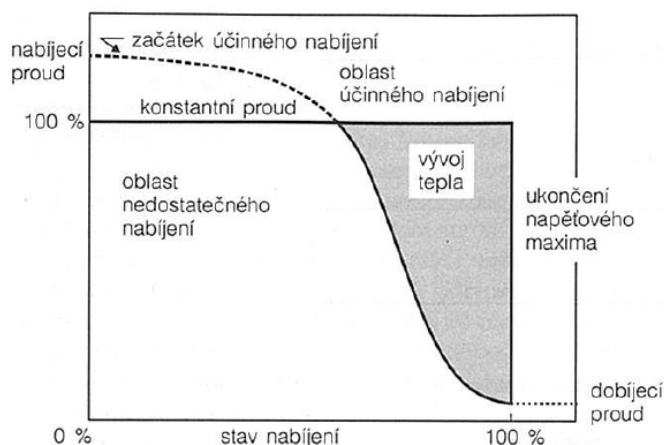
Mají elektrolyt nasáklý v separátorech ze skleněných mikrovláken. Mezi vlákna jsou póry, které umožňují difuzi kyslíku mezi kladnou a zápornou elektrodou. Kyslík se váže na zápornou elektrodu a pomocí oxidu olovnatého vzniká síran olovnatý. Výhodou AGM akumulátorů je menší vnitřní odpor. AGM akumulátory nemají zásadní problémy se samovybíjením jako baterie se zaplavenými elektrodami [3]. Na rozdíl od nich jsou ale dražší a tím pádem například ve Škoda Auto a.s. nevyužívány.

### Gelové akumulátory

V gelových akumulátorech je elektrolyt ztužený do gelové podoby. Chemické reakce jsou stejné jako u akumulátorů AGM. Největší výhodou je delší životnost, ale oproti akumulátorům AGM mají větší vnitřní elektrický odpor.[2]

## 1.3 Nabíjení a vybíjení baterie

Během nabíjení prochází proud kladnou elektrodou. Síran olovnatý reaguje s vodou a vzniká kyselina sírová. Větší koncentrace kyseliny sírové snižuje vnitřní odpor a tím pádem zvyšuje vodivost. Oproti nezapojenému, nenabíjenému článku má nabíjený článek vyšší napětí. U olovených autobaterií se z počátečních 12 V nezátížené baterie zvedne napětí nad 14 V. Na začátku nabíjení je nabíjecí proud největší a s zvyšující se kapacitou klesá [2]. Napětí zůstává na začátku stejné a postupně se zvyšuje se snižujícím se dodávaným proudem do baterie, jak lze vidět na grafu zde:



Obr. 7.6. Názorná nabíjecí charakteristika rychlého nabíjení

Obrázek 1.3: Rychlonabíjení baterie [2]

Procentuální kapacita baterie je určována hodnotou SOC od 0 do 100 % [1]. Její hodnota se dá popsat jako poměr aktuální kapacity k nominální kapacitě baterie v procentech. U moderních baterií je tato hodnota velmi důležitá, protože u akumulátorů se zaplavenými elektrodami vznikají problémy se samovybíjením úměrně s nižší úrovní nabití. Hodnota SOC nemá přímý výpočetní vzorec. SOC může být v každé instituci jinak definovaná a vypočítávaná podle vlastního algoritmu. Jsou ale veličiny, které by se do výpočetního algoritmu měly zohlednit. Veličiny jsou například hodnoty napětí naprázdno, klidových proudů, vnitřního odporu článku nebo třeba životnost baterie [5].

Právě zmiňované napětí je velmi dobrým indikátorem stavu baterie. Samotné napětí je sice zčásti nepřesné, ale zase je k němu vyžadován pouze voltmetr. Měření by mělo být prováděno na nezapojené baterii. Také by neměla být baterie měřena, když byla v posledních pár hodinách nabíjena. Na této webové stránce jsou vidět přibližné hodnoty napětí baterie naprázdno, které mohou posloužit k vyhodnocení stavu baterie: [10]. Když bude napětí velmi malé, tak je riziko nevratného poškození baterie a měla by se vyměnit. Přímě ekvivalentní hodnoty SOC k napětí naprázdno dané Škoda Auto a.s. v práci nepoužívám z důvodu ochrany vnitřních procesů společnosti.

## 1.4 Jak měřit nabíjení autobaterie

Kromě momentální hodnoty nabití baterie se dá hodnotou vnitřního odporu zjistit životnost baterie. Vnitřní odpor baterie se využíváním baterie zvyšuje, a snižuje se využitelnost baterie.

Další metodou měření je měření kapacity baterie. Tento test je nejdůležitější, protože přímo odpovídá kapacitě baterie. Měření se na rozdíl od měření napětí naprázdno měří pod zátěží. Baterie se vybíjí proudem a hodnotou svorkového napětí během vybíjení můžeme vypočítat průměrné napětí po dobu vybíjení. Výsledná



kapacita se vypočítá ze vztahu: [5]

$$Q = \frac{U_p \cdot t}{R} \quad [Ah; V, h, \Omega]$$

Kde  $U_p$  je průměrné svorkové napětí,  $t$  doba vybíjení a  $R$  zatěžovací odpor.

Kapacita by se měla stejně jako vnitřní odpor baterie kontrolovat periodicky, aby se případně odhalila končící životnost baterie.

## 1.5 Nabíjení baterií v praxi

Nabíjení baterií má tři hlavní kritéria: rychlost, energetickou účinnost a korekci nabíjení a teploty [2]. Energetická účinnost je pro praxi výroby nejméně zajímavá, protože jsou nabíječky dodané dodavatelem ověřované a jejich účinnost by se měla pohybovat mezi 90–95 %. Rychlost nabíjení je ale pro rychlý tok linky klíčová. Rychlé nabíjení se vyznačuje velkým počátečním proudem, který se s narůstajícím časem snižuje. Chování nabíjení je možné regulovat podle druhu charakteristiky nabíjení [2]. Pro výrobní aplikaci se hodí využít nabíječky s vnitřní diagnostikou stavu. Nejen, že jsou daleko bezpečnější než běžné dvoustavové (*ON/OFF*) nabíječky, ale také mohou regulovat tok proudu baterií, což zajišťuje delší životnost. Bezpečnostním rizikem nabíjení je vznik zkratů po zapojení nabíječky na svorky akumulátoru. Zkrat může být způsoben například nedokonalým kontaktem nabíjecích kleští na svorky. Zkratů a jiná rizika jsou ve vnitřní budově výroby neakceptovatelná. „Chytré“ nabíječky nejdříve zjistí jestli je připojení správné a baterie funkční a po časové prodlevě začnou nabíjet.

## 1.6 Vybíjení olověných akumulátorů se zaplavenými elektrodami

Vybíjení akumulátorů je jedním z hlavních problémů provozu automobilů, a důležitá veličina při výrobě automobilů. Každé vozidlo musí splňovat parametry kvality a baterie uvnitř moderního ne-elektrického automobilu je stěžejním elektrotechnickým prvkem provozu.

Baterie kromě startování automobilu aktivuje a dodává proud pro asistenční systémy vozu. Ve vozidle se například zapíná infotainment, i když není motor automobilu nastartovaný a tím pádem odebírá proud ze samotné baterie, což jí pomalu vybíjí. Podobně je to i s elektrickým displejem místo klasického tachometru. Tyto a ostatní elektrické systémy vozu se musí zkontrolovat a diagnostikovat v průběhu výrobního procesu, aby k zákazníkům dorazily vozy funkční jak po mechanické, tak po elektrické stránce.

Z tohoto důvodu elektronické zkoušky (také někdy „kontrolní body“) odebírají v průběhu linky proud a baterie se musí průběžně nabíjet. Nabíjení je esenciální, protože se automobil nevyužívá běžným způsobem. Autem se nikam operátor výroby nedopravuje a nevyužívá se alternátor na nabíjení baterie, kromě některých



speciálních jízdých testů. Aby se těmito systémy baterie hluboko nevybíjela, je nutné v samotné lince organizovaně baterie nabíjet. Z těchto důvodů se podle daného předpisu musí hodnota SOC pohybovat nad 80 procenty.

## 1.7 Problémy olověných baterií

### Samovybíjení

Samovybíjení nastává v situaci, kde není baterie zatížena. Vodík se z elektrolytu snaží disociovat a baterie ztrácí svoji kapacitu. Tento efekt nesvědčí bateriím, které se dlouhou dobu skladují nevyužité a nezapojené. Proto se skladují suché v případech kdy není nutné baterie využívat ihned po doručení, například v servisních centrech.

### Sulfatace

Při snižující se kapacitě baterie se snižuje i vodivost a lze v baterii zaznamenat nárůst sulfátu olovnatého. Síran olovnatý dále krystalizuje na elektrodách akumulátoru a při jeho nárůstu se efektivně zmenšuje jeho použitelná kapacita [6]. Sulfatace může být vratná anebo nevratná.

Při běžném používání se sice tvoří malé krystalky síranu olovnatého, ale běžným provozem se rozkládají zpět na aktivní materiály. Oproti tomu nevratná sulfatace nastane při transformaci malých krystalů na velké. Velké krystaly mohou vzniknout dlouhou časovou prodlevou v používání akumulátoru, anebo nedostatečné nabíjení akumulátoru. Tato sulfatace pohltí póry na mřížkách elektrod a mřížky se začnou roztrhávat, nenávratně zmenšující kapacitu baterie.[2]

## 2 Diagnostika ve Škoda Auto a.s.

V jakékoliv výrobě produktů je nutné dodržovat kontrolou kvalitu nebo určité vlastnosti produktů. K jednoduchému vyzorování problémů nějakého jednoduchého jednoúčelového produktu by stačilo lidské oko, nebo pokyn pro pracovníka. Kdežto automobil 21. století vyžaduje daleko větší kontrolu samotné elektroniky či senzorů, kterých můžou být stovky. U každého vozidla je třeba zajistit správnou funkcionality:

- Řídicích jednotek
- Senzorů řídicích jednotek
- Kalibrace jednotek a jejich prvotní nastavování (tzv. „flashování“)
- Jízdnicích vlastností vozidla

### 2.1 Řídicí jednotka

Může být použita v moderních automobilech téměř kdekoliv. Principiálně jde o výpočetní zařízení, sledující elektronické signály. Poté ŘJ signály vyhodnotí. Na jednotku může být připojena řada senzorů, které se adekvátně zpracovávají. Jednotkou lze například u dveří zaznamenávat, jestli jsou otevřené či ne, anebo může řídit sklápění zrcátek. Pro kontrolu jsou ve výrobní hale M1 stanoviště, kontrolující postupně celou elektronickou stránku vozidla.

### 2.2 Jak se s řídicí jednotkou komunikuje

Abych mohl z ŘJ vyčíst požadované informace, musím je vyčíst pomocí externího zařízení. Jednotlivé řídicí jednotky spolu sice komunikují, ale nejde se dozvědět vše pouze z automobilu samotného. Další věc co ŘJ sami nezpracují, je jejich diagnostika.

Pro účely diagnostiky elektrických jednotek a senzorů a komunikace s řídicími jednotkami se využívá multifunkční tester MFT [11]. Toto zařízení slouží k vyhotovení diagnostiky řídicích jednotek.



(a) OK výsledek SOC na MFT



(b) NOK výsledek SOC na MFT

Obrázek 2.1: Ukázky výsledků na MFT

MFT kromě číselných hodnot nabízí také finální výsledek. Výsledek určitého testu může mít logicky dva výsledky, buď test proběhl správně anebo ne, neboli OK a NOK. MFT se připojí do diagnostické zásuvky OBD konektorem, kterým je MFT vybaveno. Samotné MFT je vybaveno i Wi-Fi technologií, aby mohlo data posílat na server, umožňující další práci s daty z diagnostiky [1].



Obrázek 2.2: Diagnostické zařízení MFT [11]

Jak už bylo výše uvedeno, v automobilu je velký počet řídicích jednotek. Pro naše účely je potřebné se blíže seznámit jen s jednou. Touto jednotkou je BDM, zajišťující to nejpodstatnější co se týče diagnostiky baterie. ŘJ BDM předává z minusového pólu baterie data jednotce GW. Jednotka Gateway tyto data vyhodnocuje a předává MFT zařízení. Kalibrace jednotky BDM trvá nějakou dobu a při odpojení a následném připojení ukazuje nesprávné hodnoty SOC.

### 3 Cíl práce

Tato bakalářská práce je zaměřená hlavně na vytvoření efektivních kroků ke zlepšení nabíjení autobaterií ve výrobním procesu. Prvním úkolem závěrečné práce bylo stanovit, jak jednotlivé části výroby do sebe zapadají a pomocí dat zjistit, jaká místa na tom mohou být nejhůř. Z tohoto datového modelu jsem pak čerpal znalosti pro tvorbu analýz. Analýzy byly tvořené se soustředěním jak na optimalizaci nabíjení, tak na reporting pro management výroby Škoda Auto a.s.

Seznámení s problematikou je v tomto případě důležité, protože je nutné si nejdřív zaizolovat proměnné ve výrobě, které můžeme zanedbat a které zase ne. Tento krok musel být v mé práci první, protože bez něho by některé analýzy a myšlenky o optimalizaci neměly význam. Až při dostatečném pochopení výrobního procesu bych se mohl věnovat samotné optimalizaci.

Mezi hlavní parametr zlepšení je stav nabití baterie. SOC se vypisuje na každém důležitějším kontrolním bodě výrobní linky a jeho nedostatečná hodnota byla hlavním zaměřením této práce. V rizikových místech bylo cílem zjistit, kde by mohl vznikat největší problém s nabitím baterie a ten potom odstranit mírně upraveným procesem, nebo postupem. Slovo „mírně“ používám schválně, protože je velmi těžké aplikovat větší změny ve výrobě, bez obsáhlého experimentálního ověření přínosu a souhlasu všech částí výroby. Výrobní procesy jsou optimalizovány skrze tisíce kontrol a nutných testů, tím pádem přidávání nového procesu by mohlo výrobu zpomalit. Z tohoto důvodu jsem hledal řešení v místech, která mohou být přehlédnuta, ale mohou poskytnout znatelný rozdíl.

Mezi dalšími cíli bylo vytvořit přehled jednotlivých míst, kde se baterie nabíjejí. Schéma slouží za prvé pro pochopení, jakým způsobem a kde jsou baterie nabíjeny. Schéma také sloužilo jako vizuální pomůcka k zjištění slabých míst vybíjení. Podle něj se dá relativně jednoduše zjistit, která místa jsou od sebe vzdáleny více než ostatní, což může být důvod pro zaměření svých sil na tyto sekce výroby. Při splnění tohoto cíle se může nezasvěcený laik vyznat ve stanovištích výroby a může lépe vnímat problematiku nabíjení autobaterií.

Posledním cílem bylo vytvořit návrhy, které by měly kladný vliv na SOC. Cílu se dá dosáhnout zlepšení informovanosti ve výrobě předání funkčních reportů, založených na znalostech z analýz a informací od vedení výroby. Druhou cestou je datalogging vozu v průběhu jeho výroby a podle získaných dat vytvářet příslušné návrhy. Díky vyobrazení SOC, proudu do baterie a napětí baterie lze jednoduše potencionální návrhy ověřit.

## 4 Nabíjecí místa a zjišťování informací

Hned první situací mé práce je stanovení, co má negativní dopad na hodnotu SOC ve výrobní lince M1. Z tohoto důvodu jsem se moc nepouštěl do detailů kontroly olověných akumulátorů přímo ve výrobě Škoda Auto a.s. Kontrolu baterií zajišťuje jiná část firmy a baterie dodávané dodavatelem musí mít téměř 100 % SOC. Ve vozech Škoda se využívají baterie kapacity 49 Ah, 59 Ah případně 69 Ah <sup>1</sup>.

V praxi jsem se setkal s tím, že se sice problém s vybíjením baterií ve výrobě nachází, ale jen málokdo má zkušenosti s přímými důsledky těchto problémů. Vybíjení baterií lze ovlivnit parametry: jak dlouho zůstane baterie vybíjená nebo nenabíjená, kde na baterii působí okolní jevy, možnost vzniků problémů špatného zapojení, nebo jestli byla u automobilu prováděna dodatečná repasní činnost. Repasy na voze zapříčiňují delší dobu odstavení, což může autobaterii vybit. Důležitým aspektem výrobního programu, oproti běžnému životu baterie je speciální režim vozu. Ve výrobním procesu se automobil nachází ve speciálním ne-rekuperačním režimu, který se vyznačuje zvýšeným nabíjením baterie alternátorem vozu. Také se v tomto režimu vypínají mediální funkce vozu, například rádio nebo Bluetooth konektivita. Kromě upřednostnění nabíjení vůči ostatním funkcím vozu se v transportním režimu ve výrobě deaktivují některé funkce infotainmentu.

Ve výrobní hale se na každém taktu výroby montuje, kontroluje a upravuje určitá část automobilu. Od montování dveří po zapojení svorkovnic v celém voze. Pro diagnostiku elektroniky vozu jsou důležité jen některé body. Tyto kontrolní body, také zkratkou nazývaný KB mohou být jak kontrolní, tak i úpravné.

Jejich upravený seznam je vidět zde:

1. IDG
2. FAZIT
3. Flash
4. B16
5. Válce-BR
6. B18
7. HLA

---

<sup>1</sup>k roku 2021 až první polovině roku 2022

## 4.1 IDG

V sekci IDG se čtou elektronické dálkové klíče a sváží se na VIN automobilu. VIN kód vozu je mezinárodní identifikací, který bývá vyznačen pro kontrolu vozu jak před prodejem, tak po něm [12].

V sektoru IDG není na baterii připojena ŘJ baterie, takže se baterie nemůže vybíjet. Prakticky je pro tuto práci kontrolní místo IDG nedůležité a ani není možné baterii vybíjet či nabíjet. Hlavním důležitým parametrem tomto bodě je kapacita baterie, která byla dodaná do závodu Škoda Auto a.s. externím dodavatelem.

## 4.2 FAZIT

Zkouška FAZIT slouží k odesílání dat do serveru z řídicích jednotek. Data slouží k činnosti imobilizéru. Stejně tak jako na sektoru IDG, na FAZITu se nijak s baterií nepracuje.

## 4.3 Flash

Flash je sektor nebo stanoviště, které má za úkol kalibraci základních systému automobilu a načtení chybové paměti například pro motorovou jednotku. Realizace Flashe probíhá na taktu výroby během mechanických činností na automobilu linkovými zaměstnanci. Kdyby tato zkouška probíhala zvlášť, tak se doba výroby prodlužuje o 20–30 minut na vůz. Jakékoliv prodloužení výrobní doby je nežádoucí. Činnost prováděna na sektoru Flash je pro vůz energeticky namáhavá a jediným zdrojem energie je baterie vozu. Baterie se před zkouškou Flash zapojuje, aby mohlo zařízení MFT začít diagnostiku. Je tedy na místě vyhodnotit a ověřit, jak moc se baterie v průběhu testu vybije a jestli se může vybíjení zredukovat.

Pro tento test jsem měřil voltmetrem dodaným oddělením PFS napětí baterie před testem Flash a po něm. Měření byly stejné vozy před a po, a typ vozu vybírán nebyl. Tím pádem jsem se řídil přímou distribucí vozů a baterií ve výrobě.

Nabitá baterie by měla ukazovat napětí naprázdno větší než 12,5V. Podle měření: 4.1 můžu prohlásit, že se baterie do výroby dodávají s 100 % kapacitou, což je očekávaný stav. Po zkoušce Flash se napětí v průměru zmenšilo o 0,2V. Při zběžném převodu napětí na SOC volně dostupném na internetu, můžu lehce zjistit, že kontrolní zkouška Flash snižuje SOC o podstatnou část. Průměrně se kapacita akumulátoru v automobilu zkouškami Flash vybije až o 10 % [13]. Při podstatné změně SOC lze dále uvažovat o vylepšení stavu nabíjení na sektoru Flash. Kvalitní nabíjení je zde důležité, protože se vůz nachází na samotném počátku kontrolních bodů elektroniky vozu. Problémy a nedostatky, které vzniknou zde, se musí dohánět na budoucích místech. Ve skutečném toku linky je ale nabíjení nemožné, protože se na sektoru Flash plní klimatizace a tím pádem se nesmí zasahovat do motorového prostoru nabíjením.

Také jsem se chtěl v práci věnovat možné korelaci mezi hodnotou napětí baterie

Tabulka 4.1: Měření baterií na stanovišti Flash

Před zkouškou Flash [V]	Po zkoušce Flash [V]	rozdíl před a po Flash [V]
12,77	12,46	-0,31
12,75	12,49	-0,26
12,74	12,5	-0,24
12,76	12,43	-0,33
12,65	12,59	-0,06
12,76	12,58	-0,18
12,75	12,58	-0,17
12,79	12,57	-0,22
12,67	12,52	-0,15
12,74	12,56	-0,18

a hodnoty SOC. Bohužel se mi nepodařilo získat baterii EFB s kapacitou 49 Ah. Tento typ baterie by se poté měřil v prostorách Technické univerzity v Liberci.

## 4.4 B16

Kontrolní místo B16 je první stanoviště přímé kontroly SOC baterie ve voze. Po této zkoušce se vůz dá považovat za pojízdný. Na kontrolním bodě KB6 (B16) se kontroluje téměř všechna elektronika vozu. Z podstaty věci se baterie kvůli náročným elektronickým testům vybije. Na stanovišti B16 už není nutno zasahovat do motorového prostoru vozu, proto se v této části nechává automobil celou dobu zkoušky nabíjet externí rychlonabíječkou. Díky nabíjení se ztráty zkouškou Flash a Fazit mohou lehce dobít a baterie se bude téměř pokaždé pohybovat mezi 90–100 % SOC. Po zkoušce KB6 se vozu při prvním startu motoru nabíjí baterie, protože první start je pro baterii nejvíce namáhavý.

## 4.5 Válce-BR\*

Zkouška na válcovém dynamometru, nazývaná BR(1–4) je pro automobil naprosto stěžejní. Před válci se seřizuje geometrie kol vozu a kalibrují se asistenční systémy (např: zadní a přední kamery vozu). Toto stanoviště (FAS) ale nemá téměř žádný vliv na SOC vozu. Ve válcích se kontroluje funkčnost motoru, brzd, ručních brzd a asistenčních systémů motoru. Kromě těchto zkoušek se zde kontroluje i velké množství vnitřních testů motorů.

Při jízdě automobilem se baterie alternátorem nabíjí. Automobil se sice na válcích nehýbe, ale kola se točí a motor je nastartovaný. Operátor testu válců vykonává pokyny dané zařízením MFT, např: zrychlení na 40 km/h, zpomalení a aktivace ruční brzdy. Zjišťuje se zde SOC vozu.





Obrázek 4.1: Válcový dynamometr v řízení kvality v závodu Kvasiny [14]

Po zkoušce na válcovém dynamometru se vůz přesune na první lícovací pás, kde se jednotlivé díly lícují. Během lícování se dokončuje elektronická kontrola po testu válců pomocí zařízení MFT.

## 4.6 B18

KB8 neboli B18 je dalším důležitým místem, kde se vypisují chybové zprávy z řídicích jednotek. Samotná zkouška má podle přílohy: A.1 na stav baterie velký vliv. Baterie se na tomto stanovišti může vybit o více než 4 %. Následně se na lícovacím pásu nechává 15–25 minut baterie nabíjet. Nabíječka je zavěšená na nosníku po kterém se pohybuje s tokem vozů. Podle měření SOC se baterie na tomto pásu nabije okolo 4 až 5 procent. Na pohyblivém pásu se kontroluje lícování.





Obrázek 4.2: Lícování a nabíjení baterie zavěšenou externí nabíječkou (žlutá s oranžovým kabelem) po stanovišti B18 [15]

## 4.7 HLA

Posledním stanovištěm je seřízení světel automobilu. Bez tohoto stanoviště by světla nebyla seřízená pod správných úhlem. Kontrola a seřízení HLA odebere v praxi z baterie až 2 % SOC, takže by se teoretická změna mezi stanovištěm B18 a HLA měla pohybovat mezi +3 až +4 % rozdílu SOC.

## 4.8 Časová posloupnost jednotlivých zkoušek

Po zkoušce Flash, která trvá do 20 minut, se automobil přesune na zkoušku elektroniky B16, která trvá okolo 20 minut. Vůz se na B16 přemísťuje pomocí výtahů a pásů. Na kontrolním bodě B16 se elektronika vozu zkontroluje pomocí MFT zařízení. Poté se automobil výtahem přesouvá dolů na přízemí haly. Zde se s automobilem odjíždí směrem na geometrii (FAS) a následné válce, nebo na repasní činnosti plynoucí z nevyhovujícího výsledku elektronické zkoušky B16. Při přímém toku z B16, by se mělo vozidlo dostat na geometrii do 60 minut. Časový údaj předpokládá normální vytížení linky válců a při koncentrovaném počtu vozů musí vozy čekat ve frontě. Fronta vozů prodlužuje dobu odstavení vozu a může se vybíjet autobaterie. Další komplikací jsou obědové pauzy, během kterých čeká vůz nestandardní dobu před stanovištěm.

Po zkoušce válců musí vůz absolvovat první zkoušku lícování, která by měla trvat do 20 minut. Když je lícování dokončeno, tak se jízdni vlastnosti otestují operátory na jízdni testech na polygonu. Zde se s vozem testuje jízdou správná reakce automobilu na vstupní požadavky řidiče a jestli se nevyskytnou nějaké nedostatky [16].

Po zkoušce polygon se automobil nechá projet vodním testem, neboli testem vodotěsnosti. Poté se vyčítá poslední elektronická zpráva na stanovišti B18. Časový rozdíl mezi válci a B18 by se měl pohybovat časově do jedné hodiny, když opomeneme prodloužení způsobené pauzou na oběd. Číselná hodnota SOC po B18 je velmi důležitá, protože zde vůz nedosahuje požadované hodnoty 80 % SOC, dostatečně často. Po zkoušce B18 se vůz dostaví na kontrolu lícování, při kterém se autobaterie nabíjí. Vůz se nabíjí zavěšenou nabíječkou nad vozem, která se pohybuje stejnou rychlostí jako pohyblivý lícovací pás. Toto nabíjení je velmi důležité a jedním z hlavních nabíjecích momentů vůbec.

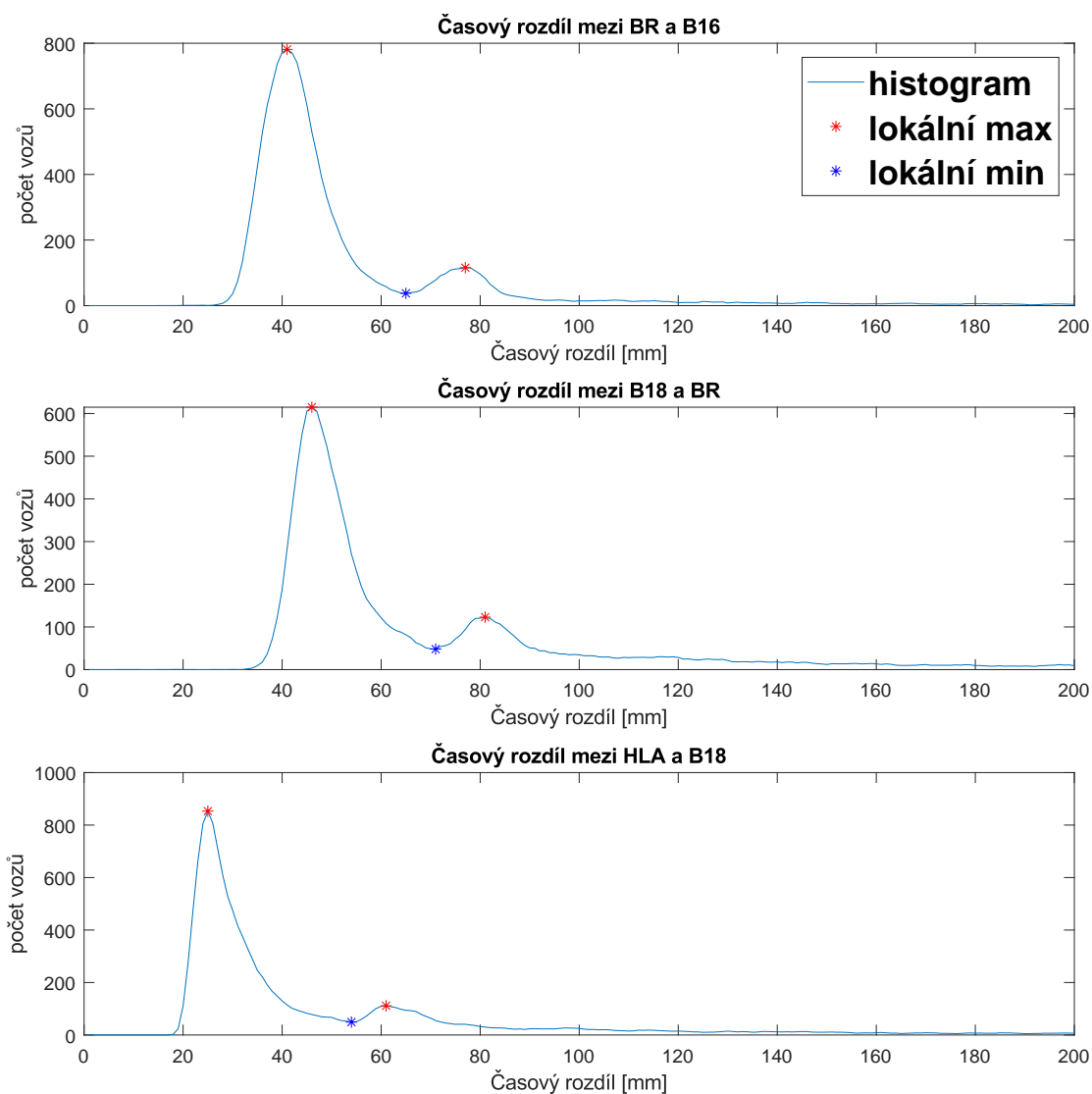
Ihned po kontrole lícování se automobilu seřídí světla na stanovišti HLA a vyčte se znovu SOC vozu. Když jsou všechny testy (včetně testu SOC) OK, může být vůz považován jako vhodný k prodeji a je dále přesouván mimo výrobní halu. Po tomto stádiu je pro nás jeho hladina SOC nepodstatná.

### Vysvětlení grafů časového průběhu

Zjištěním časové posloupnosti se zjistí odpovědi na dvě hlavní otázky. První je: „Jak dlouho trvá přesun z jednoho kontrolního bodu do dalšího?“ Odpovědí na otázku zjistím nejen čas, ale můžu se zaměřit na případné problémy plynoucí z delšího času čekání před dalším stanovištěm. Dlouhý čas mezi sekcí BR a B18 znamená delší dobu zapnutého zapalování před testem vodotěsnosti, což baterii vybíjí.

Další otázkou je: „Jak zjistíme jaké vozy jsou přímé a nepřímé?“ Pomocí analýzy počtu vozů procházejících zkouškami skrze PowerBI, můžu zobrazit histogram podle času mezi zkušebními místy. Histogram jsem následně vyobrazil pomocí programu Matlab pro vyobrazení minim a maxim grafů. Prvním maximem je většinový podíl všech vozů, zobrazující na ose x nejčastější počet minut mezi stanovišti. Lokální minimum nezobrazuje téměř žádné vozy, protože je tento čas pro daný přesun vozu nepravděpodobný. Zajímavostí je konvexnost grafu mezi oběma maximy. Kvůli této nepravděpodobné distribuci jsem se zaměřil na druhé, méně časté maximum a vozy zastupující čas mezi lokálním minimem a tímto druhým maximem. Autobily pohybující se v této zóně grafu byly vozy, na kterých byly mezi stanovišti prováděny repační činnosti. Druhou možností byly vozy, které byly ovlivněné obědovou pauzou, takže se kvůli přerušení linky jejich přesun prodloužil o 30 minut obědové pauzy.

Zjištění vyhotovené pomocí PowerBI nám mohou dále pomoci s filtrací dat a empirickým důkazem, jaké vozy jsou přímé a nepřímé. Také nám mohou znázornit problematická místa výroby.



Obrázek 4.3: Porovnání rozdílů času podle stanišť

## 4.9 Postupy zjišťování informací

### MFT

Diagnostický nástroj MFT jsem zapojoval do automobilu při repasní zkoušce SOC. To znamená, že když bylo potřeba z automobilu zjistit momentální hladinu SOC, tak jsem použil speciální režim kontroly SOC. Tato hodnota se uložila do serveru, který zaznamenává každou kontrolu provedenou na každém automobilu během výroby.



## Data Handling

Server UPS je jedním z několika serverů systému Škoda Auto a.s. V principu jde o systém, který uspořádává podle modelu automobilu, podle vyhotovené zkoušky a podle OK a NOK zkoušek jednotlivé vozy, které se momentálně vyrábějí na lince. Díky tomuto systému a mnohým dalším se mohou vyhotovovat jednotlivé a i hromadné analýzy všemožných parametrů.

**Test UPS M1**  
 Aktualizováno: 11.03.2022 09:03:46

**SK260 Fabia 3 Model: NJ**

XXX	FAZIT / FQ	FLASH / FQ	KB6 / FQ	VALCE1 / FQ	VALCE2 / FQ	VALCE3 / FQ	VALCE4 / FQ	KBB / FQ	HIA1 / FQ	HIA2 / FQ	HIA3 / FQ	HIA4 / FQ
100% (10)	100% (10)	90% (10)	100% (3)	100% (2)	100% (5)	83% (18)	75% (4)	100% (1)	100% (4)	0% (1)		

**SK370 Scala / Kamiq Model: NW**

IDG / FQ	FAZIT / FQ	FLASH / FQ	KB6 / FQ	VALCE1 / FQ	VALCE2 / FQ	VALCE3 / FQ	VALCE4 / FQ	KBB / FQ	HIA1 / FQ	HIA2 / FQ	HIA3 / FQ	HIA4 / FQ
100% (55)	100% (53)	97% (68)	84% (70)	94% (17)	90% (20)	94% (16)	100% (14)	83% (71)	83% (12)	89% (9)	92% (13)	74% (10)

**SK270 Fabia Model: PJ**

IDG / FQ	FAZIT / FQ	FLASH / FQ	KB6 / FQ	VALCE1 / FQ	VALCE2 / FQ	VALCE3 / FQ	VALCE4 / FQ	KBB / FQ	HIA1 / FQ	HIA2 / FQ	HIA3 / FQ	HIA4 / FQ
100% (45)	100% (48)	94% (33)	79% (33)	88% (8)	88% (8)	92% (13)	67% (6)	63% (43)	91% (11)	100% (13)	100% (7)	100% (8)

Obrázek 4.4: Seznam vozů (podle KNR) v UPS

Oproti tomu Prodis Control slouží k samotnému vybrání parametrů, kterými si pracovník omezí výběr dat ze serveru UPS. Z tohoto systému jsem si aktivoval požadavky na vybrání dat podle určeného kritéria či kritérií a dále s daty pracoval.

Prodis Control data generaloval ve formátu „.xls“. S těmito soubory jsem pracoval v programu Microsoft Excel, který splňuje několik požadavků pro moji práci. Hlavním požadavkem je dodatečná filtrace dat odebráním duplicit, komplexnější izolaci např. přímých vozů a eliminace nevyhovujících dat. Mezi použité funkce Excelu se dají zařadit funkce „SVYHLEDAT, KDYŽ, A, COUNTIFS“. Tyto funkce jsou v principu jednoduché, ale jejich použití musí být takové, aby vycházející data a grafy dávaly smysl. Další možností úpravy dat z Prodis Controlu je použití integrace „Visual Basic for Applications“ dohromady s Microsoft Excelem. V prostředí VBA se mohou automatizovat téměř veškeré požadavky, které jsem měl na manuální úpravu dat přímo v Excelu.

## PowerBI

PowerBI je dalším nástrojem práce s daty od společnosti Microsoft. Jeho velkým rozdílem od ostatních možností práce s daty je přímá integrace v IT prostředí Škoda Auto a.s. Díky tomuto faktu je přenos dat jednoduchý. Také se zde vyskytuje

možnost aplikovat podobné analýzy jako v programu Excel. Používá se na živé zobrazování analýz a grafů, což Excel přímo neumožňuje. Úprava a filtrování dat je ale v některých případech komplikovanější.

## Ostatní metody

Další možností úprav jak běžných dat z „.csv“ souborů, tak i souborů formátu „.xls“, je zvolení open–source varianty: programovacího jazyku Python. Ideálním kandidátem využití programovacího jazyku Python je webové rozhraní Jupyter, který například automaticky zobrazuje graficky tabulky, oproti běžnému výstupu v příkazovém řádku. S Pythonem se u zpracovávání dat manipuluje s daty pomocí knihoven Pandas, Numpy a například i Matplotlib. Knihovna Pandas nabízí mnoho nástrojů pro práci s tabulkami a daty. Numpy oproti tomu zprostředkovává práci s maticemi a vícerozměrnými poly. Matplotlib data graficky znázorňuje a je rozšířením knihovny Numpy. Všechny tyto knihovny jsou buď open source, nebo přímo svobodný software, podobně jako samotný programovací jazyk Python. Tato otevřenost je naštěstí pro přísné požadavky na bezpečnost a na funkčnost softwaru pro Škoda Auto a.s. nedostačující. Proto se používají ověřené licence balíčku Microsoft Office a další nadstavbové služby, vyhovujícím mnoha parametrům IT bezpečnosti Škoda Auto a.s. Z vlastního pohledu se v Pythonu může pracovat s velkými daty velmi snadno a některé činnosti mohou být pomocí něho sice na první pohled komplikovanější, ale díky efektivnosti kódu rychleji vyhotoveny. Co se týče ale samotné automatické analýzy je PowerBI efektivnější nástroj.

## Úskalí při vyhodnocování dat

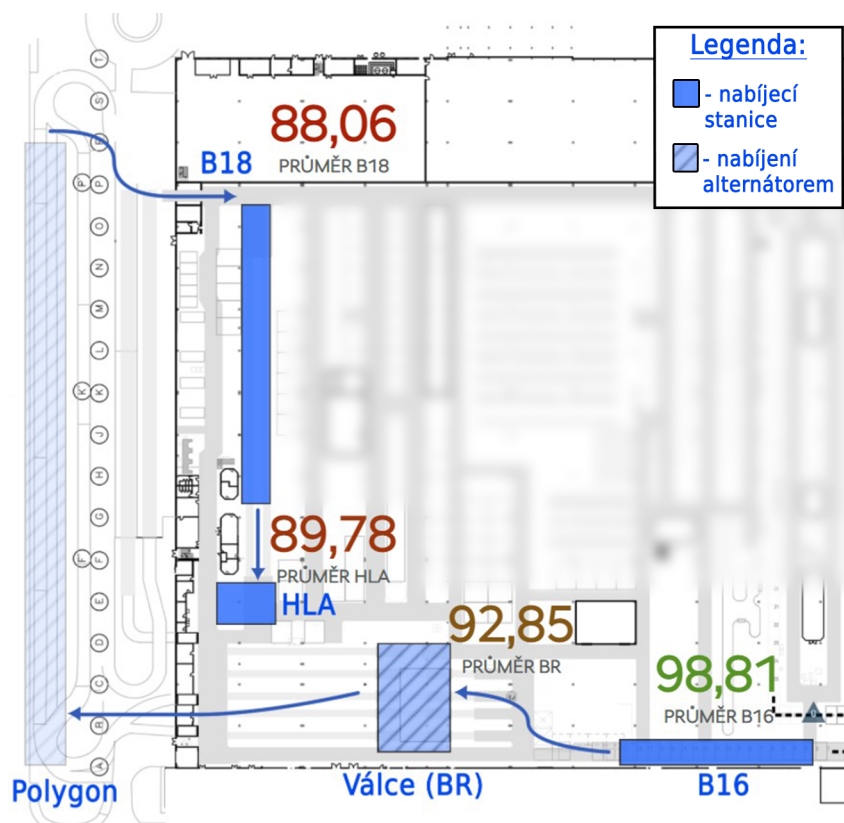
Prvním úskalím je výběr dat pro analýzu. Výběrem množiny dat jsem si mohl odebrat některé vozy, které do množiny nepatří, nýbrž jsou pro zjištění skutečnosti důležité. Tato situace může vzniknout i při nedostatečné filtraci dat, při které nám smysluplná data zahlcují data nepodstatná. Problém výběru dat jsem mohl řešit zejména plným pochopením situace a následnou analýzou, nebo retrospektivní ověřením, že zobrazovaná data mají základ v realitě.

Kromě zpracovávání dat se objevuje i otázka jejich samotného vzniku. Naštěstí je systém diagnostiky ve Škoda Auto a.s. tak obsáhlý, že se data ze systému shodují s realitou a nemůže vzniknout problém s odběrem dat ze zdroje.

Další úskalí se vyskytuje u samotné hypotézy této bakalářské práce. Návrhem bakalářské práce by mělo být vylepšení stávajícího stavu a proto se moje snažení zaměřuje na nedokonalosti nynějšího stavu a ne na velké změny současného stavu.

Samozřejmě je také kontrola výsledků vzniklých analýzou. Toho lze dosáhnout tím, že si ověříme zjištěný údaj na samotném automobilu v systému Škoda Auto a.s. Kontrola by se ale měla provést několikrát, aby nedošlo k náhodě odpovídajících dat. Taková náhoda se jednoduše eliminuje následnou kontrolou času jednotlivých zkoušek na automobilu a jejich odpovídajícímu času v analýze podle obrázku: 4.3. Důležitou součástí procesu analýzy je i následná kontrola výsledků s vedoucím, který dokáže z vlastní zkušenosti zjistit, jestli se data shodují se skutečným stavem či ne.

## 5 Přehled nabíjecích míst autobaterií



Obrázek 5.1: Přehled kontrolních míst a průměrné SOC

Jedním z prvních výstupů bakalářské práce je grafický přehled nabíjecích míst ve výrobní hale M1. Na schématu chybí nabíjecí stanice pro repas po vodním testu a nabíječky u elektrických repasí. Repasní nabíječky jsem do schématu nevložit, protože je jejich nabíjení mimo přímý tok linky a nemění nic na stavu OK/NOK výsledků SOC v přímém toku. Jak lze vidět na obrázku: 5.1, jsou dva druhy nabíjení baterií vozidla. První variantou znázorněnou plnou barvou, je klasické nabíjení přes externí nabíječku. Nabíječka je připevněná na pohyblivém nosníku nad přední kapotou vozu, posouvající se s tempem linky vozů. Druhou možností znázorněnou šrafovane, je nabíjení jízdou. Automobil nabíjí baterii při jízdě alternátorem a tím pádem může SOC o pár procent narůst.

Pro úplnost a využitelnost schéma jsem implementoval funkcionalitu ukazatele průměrného SOC na daném stanovišti. V obrázku je tento údaj statický, ale v PowerBI reportu se může tento údaj měnit podle aktuálního stavu výroby a průměru SOC. Pro znázornění průměru jsem si nejdříve vytvořil 4 konkrétní tabulky pro jednotlivé stanoviště s unikátním výčtem vozů. K vozům jsem přiřadil jejich daný časový údaj a hodnotu SOC na konkrétním stanovišti. Po vyhotovení tabulek jsem vytvořil „míru“ počítající průměr skrze celý sloupec. Poté jsem jednotlivým mírám vytvořil podmíněné formátování, zobrazující od červené (80 %) k zelené (100 %) hodnotu State of Charge.

Zvolení průměru je téměř identické, jako zvolení mediánu. Jediným rozdílem je hodnota na stanovišti B16, kde se až na absolutní výjimky vyčítá SOC jako 100 %, což medián správně potvrzuje.

## 6 Rozdíl SOC mezi B18 a HLA

Druhým výstupem mé práce byla souvislá analýza přímých vozů mezi stanovištěm B18 a HLA. Zaměřoval jsem se i na jiná místa, ale tento sektor ukazoval nejzajímavější rozdíly. Hlavním cílem práce je zjistit jestli se problém vybíjení na hale nachází a kde.

Obecně se dá vyjádřit k grafu následovně: Graf obsahuje přímé vozy výrobní linky v určitém výrobním týdnu<sup>1</sup>. Daný výrobní týden by měl být týden, kdy nebyli komplikace spojené s výrobou vozů a nedocházelo k doděláváním nekompletních vozů. Automobily v grafu jsou pouze nové Fabie (gen. 4) a Scala/Kamiq. Starší model Fabie (gen. 3, combi) jsem se rozhodl nezakomponovat z důvodu konce jejího cyklu výroby a její zastoupení ve výrobě je malé. Dále jsem vytvořil pomocí PR-čísla<sup>2</sup> limitující podmínku určitého typu baterie.

Posledním parametrem byla reprezentace histogramu. Primárně se dá tvořit histogram automaticky a nebo manuálně. Automaticky se jak v Microsoft Excelu, tak v Matlabu vytvoří histogram všech zastoupených hodnot. Manuálně si lze například v Matlabu vytvořit vlastní rozsahy pro zobrazení histogramu na x-ové ose. Pro mé účely jsou ale oba přístupy nepoužitelné. V grafu jsem chtěl nejprve zobrazit kladné, chtěné rozdíly mezi stanovišti<sup>3</sup>. Dalším požadavkem mé práce bylo zahrnout nulový nárůst SOC mezi stanovišti a zároveň i sdružené negativní rozdíly. Pro tento krok jsem musel vytvořit speciální sloupec COUNTIFS podmínek, který histogram podle požadavků vypočítal.

Podle grafického zobrazení se dá v praxi tvrdit, že se hodnota +4 a +5 % téměř nevyskytuje. Může to být způsobeno mnoha prvky:

1. Zkouška HLA odebírá baterii pevně 1–2% SOC, kvůli odběru proudu samotnou zkouškou
2. Delší čas mezi B18 a HLA, který se projeví nižší hodnotou SOC
3. Nezapojení baterie operátorem
4. Špatný kontakt na svorkách
5. Chybná/ nefunkční nabíječka

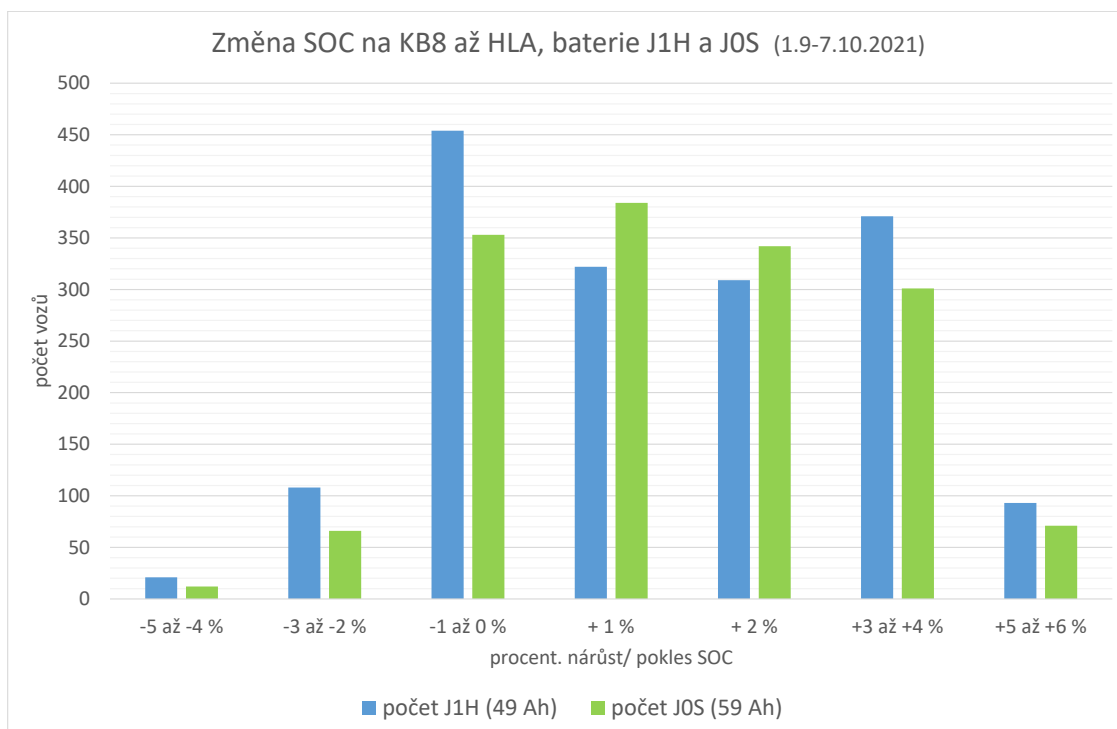
---

<sup>1</sup>či případně měsíci, nebo jinému časovému údaji

<sup>2</sup>PR-číslo je číslo výbavy, nebo dílu konstrukce vozu. Např: výbava s určitým typem motoru, baterie (kapacita)

<sup>3</sup>Mezi B18 a HLA je pohyblivý pás lícování, kde je připojená baterie celou dobu lícování karoserie, proto by mezi stanovišti měl být nárůst SOC





Obrázek 6.1: Graf ukazující rozdíl SOC mezi B18 a HLA

Tento graf byl hlavním důkazem ověření (ne)funkčnosti nabíječek a kontrola zapojení. Zapojení baterií se v naprosté většině případů vyskytuje správně a valná většina nabíječek se po značné kontrole údržbou začali nabíjet předpokládaným způsobem.

Jak už bylo v práci zmiňováno v kapitole o B18: 4.6, hodnota nárůstu nabíjecího pásu mezi B18 a HLA je okolo 4–5 %, což jsem experimentálně ověřil měřením na nabíjecím pásu. Celkově bylo mnou a kolegy naměřeno 64 vozů.

Tabulka 6.1: Rozdíl SOC mezi B18 a HLA pouze na nabíjecím pásu

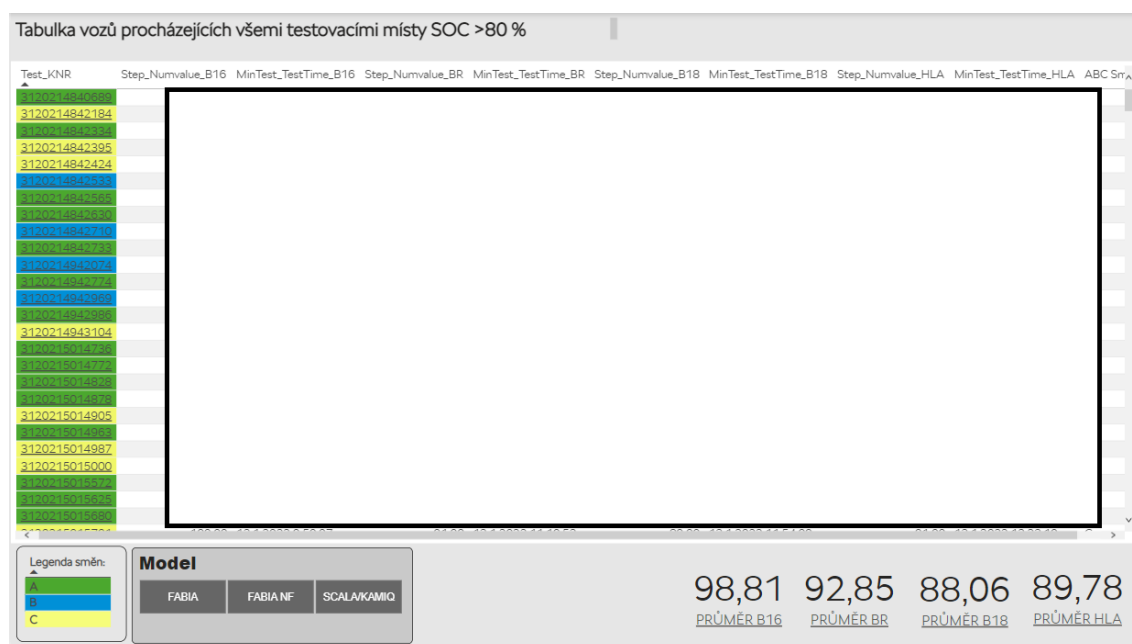
Zkrácený KNR vozu	SOC rozdíl [ %]
4223081	5
4340951	3
3434959	5
4452078	6
3443924	4
3421843	6
4340767	5
4340842	<b>0*</b>
4514666	5
4342338	7
4340977	5
4520564	4
...	...
4550759	5
4340972	7
4340784	3
4222529	5
4520780	5

\*– špatné zapojení operátorem, špatný kontakt na svorkách baterie, nebo problematická nabíječka

## 7 SOC PowerBI reporting a návrh

Místo Excelového grafu rozdílu SOC mezi B18 a HLA jsem se rozhodl vyhotovit reporty v PowerBI, které se budou více shodovat s aktuálními<sup>1</sup> požadavky výroby Škoda Auto a.s. Reporty zároveň posunuly informovanost o stavu SOC a zároveň byly logickým pokračováním mé bakalářské práce. Finálním výsledkem byly dva reporty.

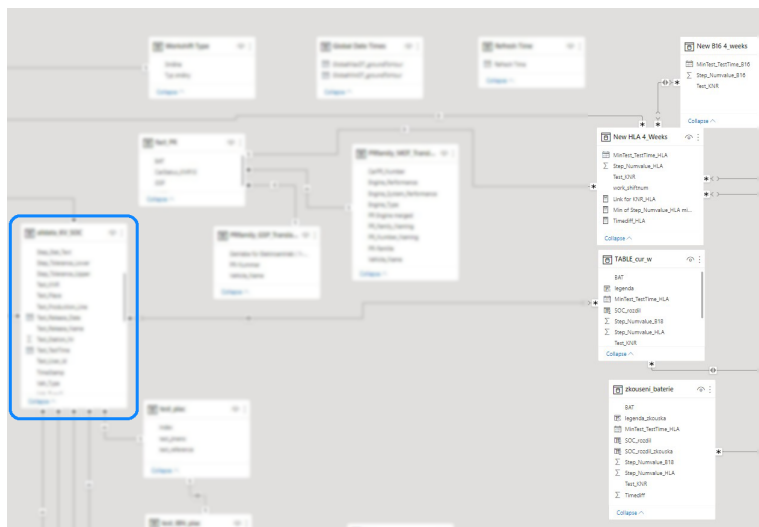
První report zobrazuje všechny vozy s jejich SOC, časem, kdy byl vůz na daném kontrolním stanovišti a časovým rozdílem mezi nimi. Vozy jsou barevně označeny podle druhu směny a je možné je zalimitovat podle druhu vozu (Fabia, Scala/Kamiq). Také je možné si přes číslo vozu HTML odkazem zobrazit vůz na všech zkouškách v UPS serveru. Samotná data jsou zamazaná, protože se dají identifikovat s interním KNR číslem.



Obrázek 7.1: 1. report pro výrobu

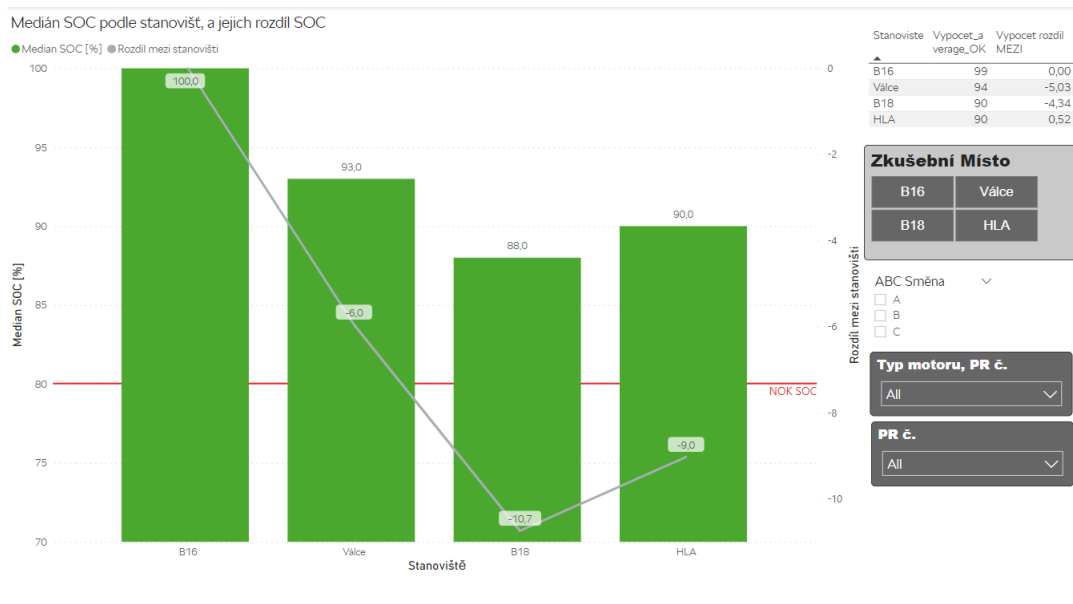
<sup>1</sup>k lednu roku 2022

A zde ukázka interakcí v samotném PowerBI, přičemž modře označená databáze obsahuje veškerá data týkající se SOC výroby M1.



Obrázek 7.2: Ukázka škály interakcí v systému PowerBI

Pro vytvoření komplexní tabulky je nutné počítat s limitacemi softwaru jak u PowerBI, tak i Excelu. Narozdíl od statického Microsoft Excel, zvládá PowerBI hladce změnu filtrů, parametrů a i aktualizaci dat. Naneštěstí je hlavní nevýhodou PowerBI neschopnost využití běžné Excel funkce SVYHLEDAT („*VLOOKUP*“). Jedním řešením, jak i přesto zobrazit jednotlivá SOC pro každý z úseků je vytvoření čtyř kalkulovaných tabulek, které filtrují každé ze stanovišť zvlášť. Po vytvoření nezávislých tabulek lze jednoduše tabulky zkompletovat přesunutím chtěných sloupců s daty do vizualizace.



Obrázek 7.3: 2. report pro výrobu

K vytvoření druhého reportu bylo už několikrát správně nakročeno pomocí grafů v Microsoft Excel. Pro integraci živých dat a celkovou možnost lepší filtrace jsem se rozhodl graf vyhotovit v PowerBI. Graf ukazuje medián SOC stanovišť a šedě se vyobrazuje rozdíl mezi stanovišti od začátku linky. Samozřejmostí je také možnost graf různě filtrovat, buď podle zkušebního místa, druhu směny, typu motoru ze kterých je počítán medián a rozdíl a nebo PR-číslo vozů. Organizace dat je v principu stejná jako u předchozího reportu. Rozdílem je vytvoření míry výpočtu mediánu pro každou tabulku stanoviště a následné vložení do grafu.

## 8 Porovnání se závodem Kvasiny

Při návštěvě výrobního závodu Škoda Auto a.s. V Kvasinách jsem se mohl přímo podívat, jak s hodnotou SOC pracují. V Kvasinách se vyrábí Škoda Superb, Superb iV, Superb Combi, Kodiaq, Karoq a také Seat Ateca a její bratrský vůz Ateca Cupra.[17][14]

Rozdíly, které jsou pro mojí práci důležité, jsou tyto:

- Odlišný průběh linky
- Odlišné externí nabíječky
- Organizační změny nabíjení
- Repasní režim nabíjení

Prvním rozdílem je odlišná konstrukce linky. V Kvasinách se po testu válců vůz zkontroluje na jízdním testu polygonu, poté je na řadě vodní test, lícování, na kterém se připojí nabíječka baterie, následně zkouška seřízení světel a v neposlední řadě finální ověřování lícování, při kterém se znovu baterie nabíjí externí nabíječkou. Když průběh linky porovnám s průběhem na hale M1<sup>1</sup> najdu podstatné rozdíly. Na první pohled je průběh komplikovaný a vznikají momenty, kdy se vůz musí dopravit přes celou halu, aby se zase vrátil na stanoviště další. Ve skutečnosti se ale plán výroby realizuje bez vážnějších komplikací a lze pozorovat kladný vliv na SOC vozů. Externí nabíječka se ve výrobní hale v Kvasinách připojuje na dvou lokacích, oproti jedné na hale M1. Větší frekvence nabíjení je totiž daleko důležitější než doba nabíjení.

Větší frekvence nabíjení baterie udržuje SOC poměrně vysoko a nedochází k velkým rozdílům mezi stanovišti. V hale M1 dochází k velkému rozdílu SOC mezi B18 a stanovištěm válců. Problémem je, že se hodnota SOC vypisuje před nabíjecím pásem lícování. Kontrola SOC před dobitím má za následek větší šanci nedostatečné hodnoty SOC. Když je baterie na tomto stanovišti ve stavu NOK, tak musí na repasní nabíjení a nemůže pokračovat přímým tokem linky. Při dobití baterie před stanovištěm B18 by se logicky počet NOK SOC vozů snížil.

Rozdílné jsou i použité nabíječky. Ve výrobní hale M1 v Mladé Boleslavi se pro nabíjení využívají nabíječky s nabíjecím proudem 30A. V Kvasinách se používají na nabíjení na lícovacím páse nabíječky s nabíjecím proudem 48A. Samozřejmě jsou nabíjecí proudy velké oproti standardnímu nabíjení v praxi, ale ve výrobě je důležité

---

<sup>1</sup>M1 průběh: test válců, lícování bez nabíječky, polygon, vodní test (B18) a poté kontrola lícování na páse s nabíječkou, nakonec zkouška světel.

baterii při nedostatečné hladině SOC rychle dobít. Tento rozdíl je patrný hlavně na začátku nabíjení, protože s nabývající kapacitou (a časem) se proud snižuje jak ukazuje graf rychlonabíjení: 1.3.

Díky organizaci pracovních úkonů na lícování, se v Kvasinách u druhého nabíjecí pásu připojuje nabíječka dvakrát. Při začátku kontroly lícování je nabíječka připojena a není důvod ji odpojit. Při kontrole lícování kapoty se světly a stranovými blatníky se ale nabíječka musí odpojit, protože se kapota lícuje zavřená. Přičemž v hale M1 se znovu nabíječka nepřipojuje. Po dolícování kapoty s přední částí vozu se znovu motorový prostor otevře a připojí nabíječka. Tímto způsobem se baterie nabije veškerý možný čas na pásu. Na hale M1 se na konci pásu (10–15 % času) nabíječka znovu nezapojuje.



Obrázek 8.1: Lícování kapoty vozu [18]

Posledním rozdílem je speciální režim repasního nabíjení v Kvasinách. Oproti repasnímu nabíjení baterií jsou v Kvasinách speciální místa na repasní činnosti. Repasní místa musí být vybaveny nabíječkou a připojují se při dostavení vozu na stanoviště. Definované segmenty se až na vodní opravnu stanic v hale M1 nevy-skytují a může se stát že se odstavené auto nedá delší dobu nabíjet. Dlouhá doba nenabití snižuje hodnotu SOC.

## 9 Návrhy vylepšení statusu nabíjení v hale M1

V této části bakalářské práce se nachází možná opatření, která by se mohla do haly M1 přidat, vylepšit, nebo nějakou formou pozměnit. Teoretické úpravy se soustřeďují na vylepšení nabíjení na hale M1 a díky nimž by se hodnota SOC měla na jednotlivých stanovištích zvýšit.

### 9.1 Přidání nabíjecích míst

Jednou z možností jak zlepšit stav SOC je přidání nabíjecích míst ve výrobní hale. Jak už bylo zmíněno v kapitole o sektoru Flash: 4.3, není možné na tomto stanovišti baterii nabíjet z důvodu plnění klimatizace. Při traverzu mezi sektorem Flash a KB6 se baterie sice nenabíjí, ale platforma s vozem se pohybuje horizontálně, ale i vertikálně. Pohyb platformy z toho důvodu neumožňuje přidání externí nabíječky. Po nabíjení u sektoru KB6 se externí baterie dává nabíjet aby vyrovnala úbytek kapacity baterie při prvním startu, který se odehrává ihned po zkoušce KB6. Před testem válců není možnost baterie rozumně nabíjet a to z důvodu seřízení geometrie FAS, při kterém nesmí být do vozu zasahováno.

Z praktického hlediska lze tedy uvažovat pouze o místech, kde vůz stojí a tím pádem je možné ho nabíjet statickou nabíječkou. Druhým hlediskem je vhodnost nabíjení. Mezi dvě místa, kde je vůz nepohyblivý, lze zařadit vodní test a zkoušku HLA. Při vodním testu se ale testuje vodotěsnost a tím pádem se vodními tryskami voda rozstříkuje v okolí vozu. U zkoušky HLA je automobil jen velmi krátkou dobu a proto by bylo nabíjení neefektivní a marginální. Vhodným místem nabíjení by ale mohl být první lícovací pás za válci.





Obrázek 9.1: Externí statická nabíječka

Hlavní a téměř jedinou důležitou výhodou nabíjení za válci je, že se baterie dobije před nejneúspěšnější kontrolním bodem B18. Další výhodou je relativně dlouhá časová náročnost lícování. Automobil se vyskytuje na pásu od 15 do 25 minut. Takový čas je srovnatelný s časem nabíjení lícovacího pásu po B18. Při měření čistého nárůstu SOC na pásu po B18, jsem naměřil, že se baterie nabije o +4 až +5 % SOC. Oproti těmto dvěma výhodám, je ale nevýhod více. Pás se pohybuje a praktické řešení by vyžadovalo zavěšený nosník pohybujících se nabíječek (podobně jako na lícovacím pásu po B18). Za druhé se na lícování lícuje i kapota a musela by se externí nabíječka na lícování dočasně odpojovat, snižující její efektivní nabíjení. Když vezmeme v potaz omezení plynoucí z rozložení haly M1, tak se ale zdá být plán nabíjení za válci nejrealizovatelnější.

Dalším místem, kde by mohlo docházet k vybíjení, jsou repasní stanoviště. Na repasních stanovištích vozy dlouhou dobu stojí bez jakékoliv aktivity a vybíjejí se. Ve výrobě se nenachází dostatek nabíječek, aby se mohly odstavené vozy nabíjet během čekání na repasní činnost. Tento problém pramení z velké zastavěnosti haly M1, která ani neumožňuje organizovaně vozy odstavovat. V realitě jsou vozy odstavovány tam kde je místo. Kdyby se na každý větší odstavný bod přidaly nabíječky, mohlo by se předejít velkému vybíjení při odstavení vozu. V roce 2022 se ale zvýšil počet volně dostupných nabíječek a tím pádem se daleko více využívají na repasních stanovištích.

## 9.2 Vyškolení obsluhy

Krokem k lepšímu nabíjení je důslednější dodržování daných předpisů. U stanoviště B16 jsem zjistil, že v některých momentech se nabíječky nepřipojují ihned, někdy dokonce ani v půlce kontrolního stanoviště. Takový nedostatek může mít obrovský vliv na SOC v budoucích stanovištích.

Podobná situace může nastat na stanovišti lícovacího pásu po B18. Na začátku pásu se baterie podle mého pozorování zapojila téměř vždy ihned po najetí vozu na pás. Jsou známé i případy, kdy tomu tak nebylo a vůz se nemusel dostatečně dobít. Podobně je tomu i na konci pásu, kde se někteří pracovníci snaží urychlit odjezd s vozem na test HLA. Nabíječku odpojí brzy a zavřou kapotu, aby mohli s vozem opustit pás. Takové postupy mají negativní dopad na hodnotu SOC, v mezích od  $-1$  do  $-2$  % podle: A.1.

### 9.3 Nabíjecí proud nabíječek

Jak bylo zmíněno v kapitole o výrobní hale Kvasiny: 8, je možné nabíjet vůz i silnějšími 48A nabíječkami. Při zvýšení nabíjecího proudu se zlepši nabíjení hlavně na začátku nabíjecího cyklu podle grafu: 1.3, kdy je proud nejvyšší. Z důvodu obecně krátkého nabíjení na většině míst, se může tato investice mnohonásobně vyplatit.

### 9.4 Měření a simulace pauzy

Jedním z experimentů co jsem prováděl, je měření během pauzy ve výrobní hale. Hypotézou bylo, že připojené MFT odebírá proud i při vypnutém zapalování a tím pádem se SOC při připojení sníží. Tento jev se odehrává během zkoušky válců, při kterém se MFT nechává v průběhu testu připojené. Abych MFT nemusel operátorům odpojovat, tak jsem zkoušku prováděl na jiném místě stejnou dobu, neboli půl hodiny. Na začátku jsem připojil MFT, zapnul zapalování, změřil SOC a vypnul zapalování. Po půl hodině jsem znovu zapalování zapnul a pomocí MFT znovu vyhodnotil SOC. Díky tomuto testu můžeme tvrdit, že se během pauz nenabíjené vozy mohou vybit o nezanedbatelné hodnoty. Může totiž dojít k tomu, že má vůz 83 % SOC a díky pauze ztratí 3 %. Jen o procento větší ztráta může být vyhodnocena na příštím stanovišti jako NOK a vůz musí být nabit na repasním stanovišti. Mým návrhem by bylo zajištění statické nabíječky pro každé ze čtyř stanovišť válců. K problému s pauzou dochází každý den minimálně třikrát při velké obědové pauze a nabíječky by vozy při přerušení práce dobíjely.

## 9.5 Měření datalogerem

Ověření průběhu vybíjení a nabíjení ve výrobě lze také zajistit pomocí loggování dat z automobilu, zobrazeno v příloze: A.1. Měření probíhalo pomocí zařízení blue PiraT Mini, od společnosti Magna na obrázku zde:



Obrázek 9.2: Zařízení blue PiraT [19]

Zařízení se připojilo do řídicí jednotky Gateway a poté se začala data z jednotky po sběrnících CAN a LIN do loggeru nahrávat. Po sběrnici LIN se zjišťuje většina důležitých hodnot pro moji bakalářskou práci. Hodnoty, které mohou být zajímavé jsou: Napětí baterie, proud baterie, SOC a případně i běh motoru.

Samotnou identifikaci zpráv jsem realizoval pomocí programu CANalyzer. V programu jsem si zaizoloval potřebná data. Poté jsem data vyobrazil grafem a seškusil.

Data z dataloggeru jsou schodovitá. Důvodem je neschopnost jednotky BDM posílat diagnostická data delší dobu bez zapnutého zapalování. Automobilu se na mnoha částech linky nezapíná zapalování a proto datalogger nic nesnímá. Řešením by bylo nahradit modul BDM vlastním měřícím loggerem s proudovým bočníkem a poté by se data měnila adekvátně.

### 9.5.1 Sekce grafu za válci v obrázku: A.1

V těchto sekcích se odkazuji na Přílohu: A.1.

Jak lze vidět na grafu SOC po válcích v čase 1800 sekund, tak se baterie delší dobu nenabíjí a SOC má hodnotu 96 %. Tato hodnota klesne až na 92 %, než se vůz přesune na test polygonu. Přesně tento pokles by se přidáním nabíječek na lícovací pás za válci mohl eliminovat podle kapitoly o přidání nabíjecích míst: 9.1.

### 9.5.2 Sekce polygon–B18 v obrázku: A.1

Jak jsem popisoval v kapitole o B18: 4.6, tak je zřejmé, že se elektronickou zkouškou B18 baterie vybíjí. Těsně před zkouškou je motor vypnutý, z důvodu testu vodotěsnosti. Doba mezi nabíjením na nabíjecím pásem po B18 a koncem testu polygon je u měřeného vozu okolo 18 minut. Časy se u jiných vozů mohou lišit, z důvodu

rychlejšího nebo pomalejšího průběhu linky. Z důvodu testu B18 a doby bez nastartovaného motoru se SOC u vozu snížilo o 3 %. Při hodnotách SOC okolo 83 % se můžeme setkat s NOK výsledkem testu SOC na stanovišti B18.

### **9.5.3 Sekce nabíjení po B18 v obrázku: A.1**

Od času 4500 sekund se vůz začne nabíjet externí nabíječkou zmíněnou v kapitole o B18: 4.6 a vyobrazenou ve stejné kapitole na obrázku: 4.2. Celkové zvýšení SOC za tuto dobu se shoduje s daty v analýzách. Vůz se nabíjel konstantním napětím 14,5V téměř 15 minut. Nabíjení na tomto místě zřetelně ukazuje, jak moc externí nabíjení dobíje baterii.

Zkouška HLA podle grafu z dataloggeru odebrala 1 procento SOC, čímž na tak krátkou dobu (do 5 minut) nehraje potenciální dobíjení na HLA (zmíněno v kapitole o přidání míst: 9.1) téměř žádnou roli.

## 10 Vyhodnocení realizovaných činností

Vyhodnocení mé realizace se dá charakterizovat do více bodů. První aktivitou, kterou jsem zakončil každý krok realizace, je předání daného poznatku nebo dat svému vedoucímu. Po odevzdání grafického rozdílu mezi B18 a HLA v grafu: 6.1 vedoucímu, se dále s grafem pracovalo. Po několikáté iteraci tohoto grafu jsem se účastnil schůze, kde jsem moje závěry prezentoval a poukázal na nedostatečné nabíjení autobaterií. Díky tomuto kroku se údržba nabíjecího pásu B18 začala zabývat kvalitou externích nabíječek a podle mých informací všechny externí nabíječky na tomto pásu zkontrolovala.

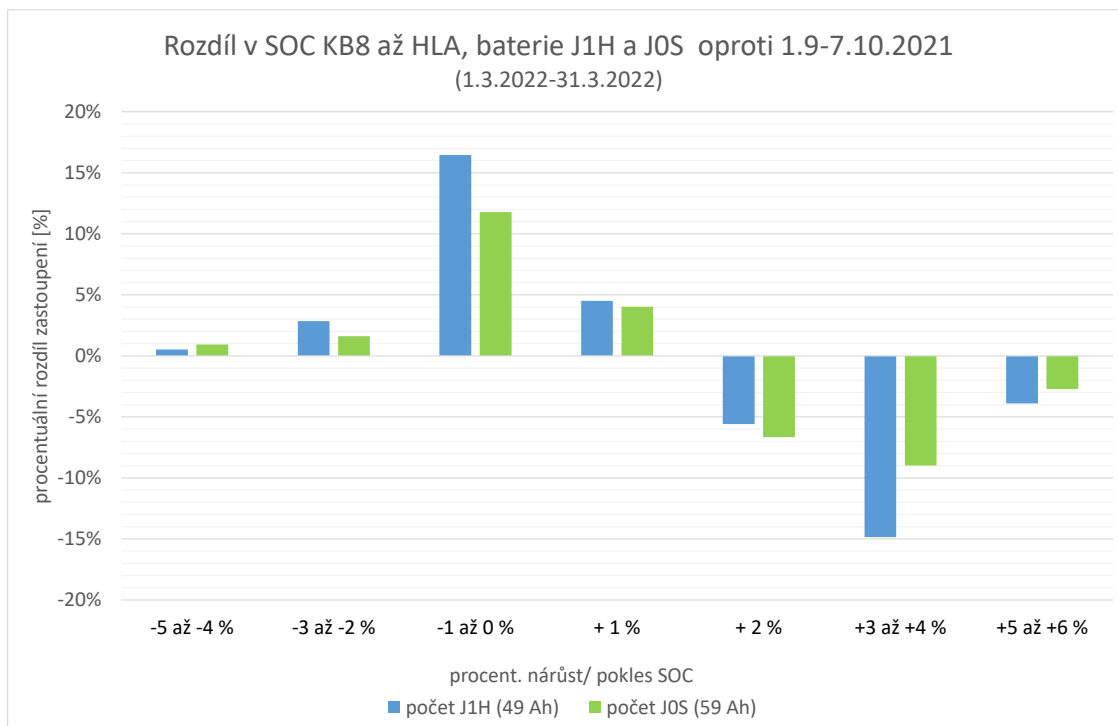
Další změnou, kterou částečně zapříčinila moje práce, bylo vytvoření speciálního testu v diagnostice SOC. Při vyčtení hodnoty SOC při repasní činnosti se paralelně vyčte i hodnota napětí baterie 10.1. Napětí baterie by mělo být větší jak 13V, což dokazuje, že je baterie během repasování nabíjená. Když není, tak se může na toto místo vedení výroby zaměřit.

Sequenznr	Statistiknr	Beschreibung	Messwert	Einheit	Bewertung	Fehler
1028	35463	Napeti baterie	14.75	V	OK	
1030	35685	Odber klidoveho proudu - hodnota	0	A	OK	

Obrázek 10.1: Ostatní měření (OK výsledek) v systému UPS

Podobný závěr se naskytl po předání reportů v PowerBI. Vedení oddělení PFS se vyjádřilo kladně k reportům popisu míst: 5.1, 1. reportu ve formě tabulky: 7.1 a i 2. reportu ve formě grafu průběhu SOC výrobní linky: 7.3. Tyto reporty mohou být v budoucnu rozšířeny a mohou se stát schopným nástrojem reportingu SOC pro celou halu M1.

Ve vyhodnocení bych se rád věnoval stavu nabíjení autobaterií na začátku roku 2022. Jak lze vidět na grafu: 10.2, stav nabíjení se v březnu zhoršil. Důvodem bylo velké dodělávání nekompletních vozů, které byly rozpracované a vracely se po delší době do linky. Tento jev zajistil méně efektivní nabíjení. Graf je jedním z hlavních ukazatelů, proč se SOC vyskytuje v žebříčku top chyb výroby. Baterie se méně často nabíjejí na očekávané +3 až +4 % a zato daleko častěji na nechtěných rozdílech -1 až 0 %. Situace se od dubna roku 2022 začíná měnit k lepšímu a baterie se nabíjejí podle očekávání.



Obrázek 10.2: Graf rozdílu SOC mezi KB8 až HLA v březnu oproti grafu z 7. 10. 2021: 6.1

Jednou z komplikací mého návrhu inspirovaného z haly v Kvasinách je cena a doba realizace. Během prohlídky haly v Kvasinách jsem se dozvěděl dvě důležité informace. Zaprvé, než se hala předělala pro lepší systém nabíjení, tak to trvalo dlouhou dobu a mnoho přesvědčování. Zadruhé, změna procesu a přidání nabíječek na prvním lícování znamenalo mnoho vynaložených peněz a úsilí. Jak jsem ve své práci psal, tak se změny vyplatily. Hala v Kvasinách má menší problémy s repasním nabíjením a externí nabíječky nabíjí častěji a větším proudem. Tyto dvě komplikace, jsou ale v současnosti více než kritické. Z důvodu chybějících dílů a problematickým dodavatelským řetězcem mohou být prostředky využity jinde. Vylepšení nabíjení haly M1 nemusí být dostatečně lukrativní pro výrobu vozů a zdroje se z toho důvodu využijí na jiné změny.

## 11 Závěr

V bakalářské práci jsem se seznámil s druhy, charakteristikami a vlastnostmi olověných akumulátorů. Pro automobilový průmysl se nejvíce využívá startovací baterie druhu EFB. Negativními vlastnostmi EFB baterií je samovybíjení a špatné zvládnutí nízkých teplot. Z důvodu samovybíjení a zájmu zajištění kvality (autobaterií) je nutné ve výrobním procesu Škoda Auto a.s. udržovat State of Charge nad 80 %. Pomocí multifunkčního testeru MFT se diagnostikují na kontrolních stanovištích řídicí jednotky vozu. Z řídicí jednotky baterie se zjišťuje důležitá hodnota SOC. Pro zajištění dostatečného SOC se využívají externí nabíječky, které v průběhu výrobní linky autobaterii nabíjí konstantním proudem, podobně jako na grafu: 1.3.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout opatření, která by mohla plošně zlepšit hodnotu SOC ve výrobní hale M1 Škody Auto a.s. Pro splnění tohoto cíle jsem se seznámil s jednotlivými stanovišti haly a zmapoval jejich vliv na autobaterii, časovou náročnost zkoušek a možné problémy. Stanoviště haly jsem graficky znázornil a jejich průměrné hodnoty SOC zobrazil pomocí programu PowerBI. Pro vytvoření opatření jsem se také seznámil se systémem nabíjení ve výrobní hale v Kvasinách a mohl tak přímo opatření porovnat s reálným příkladem.

Díky efektivním analýzám a reportům v PowerBI a Microsoft Excel jsem mohl začít navrhnout optimalizační opatření. Kromě návrhu opatření sloužily reporty i ke zlepšení informovanosti managementu a zaměstnanců o problémech s SOC. Díky tomuto kroku začali pracovníci údržby lépe a důsledněji kontrolovat stav baterií při dodání do haly M1.

Hlavním optimalizačním návrhem mé práce je přidání nabíječek na lícovací pás za stanovištěm válcových dynamometrů. Druhým návrhem je přidání více nabíječek na klíčové pozice válců a repasních stanovišť. Přínos obou návrhů jsem nejen pomocí MFT zařízení úspěšně ověřil. Také jsem díky dataloggingu přímo ověřil data z analýz a zjistil možný přínos návrhů.

Nevýhodou návrhů je jejich omezená praktická implementace. Ve výrobní hale jsou změny zpravidla postupné a velké zásahy vzácné. Z důvodu komplikovanosti realizace změn ve výrobě jsem se v bakalářské práci soustředil hlavně na fázi návrhu opatření. Při možnosti delšího pracovního úvazku ve Škoda Auto a.s. by realizace závisela na souhlasu vedení výroby a vynaložení dostatečných finančních prostředků. Snížení špatného stavu SOC může být zajímavé, protože se na začátku roku 2022 stala hodnota SOC nejčastějším NOK výsledkem na celé hale M1. Dalším krokem k rozšíření práce by mohlo být zmapování stavu a návrh optimalizace nabíjení ve výrobní hale M13, kde se vyrábí vozy Octavia a Enjaq.

## Použitá literatura

- [1] JUNG, Joey; ZHANG, Lei; ZHANG, JiuJun. *Lead-acid battery technologies: fundamentals, materials, and applications*. London; New York: Boca Raton, 2016. ISBN 978-146-6592-223.
- [2] CENEK, Doc. RNDr. Miroslav et al. *Akumulátory od principu k praxi*. 1. vyd. Praha: FCC PUBLIC s. r. o., 2003. ISBN 80-86534-03-0.
- [3] KIEHNE, H. A. (editace). *BATTERY TECHNOLOGY HANDBOOK: Second Edition*. 2. vyd. New York: Expert Verlag(1.); Marcel Dekker(2.) Inc, 2003. ISBN 0-8247-4249-4.
- [4] *Battery 59 Ah / 320 A* [online]. 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: [https://eshop.skoda-auto.cz/cs\\_CZ/baterie-59-ah--320-a/p/000915105EB](https://eshop.skoda-auto.cz/cs_CZ/baterie-59-ah--320-a/p/000915105EB).
- [5] ARENDÁŠ, Miroslav; RUČKA, Milan. *Nabíječky a nabíjení*. 2. dopl. Praha: INGARA; BEN-technická literatura, 1997. ISBN 80-86056-29-5.
- [6] *Sulfatace (akumulátor)* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Sulfatace\\_\(akumul%C3%A1tor\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Sulfatace_(akumul%C3%A1tor)).
- [7] *Lead/acid batteries* [online]. University of Cambridge [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: [https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/batteries/batteries\\_lead\\_acid.php](https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/batteries/batteries_lead_acid.php).
- [8] KREJČÍ, František. *Akumulátory* [online]. 2010 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/akumulatory>.
- [9] *CO emission performance standards for cars and vans* [online]. European Commission [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_en).
- [10] *JAK ZKONTROLOVAT AUTOBATERII* [online] [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.mjauto.cz/jak-zkontrolovat-autobaterii>.
- [11] *Multi-Function Tester MFT-4* [online] [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://dsa.de/en/automotive/product/mft-4.html>.
- [12] *Identifikační číslo vozidla* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Identifika%C4%8Dn%C3%AD\\_%C4%8D%C3%ADslo\\_vozidla](https://cs.wikipedia.org/wiki/Identifika%C4%8Dn%C3%AD_%C4%8D%C3%ADslo_vozidla).
- [13] *Napětí autobaterie* [online] [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.akumulatorovna.cz/napeti-autobaterie/>.



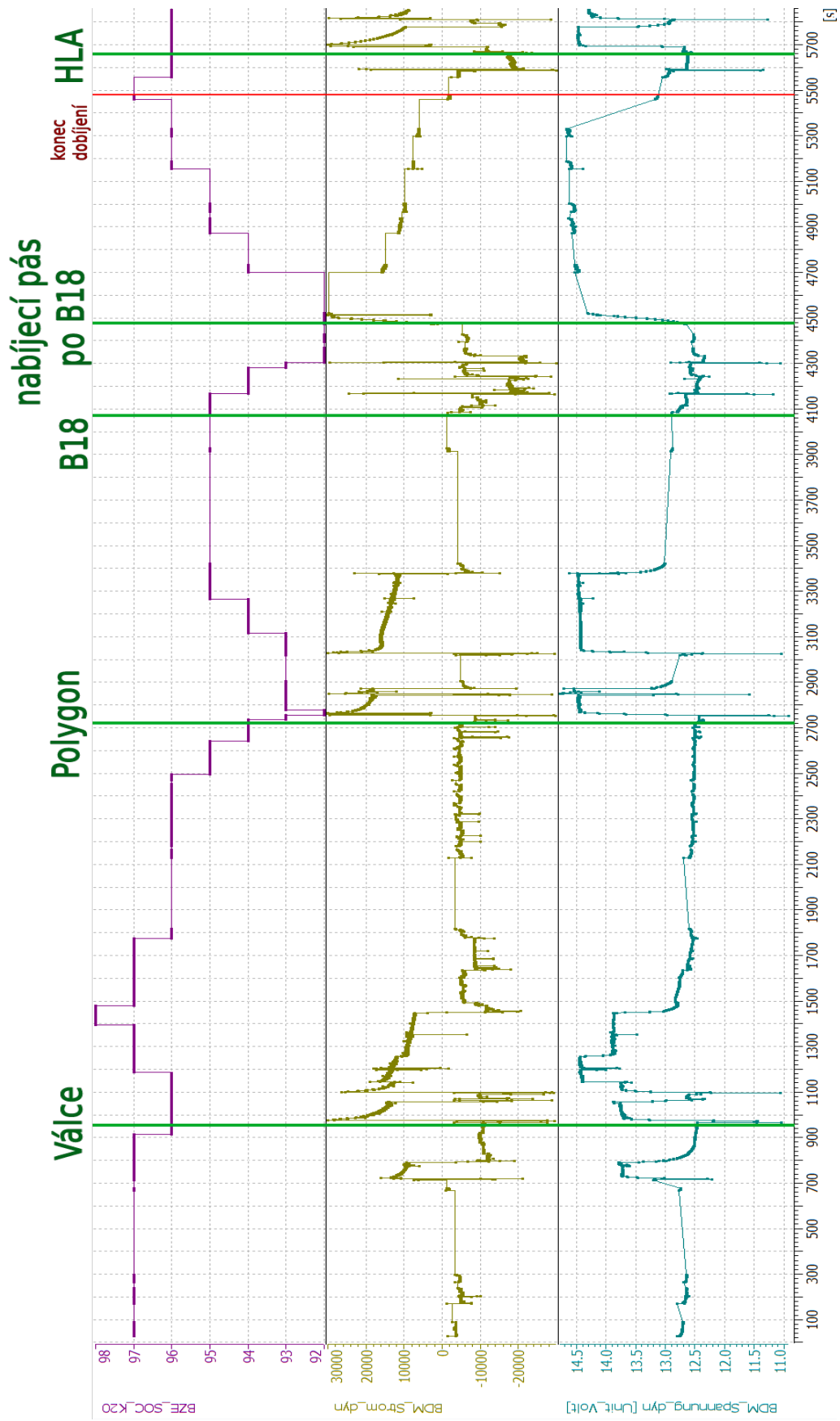
- [14] *Video: Výroba automobilů ve ŠKODA AUTO v Kvasínách* [online]. 2020 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy-archiv/video-vyroba-automobilu-ve-skoda-auto-v-kvasinach/?state=NEW&aid=ee6bc566-40a9-4ca5-ae66-2eadac406be7&or=www.google.com>.
- [15] *Českému průmyslu dochází dech, ukazují nová čísla. Brzdí ho hlavně nedostatek lidí* [online]. 2018 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/cesky-prumysl-brzdi-nedostatek-zamestnancu-mezirocnimurustu/r~0ebbaad2695b11e8b9db0cc47ab5f122/>.
- [16] *JELA TUDY I VAŠE ŠKODA. PROZKOUMEJTE ZKUŠEBNÍ POLYGON KVALITY* [online]. 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet-cs/jela-tudy-i-vase-skoda-prozkoumejte-zkusebni-polygon-kvality/>.
- [17] *Jedno z nejlepších sportovních SUV se vyrábí v Kvasínách, přitom to není Škodovka* [online]. 2020 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/jedno-nejlepsich-sportovnich-suv-se-vyrabi-kvasinach-pritom-neni-skodovka/>.
- [18] *Video: Výroba modelu ŠKODA OCTAVIA v Mladé Boleslavi* [online]. 2020 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy-archiv/video-vyroba-modelu-skoda-octavia-v-mlade-boleslavi/>.
- [19] *Blue PiraT Mini User Manual* [online]. 2014 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: [https://sc.telemotive.de/4/uploads/media/blue\\_PiraT\\_Mini\\_UserManual\\_V2.0.1.pdf](https://sc.telemotive.de/4/uploads/media/blue_PiraT_Mini_UserManual_V2.0.1.pdf).

## A Přílohy

### A.1 Grafy baterie vozu za celou výrobu od B16

Popisek k grafům na další stránce:

*BZE\_SOC\_K20* je hodnota SOC, *BDM\_Strom\_dyn* je hodnota proudu v miliampérech a *BDM\_Spannung\_dyn [Unit\_volt]* je hodnota napětí baterie ve voltech.



Obrázek A.1: Hodnoty SOC, proudu a napětí baterie v průběhu výroby jednoho vozu od B16