

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

System pro měření emisí hluku motocyklů

Jiří Honěk

Diplomová práce

2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Honěk**
Osobní číslo: **D16386**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě**
Název tématu: **Systém pro měření emisí hluku motocyklů**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Na základě předpisu "ECE R41.4 Hluk motocyklů" navrhnete způsob měření a prostředky pro realizaci měření hluku motocyklů. Součástí práce je HW a SW podpora při měření a vyhodnocení výsledků. Vytvořte SW pro vyhodnocení výsledků měření, SW bude vytvořen v NI LabView.

Doporučený postup:

1. Nastudovat požadavky předpisu ECE R41.4 pro měření emisí hluku motocyklů.
2. Seznámit se s funkcemi komerčních systémů pro měření hluku motocyklů.
3. Specifikovat prostředky pro realizaci měření podle předpisu.
4. Vytvořit model a provést simulaci jízdy motocyklu na měřící trati.
5. Vytvořit patřičný SW (v NI LabView) pro provedení měření a vyhodnocení výsledků měření.
6. Měření realizovat s konkrétním motocyklem pokud to bude možné.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] Proposal for the 04 series of amendments to Regulation No. 41 (Noise emissions of motorcycles). R41.04. Geneva: Economic Commission for Europe, 2011.
- [2] BRESS, Thomas. Effective LabVIEW Programming. NTS Press, 2013. ISBN 978-1-934891-08-7.
- [3] Webové stránky výrobců komerčních zařízení pro měření hluku motocyklů.
- [4] Podklady poskytnuté vedoucím práce.

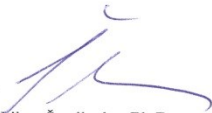
Vedoucí diplomové práce:

Ing. Zdeněk Mašek, Ph.D.

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě

Datum zadání diplomové práce: **7. prosince 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2018**



doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.



Ing. Dušan Čermák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 12. března 2018

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 22.4.2019

Jiří Honěk

Poděkování

Zde bych rád poděkoval především vedoucímu mé práce panu Ing. Zdeňku Maškovi Ph.D. za jeho čas, připomínky, pomoc a rady ve všech částech této práce.

Anotace

Diplomová práce se zabývá vytvořením systému pro měření emisí hluku podle evropské normy ECE R41.04, kde jsou sepsána pravidla a hodnoty, podle kterých se má měřit hladina akustického tlaku motocyklů kategorie L3. V práci je uvedeno několik komerčně užívaných komplexních systémů pro tento typ měření. Před samotným návrhem proběhlo vytvoření simulace pro toto měření. Následně došlo k návrhu a realizaci strategie a struktury měřicí aparatury a proběhlo měření. Na základě nasbíraných dat byl vytvořen vyhodnocovací software, který zpracuje a vyhodnotí naměřená data.

Klíčová slova

Hluk, motocykl, předpis ECE R41.04, emise, software, National Instruments, LabView, VI, cluster, Race Technology

Title

A system for measurement of motorcycle noise

Annotation

The diploma thesis deals with the creation of a noise emission measurement system according to the European standard ECE R41.04, in which the rules of the measurement procedure and the limit values of a sound pressure level of motorcycles of category L3 are set. There are several commercially used complex systems for this type of measurement. Before the design itself, a simulation was created for this measurement.

Subsequently, the strategy and structure of the measuring apparatus was designed and implemented, and measurements were taken. Based on the collected data, the evaluation software was created, which processes and evaluates the measured data.

Keywords

Noise, motorcycle, regulation ECE R41.04, emission, software, National Instruments, LabView, VI, cluster, Race Technology

Obsah

Úvod.....	10
1 Požadavky předpisu ECE R41.04 – hluk motocyklů [1].....	11
1.1 Popis testovací dráhy a podmínek měření.....	11
1.1.1 Podmínky testovací dráhy	11
1.1.2 Meteorologické podmínky.....	12
1.1.3 Požadavky na měřicí techniku.....	12
1.1.4 Vozidlové podmínky	13
1.1.5 Hluk v pozadí	13
1.2 Popis jednotlivých měření.....	14
1.2.1 Často používané zkratky.....	14
1.2.2 Typy měření.....	15
1.2.3 Měření hluku při zrychlení s plně otevřenou škrticí klapkou - WOT	16
1.2.4 Měření hluku při jízdě konstantní rychlostí - CRS.....	16
1.2.5 Doplnkové měření - ASEP	17
1.3 Vyhodnocení výsledků měření a výpočty.....	17
1.3.1 Výpočet hluku – WOT	18
1.3.2 Výpočet hluku - CRS.....	18
1.3.3 Výpočet a_{wot}	18
1.3.4 Výpočet finálního hluku - L_{urban}	19
1.3.5 Výpočet hluku - ASEP	19
1.4 Tabulky a hodnoty limitních hodnot emisí hluku	20
1.4.1 Limitní hodnoty L_{WOT}	20
1.4.2 Limitní hodnoty L_{urban}	20
1.4.3 Limitní hodnoty L_{ASEP}	20
2 Komerční systémy pro měření zkoušky pass by noise.....	21
2.1 Siemens PLM Software pro měření na venkovní dráze [4].....	21

2.1.1	Track only.....	22
2.1.2	Track based.....	22
2.1.3	Vehicle based.....	23
2.2	Siemens PLM Software pro měření na dráze v budově.....	25
2.3	Brüel & Kjær Pulse pass by noise [5].....	28
2.3.1	Konfigurace pro motocykl.....	29
2.3.2	Konfigurace pro multi - vehicle systém	30
3	Návrh vlastního měřicího systému	31
3.1	Stacionární část	34
3.1.1	NI cDAQ - 9133	35
3.1.2	Optické závory.....	35
3.1.3	Měřicí mikrofony.....	37
3.1.4	SW stacionární části	37
3.2	Mobilní část.....	39
3.2.1	Racetechnology Speedbox.....	39
3.2.2	Racetechnology DASH4PRO.....	42
3.2.3	Racetechnology DL2	44
3.2.4	Průmyslové PC pro mobilní část	45
3.2.5	SW mobilní části	48
3.3	Získání dat z měření	48
3.3.1	Získání dat ze stacionární části.....	48
3.3.2	Získání dat z mobilní části.....	49
4	Simulace průjezdu tratí podle WOT typu zkoušky	51
4.1	Příručka k simulaci jízdy motocyklu pass by noise	52
4.2	Schéma modelu simulace a popis výpočtů.....	53
4.3	Vstupní parametry do simulace.....	55
4.4	Report simulace.....	56

4.5	Simulace jízdy pass by noise - výběr vhodného převodového stupně	61
4.6	Porovnání hodnot ze simulace s reálným měřením.....	63
5	Vyhodnocovací SW v prostředí NI LabView	64
5.1	Popis uživatelského rozhraní.....	65
5.2	Report z měření hluku motocyklu.....	74
5.3	Popis kódu programu pro vyhodnocení naměřených dat.....	76
5.3.1	Základní struktura programu	77
5.3.2	MainCluster	82
5.3.3	Event struktura – obsluha ovládacích prvků	84
5.3.4	Init VI	93
5.3.5	Kapitola věnovaná zadávání parametrů motocyklu	94
5.3.6	Kapitola věnovaná výběru souboru s hlukem okolí a jeho výpočtu.....	98
5.3.7	Kapitola věnovaná výběru souboru ze stacionární části a výpočtu hluku.	105
5.3.8	Kapitola věnovaná výběru souboru s daty z mobilní části a výpočtu dat	107
5.3.9	Porovnání vypočtených a zjištěných hodnot s hodnotami v normě.	114
5.3.10	Kapitola věnovaná prezentaci výsledků	115
5.3.11	Kapitola věnovaná VI pro zkoušku typu ASEP	118
	Závěr.....	120
	Seznamy	122
	Seznam použité literatury	122
	Seznam obrázků	123
	Seznam vývojových diagramů	124
	Seznam tabulek.....	125
	Seznam příloh.....	126
	Příloha A – foto z měření 27.8.2019	127

Úvod

K vytvoření této práce vedl požadavek, že od 1. ledna 2017 musí všechny prodávané motocykly, tedy vozidla kategorie L, plnit požadavky normy Euro 4. S tím jsou spojené i nové homologační postupy a měření ohledně emisí hluku. Práce bude probíhat ve spolupráci s firmou JAWA Moto, ve které vznikl požadavek na vytvoření měřicího pracoviště právě emisí hluku. Při schvalování starých nebo i nových typů motocyklů, které jsou stále ve vývoji, je samozřejmě lepší nejdříve zjistit a případně odladit hladinu akustického tlaku ještě před tím, než se odešlou do atestované zkušebny TÜV-SÜD, kde měření stojí nemalé finanční prostředky.

V této práci se budu v první části zabývat sepsáním nejdůležitějších bodů normy ECE R41.04, ve které je kompletní popis měření emisí hluku motocyklů. V návaznosti na to naznačím řešení komerčně dostupných systémů pro měření emisí hluku.

V další kapitole popíšu námi navrhovaný systém pro měření emisí hluku, který se bude používat pro měření ve firmě JAWA Moto. Součástí této kapitoly bude především popis struktury, jednotlivých částí zařízení a strategie měření a sběru dat.

Před samotným měřením a testem v praxi bylo potřeba vytvořit simulaci jízdy motocyklu skrz pomyslnou testovací dráhu, která odpovídá té normě. Díky této simulaci budu moci odhadnout, s jakými podmínkami se bude v reálném testu pracovat. Zejména jde o zjištění nájezdové rychlosti a zařazeného převodového stupně motocyklu.

Následuje nejdůležitější kapitola této práce a to vytvoření softwaru pro sběr dat a hlavně vyhodnocení výsledků měření, pro které už je potřeba mít sestavenou měřicí aparaturu a provést reálné měření s cílem získat data, na kterých lze stavět program pro vyhodnocování. Tvorba programu bude probíhat v NI LabView, které má firma Jawa Moto k dispozici, stejně jako naše fakulta. V této části práce je vlastně zahrnut i poslední cíl této práce -realizace měření na konkrétním motocyklu. Tím bude Jawa 350 OHC.

Protože cílem práce je zjištění emisí hluku motocyklu ve vývoji, nemusí být metoda naprosto přesná a nemusí splňovat všechny požadavky normy do detailu. Toto ani není možné, jelikož by musela být, mimo jiné, vybudována testovací dráha podle přesné a poměrně detailní části této normy. Samotné schválení motocyklu z hlediska emisí hluku je pak v rukou atestované zkušebny (TÜV), která má pro toto měření veškeré potřebné vybavení.

se nacházejí ve vzdálenosti **7,5 m** od středové linie CC‘ **dva měřící mikrofony** (každý z jedné strany). Mikrofony musí být ve výšce **1,2 m** nad povrchem testovací trati a musí být namířeny kolmo proti středové linii CC‘.

- V okruhu **50 m** kolem středu testovací trati, se nesmějí nacházet objekty, které by mohly odrážet zvuk, jako jsou mosty, budovy, skály apod.
- Testovací trať by po celé délce středové linie CC‘ měla být rovná bez stoupání či klesání.
- Při samotném měření se mezi mikrofonem a testovací dráhou nesmí nacházet žádné předměty ani osoby.
- Povrch by měl být suchý a z materiálu, který se vyznačuje nízkým hlukem valení pneumatik. Podrobnosti viz norma ECE R41.04, příloha 4.

1.1.2 Meteorologické podmínky

Při měření by měly být v souladu s normou následující podmínky, které mají vliv na výsledky měření:

- Zejména rychlost větru by měla být do **5 m/s** – Pokud by vítr foukal přímo na membránu mikrofonu, měření bude znehodnoceno.
- Teplota vzduchu **5 až 45 °C**.

1.1.3 Požadavky na měřící techniku

- Měřící mikrofony by měli splňovat požadavky na 1. skupinu měřidel hluku podle normy IEC 61672 - 1:2002. Rozdíl mezi skupinou 1 a 2 je znázorněn na obrázku:

Nominal Frequency	Acceptable Limits, dB	
	Performance Class	
	Class 1	Class 2
10Hz	+3,5	+5
500Hz	±1	±1,5
1kHz	±0,7	±1,0
5kHz	±1,5	±3,5
20kHz	+3,5	+5

Obrázek 2: Tolerance přesnosti pro měřící mikrofony

- Pokud je použito měřicí zařízení s periodickým snímáním hladiny hluku, je potřeba ji snímat s periodou ne větší než **30 ms**.
- Otáčky motoru by měly být měřeny zařízením, jež měří s přesností $\pm 2 \%$.
- Rychlost vozidla by měla být měřena s přesností $\pm 0,5 \text{ km/h}$ pokud je použito zařízení snímající rychlost nepřetržitě např. radar. Pokud je použito nezávislé měření rychlosti měla by být přesnost měření $\pm 0,2 \text{ km/h}$.

1.1.4 Vozidlové podmínky

Na vozidlo jsou před samotným měřením kladeny následující požadavky:

- Motocykl musí být před měřením zahřátý na provozní teplotu.
- Motocykl by měl měření absolvovat v takovém stavu, v jakém se bude dále vyrábět.
- Pneumatiky by měly být zvoleny podle výrobce a měly by být nahuštěny na tlak, který předepsal výrobce. Zároveň by měly mít minimálně **80 %** vzorku dezénu.
- Pokud je vozidlo vybaveno výfukem, který může být po přepnutí do jiného režimu motocyklu (obtoková klapka, jiná výfuková větev) hlučnější, bere se v potaz měření s hlučnější variantou.

1.1.5 Hluk v pozadí

Při samotném měření se do hodnot hluku samozřejmě promítne hluk pozadí, který nikde ve venkovních prostorách není nulový a na samotné měření má vliv.

Před a po samotném měření se tedy musí změřit po dobu **10 s** právě hluk pozadí, který musí mít minimálně o **10 dB menší** hodnotu než hluk, který vydává motocykl. Jinak je měření neplatné. Pokud je hodnota menší v rozmezí **10 až 15 dB** použije se korekční tabulka, z které se vybere hodnota a odečte se od výsledného změřeného hluku motocyklu L_{urban} .

Rozdíl v hluku mezi pozadím a motocyklem	10	11	12	13	14	≥ 15
Korekce v dB	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0

Tabulka 1: Korekce na hluk v pozadí

Tato korekce je provedena ve vyhodnocovacím SW. Ve vyvinutém vyhodnocovacím SW je zavedeno zjednodušení - hluk okolí měříme pouze **před** měřením samotného motocyklu.

1.2 Popis jednotlivých měření

Před dalším popisem měření je ještě důležité vysvětlit několik zkratk a vypočtených hodnot používaných právě při měření a dalších výpočtech.

1.2.1 Často používané zkratky

Symbol	Jednotka	Vysvětlení
AA'	–	Měřicí linie na trati - počáteční
BB'	–	Měřicí linie na trati - konečná
CC'	–	Měřicí linie na trati - po které má motocykl jet
PP'	–	Měřicí linie na trati - prostřední
crs	–	Konstantní rychlost
wot	–	Plně otevřená škrticí klapka
asep	–	Doplňkové měření
urban	–	Váhová kombinace výsledků crs a wot testů
a_{wot}	m/s^2	Vypočítané zrychlení
$a_{wot,ref}$	m/s^2	Předepsané zrychlení
a_{urban}	m/s^2	Předepsané zrychlení - kombinované
k_p	–	Dílčí faktor zrychlení při wot a crs testech
l_{PA}	m	Předzrychlovací vzdálenost
L	dB	Hladina akustického tlaku - hluk
m_{kerb}	kg	Kerb váha vozidla
m_t	kg	Váha testovaného vozidla
n	ot/min	Otáčky motoru
n_{IDLE}	ot/min	Volnoběžné otáčky
PMR	kW/t	Poměr výkon/váha
P_n	kW	Maximální výkon motoru dle výrobce
S	ot/min	Otáčky při maximálním výkonu motoru
v	km/h	Měřená rychlost vozidla
v_{max}	km/h	Maximální rychlost vozidla
v_{test}	km/h	Předepsaná rychlost vozidla, které musí být dosaženo na linii PP'

Tabulka 2: Zkratky

Do všech vzorců uvedených v tomto dokumentu se dosazují jednotky dané touto tabulkou.

m_{kerb} - váha vozidla s veškerým vybavením, příslušenstvím, náplněmi, včetně 90% naplnění palivové nádrže.

Před popisem samotných typů měření je potřeba objasnit několik veličin pro následující výpočty, které probíhají i ve vyhodnocovacím SW.

$$PMR = \left(P_n / (m_{kerb} + 75) \right) * 1000 \quad (1.1)$$

Výpočet PMR – slouží pro zařazení motocyklu do určité kategorie.

$$a_{\text{wot_ref}} = 2.47 * \log(\text{PMR}) - 2.52 \pm 10\% \text{ pro vozidla s PMR} \leq 50 \quad (1.2)$$

$$a_{\text{wot_ref}} = 3.33 * \log(\text{PMR}) - 4.16 \pm 10\% \text{ pro vozidla s PMR} > 50 \quad (1.3)$$

Výpočet $a_{\text{wot_ref}}$ slouží pro stanovení referenčního zrychlení, tedy takového zrychlení, které musí motocykl v testu dosáhnout. Pásmo tolerance je **10 %**. Pokud by se nepodařilo dosáhnout tohoto pásma ani na jeden převodový stupeň, je nutné použít dva sousední převodové stupně a tedy měřit vše 2x. Následně použít váhový faktor převodu a dále počítat jinou metodou. Tento způsob je ve vyvinutém vyhodnocovacím SW zanedbán a počítá se s použitím pouze jednoho převodového stupně.

$$a_{\text{urban}} = 1.37 * \log(\text{PMR}) - 1.08 \text{ pro vozidla s PMR} \leq 50 \quad (1.4)$$

$$a_{\text{urban}} = 1.28 * \log(\text{PMR}) - 1.19 \text{ pro vozidla s PMR} > 50 \quad (1.5)$$

Výpočet a_{urban} slouží pro vypočítání výkonového faktoru k_p , který následně slouží pro výpočet hladiny akustického tlaku L_{urban} , což je výsledná hodnota hluku počítaná vážením dílčích testů CRS a WOT. Hodnota L_{urban} je rozhodující pro výsledek testu.

1.2.2 Typy měření

Samotné měření hluku motocyklu se skládá z 2 typů měření:

1. Měření hluku při pohybu

- a. Zrychlení s plně otevřenou škrticí klapkou (WOT).
- b. Jízda konstantní rychlostí (CRS).
- c. Doplnkové měření hluku s plně otevřenou škrticí klapkou (rozdílné podmínky) - ASEP (Additional Sound Emission Provisions).

2. Statické měření hluku

- a. Měření hluku stojícího vozidla.

V dalších částech práce se statickým měření hluku nebudu věnovat a ani samotný vyvinutý vyhodnocovací SW tuto funkci nemá.

1.2.3 Měření hluku při zrychlení s plně otevřenou škrticí klapkou - WOT

Při tomto měření by měla být dosažena linie AA' ustálenou rychlostí. Jakmile přední kolo motocyklu protne linii AA' řidič okamžitě plně otevře škrticí klapku až do doby, než zadní kolo motocyklu přejeđe přes linii BB'.

Volba převodového stupně během měření je na samotném výrobci, avšak motocykl musí dosáhnout požadované rychlosti a zrychlení. Během zkoušky se využije pouze jeden převodový stupeň - **nelze řadit**.

Pokud by nebylo dosaženo stabilní akcelerace, je možné otevřít škrticí klapku ve vzdálenosti l_{pa} před dosažením AA' linie.

Zde jsou uvedeny podmínky pro měření:

Pro $PMR \leq 50$ → $v_{test} = 40 \pm 1 \text{ km/h}$
→ $a_{wot\ ref} = \text{viz rovnice (1.2)}$

Pro $PMR > 50$ → $v_{test} = 50 \pm 1 \text{ km/h}$
→ $a_{wot\ ref} = \text{viz rovnice (1.3)}$

Při měření se nesmí na linii BB' přesáhnout **75 %** V_{max} motocyklu. Pokud by se to na daném převodovém stupni stalo, sníží se V_{test} o **10 %** a to tolikrát, dokud nebude podmínka splněna. Zároveň platí, že nesmí být přesázeny otáčky S. Poté by mělo dojít k volbě vyššího převodového stupně.

Tato skutečnost není zanesená ve vyhodnocovacím SW, jelikož motocykl JAWA 350OHC splňoval danou podmínku správně. Pokud bych snížil V_{test} , tak vyhodnocovací SW vyhodnotí měření jako neplatné z důvodu nedosažení požadované rychlosti.

1.2.4 Měření hluku při jízdě konstantní rychlostí - CRS

Při tomto měření musí být zařazen stejný převodový stupeň a dodržena stejná rychlost V_{test} , jako při předcházejícím měření WOT. Samotné měření hluku probíhá od linie AA' do linie BB' a řidič motocyklu se snaží držet po celou dobu konstantní rychlost.

1.2.5 Doplnkové měření - ASEP

Tento typ měření si podle normy zkušebna může a nemusí vyžádat.

Ve vyhodnocovacím SW je tento typ měření dostupný.

Pro toto měření platí jiné podmínky než při měření WOT a to tyto následující:

Rychlost v_{AA} , musí být nejméně 20 km/h
Rychlost v_{BB} , nesmí přesáhnout 80 km/h
Otáčky motoru n_{AA} , musí být nejméně $0,1*(S - n_{IDLE}) + n_{IDLE}$
Otáčky motoru n_{BB} , nesmějí přesáhnout: $0,85*(S - n_{IDLE}) + n_{IDLE}$ pro $PMR \leq 66$
Otáčky motoru n_{BB} , nesmějí přesáhnout: $3,4*PMR^{-0,33}*(S - n_{IDLE}) + n_{IDLE}$ pro $PMR > 66$

Tabulka 3: Podmínky ASEP

Zrychlení v tomto typu měření není omezené tak, jako v měření typu WOT.

1.3 Vyhodnocení výsledků měření a výpočty

Obecné podmínky:

- Každý typ měření musí být proveden **3x**, pokud se hluk měří z obou stran motocyclu.
- Maximální hodnota hluku je snížena o **1 dB** - nepřesnost měření.
- Hodnoty hluku a rychlosti se zaokrouhlují na nejbližší desetinné místo.
- Pokud je zaznamenána zvuková špička, která nesouvisí s měřením, měření je neplatné.
- Platné jsou **3** po sobě jdoucí měření, která mezi sebou mají rozdíl v hluku do **2 dB**.

Změřený hluk by měl být zprůměrován dle následující rovnice:

$$L_{mode,(i),side} = (1 / 3) * (L_{mode,(i),side,1} + L_{mode,(i),side,2} + L_{mode,(i),side,3}) \quad (1.6)$$

Kde:

mode - při jakém testu byl hluk měřen (CRS, WOT, ASEP)

i - zařazený rychlostní stupeň

side - z jaké strany bylo měřeno

Po výpočtu se vybere hluk té strany, ve které je hluk vyšší.

Vyhodnocovací program umí zjistit, z jaké strany bylo měřeno, ale pro finální výsledek mu stačí 3 platné pokusy měření nehledě na tuto skutečnost.

1.3.1 Výpočet hluku – WOT

Zde nejsou potřeba žádné další výpočty, pouze se změří a vypočte hluk dle rovnice 1.6.

1.3.2 Výpočet hluku - CRS

Zde nejsou potřeba žádné další výpočty, pouze se změří a vypočte hluk dle rovnice 1.6.

1.3.3 Výpočet a_{wot}

Nejdříve je třeba vypočítat zrychlení. To se neměří přímo, ale počítá se z rychlostí na linii AA' a BB' při měření WOT:

$$a_{wot,(i),j} = ((v_{BB',j} / 3.6)^2 - (v_{AA',j} / 3.6)^2) / (2 * (20 + l_{ref})) \quad (1.7)$$

Kde:

j - číslo měření

i - zařazený rychlostní stupeň

l_{ref} - délka vozidla anebo pevně hodnota 2 m (volně volitelné)

$v_{BB'}$ - rychlost motocyklu na linii BB'

$v_{AA'}$ - rychlost motocyklu na linii AA'

Zprůměrování zrychlení:

$$a_{wot,(i)} = (1 / 3) * (a_{wot,(i),1} + a_{wot,(i),2} + a_{wot,(i),3}) \quad (1.8)$$

Kde:

i - zařazený rychlostní stupeň

Výsledek je zaokrouhlen na 2 desetinná místa.

Výpočet faktoru k_p :

Faktor k_p – dílčí výkonový faktor slouží pro zkombinování zrychlení $a_{wot,(i)}$ a a_{urban} , které bylo dříve vypočteno.

$$k_p = 1 - (a_{urban} / a_{wot,(i)}) \quad (1.9)$$

Pokud je $a_{wot} \leq a_{urban}$ zvolí se $k_p = 0$

1.3.4 Výpočet finálního hluku - L_{urban}

Samotný výpočet se provede podle vzorce:

$$L_{urban} = L_{wot} - k_p * (L_{wot} - L_{crs}) \quad (1.10)$$

Kde:

$$L_{wot} = L_{wot(i)}$$

$$L_{crs} = L_{crs(i)}$$

k_p = dílčí výkonový faktor

Nesměji být překročeny limity viz Tabulka 4.

1.3.5 Výpočet hluku - ASEP

Výsledný hluk by měl být opět zprůměrován dle vzorce:

$$L_{ASEP,(i),side} = (1 / 3) * (L_{ASEP,(i),side,1} + L_{ASEP,(i),side,2} + L_{ASEP,(i),side,3}) \quad (1.11)$$

Po výpočtu se vybere ta strana, ve které je hluk vyšší. Neměly být překročeny limity uvedené v pododdíle 1.4.3.

V našem případě se měření ASEP omezí pouze na 3 měření a to tak, že se musí dodržet omezující hodnoty viz Tabulka 3: Podmínky ASEP. Podle informací ze zkušebny TÜV se měření většinou provádí tak, že jedno měření je totožné s měřením WOT, při dalším měření se zařadí nižší rychlostní stupeň a dodržuje se stejná rychlost v_PP' a poslední měření je opět na vyšší rychlostní stupeň avšak s vyšší rychlostí v_PP'.

Tím se motocykl dostane do více provozních stavů, ve kterých se prokáže, zdali splní či nesplní podmínky dané normou.

1.4 Tabulky a hodnoty limitních hodnot emisí hluku

1.4.1 Limitní hodnoty L_{WOT}

Hodnota akustického tlaku L_{wot} nesmí překročit hodnotu L_{urban} o **5 dB**.

1.4.2 Limitní hodnoty L_{urban}

Třída motocyklu	PMR	dB(A)
Prvá třída	$PMR \leq 25$	73
Druhá třída	$25 < PMR \leq 50$	74
Třetí třída	$PMR > 50$	77

Tabulka 4: Limitní hodnoty hluku L_{urban}

1.4.3 Limitní hodnoty L_{ASEP}

Hodnota hluku L_{ASEP} nesmí být vyšší, než udávají tyto vzorce, do kterých se dosazují hodnoty z měření WOT. Při schvalování ve zkušebně TÜV by před měřením ASEP mělo proběhnout individuální referenční měření typu WOT.

Ve vyhodnocovacím SW je použito zjednodušení - hodnoty se převezmou z jakéhokoliv platného měření WOT.

$$L_{wot,(i)} + \left(1 * \left(n_{pp'} - n_{wot,(i)}\right) / 1\right) + 3 \text{ pro } n_{pp'} < n_{wot,(i)} \quad (1.12)$$

$$L_{wot,(i)} + \left(5 * \left(n_{pp'} - n_{wot,(i)}\right) / 1\right) + 3 \text{ pro } n_{pp'} \geq n_{wot,(i)} \quad (1.13)$$

Kde:

$L_{wot,(i)}$ - hodnota akustického tlaku, která se převezme z referenčního měření WOT

$n_{wot,(i)}$ - hodnota otáček motoru, která odpovídá $n_{pp'}$ při L_{wot} z referenčního měření WOT

$n_{pp'}$ - hodnota otáček motoru při dosažení linie PP' předním kolem při měření hluku ASEP

2 Komerční systémy pro měření zkoušky pass by noise

Zde popíši některé komerčně nabízené systémy pro měření této zkoušky. Většinou se jedná o ucelené zařízení s kompletně dodaným HW a SW, které se jen rozestaví do správných pozic a může se začít s měřením. Zpracování a zobrazení výsledků poté proběhne v dodaném SW a promítne se buď řidiči ve vozIDLE nebo na stacionární měřicí aparatuře. To už záleží na zakoupené konfiguraci. Samozřejmě cena takovýchto celků se pohybuje v řádu milionů korun.

2.1 Siemens PLM Software pro měření na venkovní dráze [4]

Asi nejvíce sofistikovaným systémem je systém PLM Software od firmy Siemens.

K tomu je standardě dodáván SW LMS Test.Lab, v kterém lze provádět analýzy, reporty a další zpracování dat.

Hlavní částí stacionárního HW zařízení je datalogger LMS SCADAS, který zpracovává všechny signály a data ze snímačů ať na dráze nebo ve vozIDLE. K dataloggeru je v základním provedení kompletní soubor snímačů:

- Radar/GPS
- Optické závory – 2x
- Mikrofony (drátové/bezdrátové) – 2x nebo 5x
- Meteorologická stanice



Obrázek 3: Měřící aparatura Siemens – track based [3]

PLM Software nabízí 3 typy měřících aparatur.

- Track only
- Track based
- Vehicle based

2.1.1 Track only

Slouží pro rychlé zjištění hluku motocyklu při testování, kde není třeba žádných snímačů a zařízení na vozidle. To není vhodné pro certifikované měření a zvláště u motocyklu, kde je výhodnější použití GPS namísto radaru při měření jeho rychlosti.

2.1.2 Track based

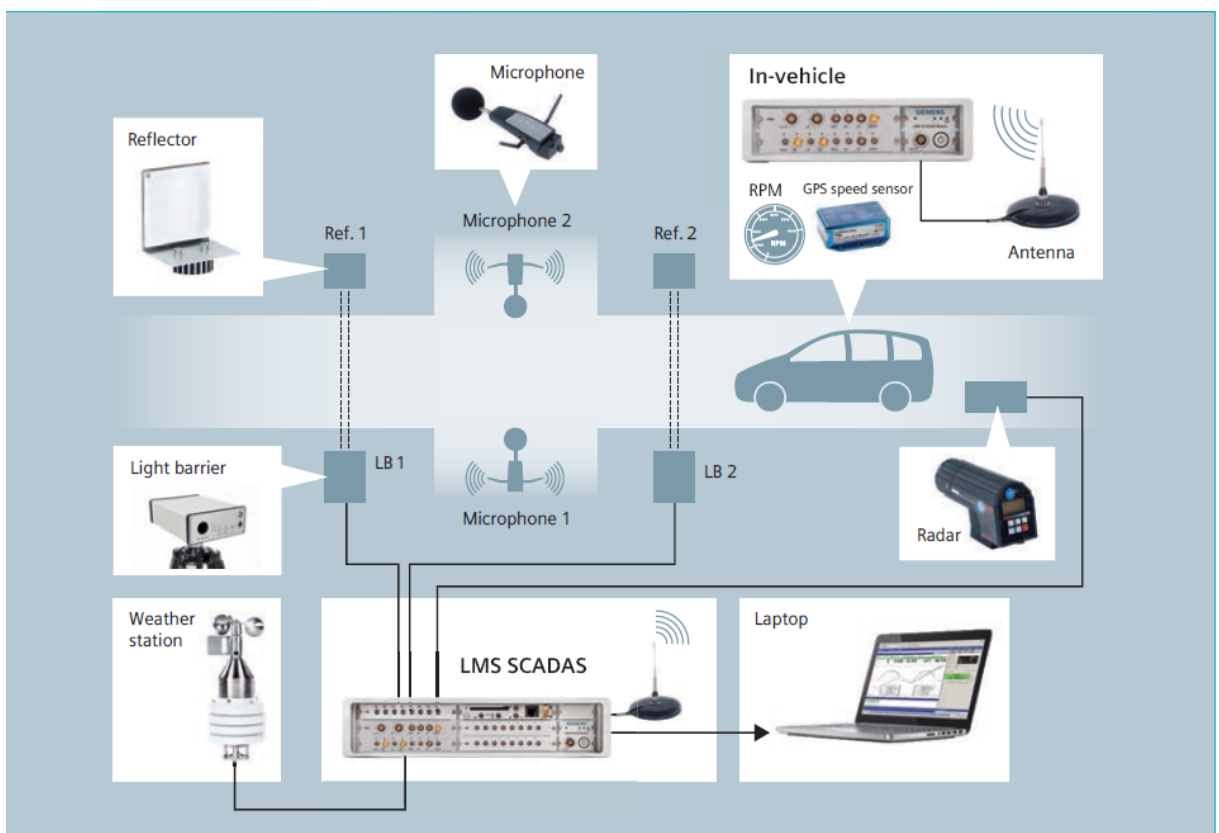
Slouží pro plně certifikované měření Pass by noise zkoušky. Proti Track only aparatuře zahrnuje mobilní část a snímače přímo na motocyklu:

- Datalogger LMS SCADAS Mobile 01
- GPS – 100Hz, Racelogic
- Snímač otáček motoru

Po projetí testovací trati se data z dataloggeru skrze Wi - Fi rozhraní přenesou do stacionární části LMS SCADAS, kde se vyhodnotí výsledek.



Obrázek 4: LMS SCADAS mobile 01 [3]



Obrázek 5: Track based systém [3]

Pro zpřesnění výsledků měření může být použito až 5 párů mikrofونů kolem středové polohy. Poté se vybere ten pár, kde vozidlo jelo rychlostí nejbliže k požadované rychlosti.

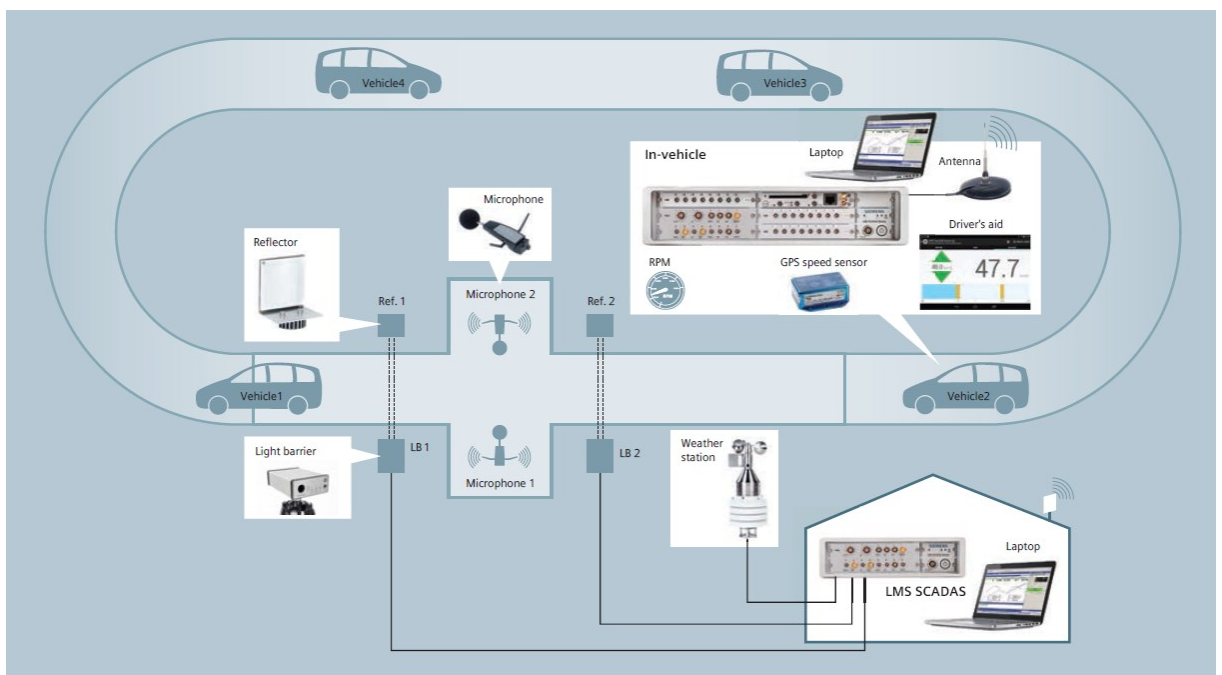
2.1.3 Vehicle based

Tato aparatura slouží pro rozsáhlé testování více vozidel na jedné trati. Testovací tým je pak schopen provést mnohem více testů s různými vozidly. To šetří hlavně čas, jelikož nemusí být vždy vhodné podmínky pro měření.

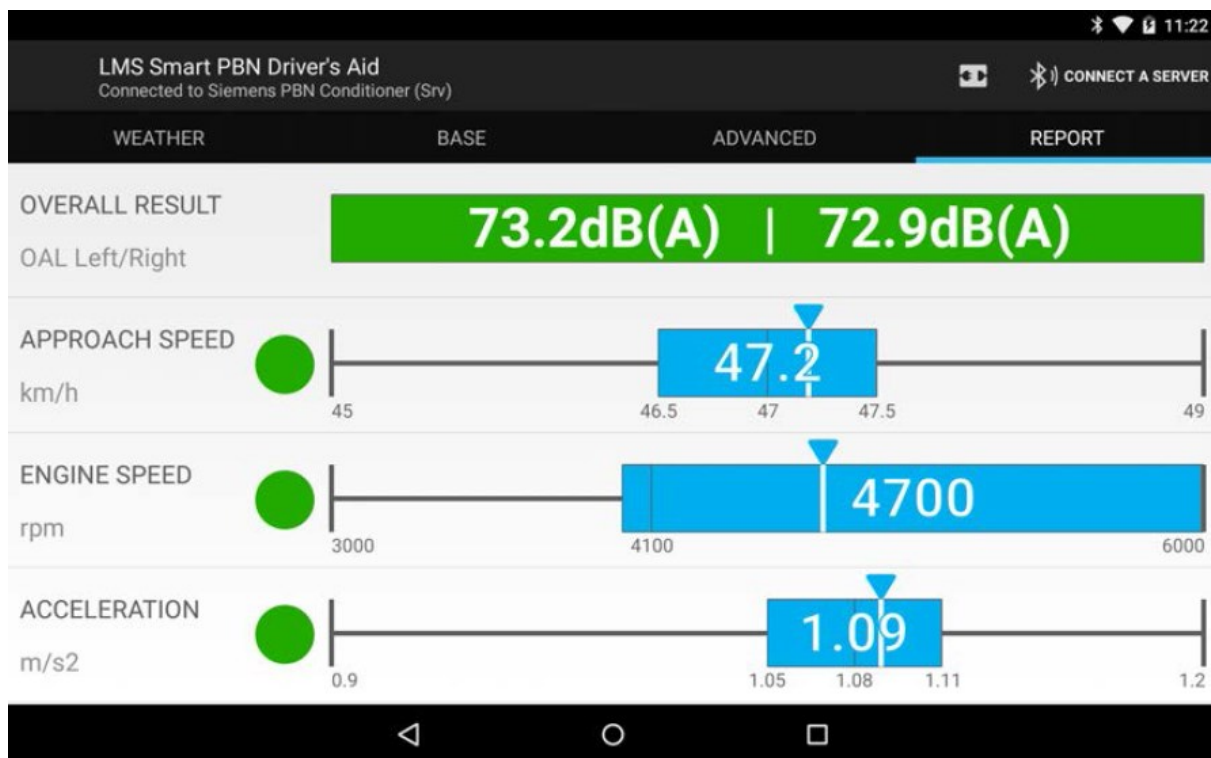
Hlavní rozdíl oproti předchozí architektuře je ten, že zpracování dat a vyhodnocení výsledků se provádí v mobilní části aparatury. De facto se zamění mobilní LMS SCADAS za statický. Mobilní LMS SCADAS je doplněn o další modul, který mu umožňuje sběr dat skrz Wi - Fi spojení z mikrofonů (LMS SCADAS Mobile 05).

Synchronizace dat je zajištěna skrze další optické brány přímo na přídě vozidla a následně i skrz GPS absolutní čas pro pozdější zpracování dat a synchronizaci.

Další změnou je to, že se mohou aktuálně měřené hodnoty (rychlost, zrychlení, otáčky), stejně jako výsledky testů zobrazovat řidiči přímo na tabletu umístěném na motocyklu – Driver's aid. To opět šetří čas potřebný k úspěšnému splnění podmínek testu.



Obrázek 6: Vehicle based systém [3]



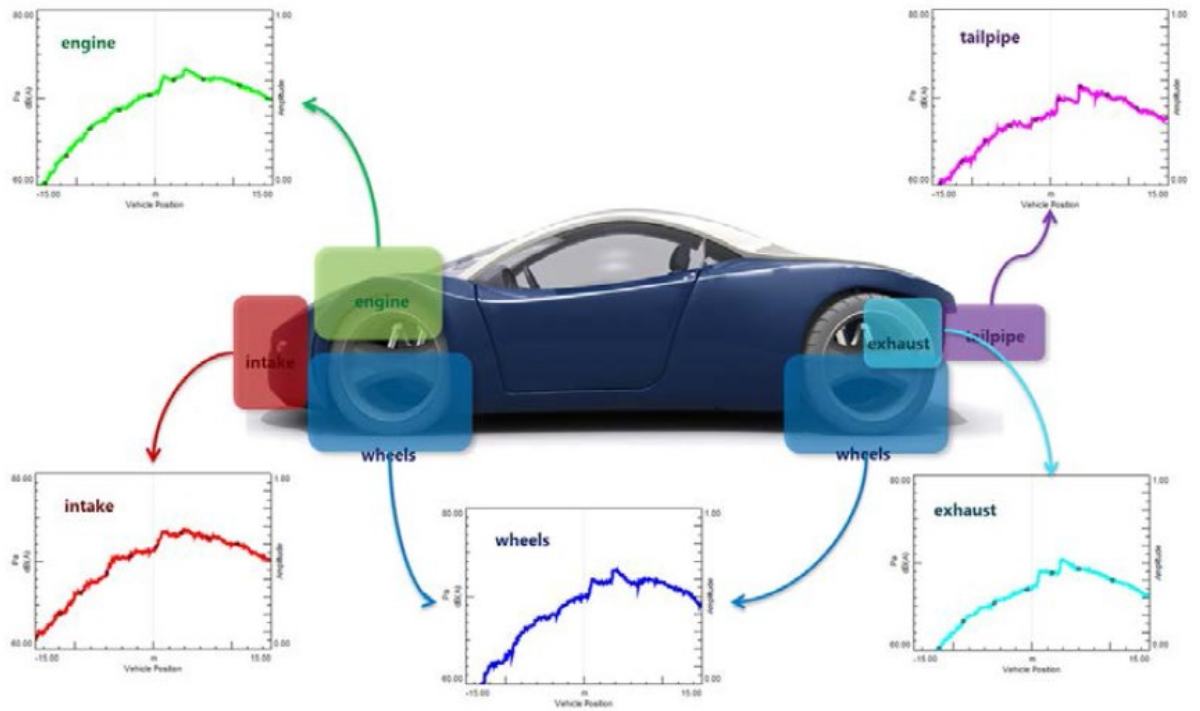
Obrázek 7: Siemens Driver's aid [3]

2.2 Siemens PLM Software pro měření na dráze v budově

Siemens nabízí také zařízení pro statické měření uvnitř budovy na dynamometru. To zjednodušuje a zpřesňuje měření, jelikož vnitřní prostředí je stálé a měření pak nezávisí na venkovních podmínkách. Měřicí týmy tak mohou pracovat i při nepříznivém počasí. Pomocí sítí umístěných po stranách motocyklu, na kterých jsou namontovány mikrofony, lze pomocí různých technik zjistit zdroje hluku a jejich příspěvky k celkovému hluku:

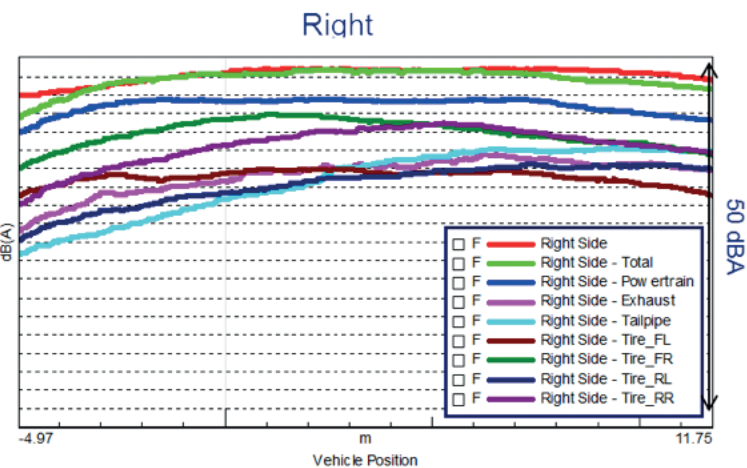
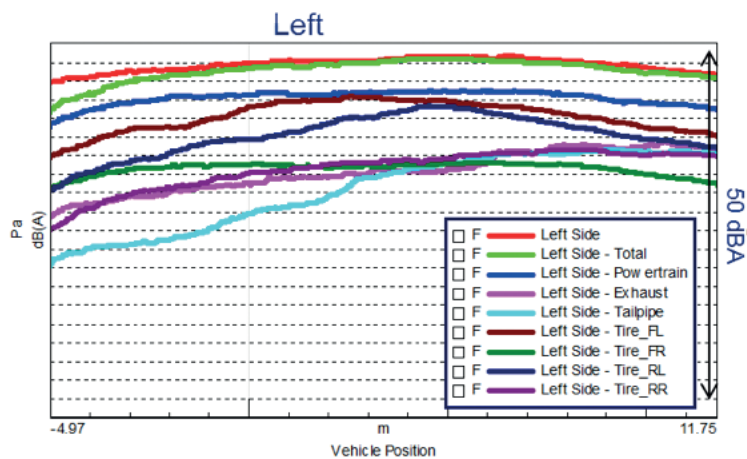
- Pneumatiky
- Motor a převodovka
- Sání
- Výfuk

Takové testování pak značně zlehčuje vývoj a řešení problémů s hlučností jednotlivých komponentů, protože se lze zaměřit pouze na problematický zdroj hluku.

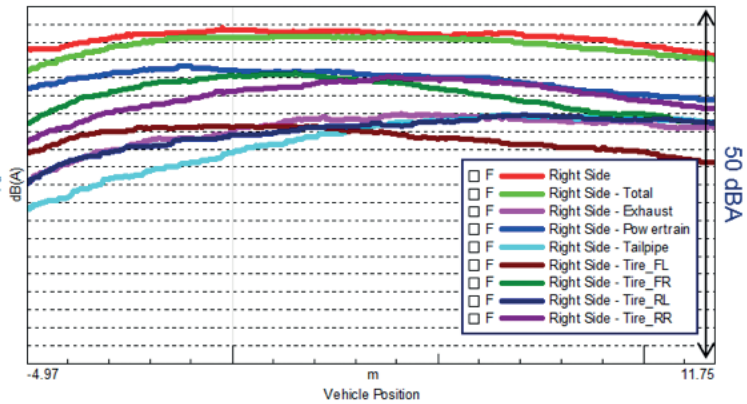
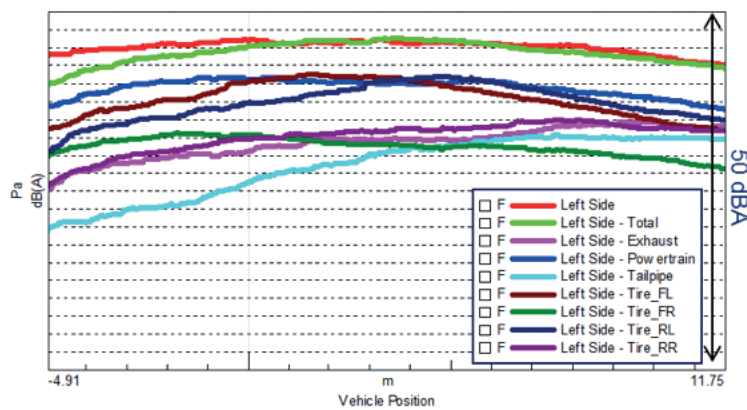


Obrázek 8: Jednotlivé zdroje hluku a jejich příspěvky na celkový hluk [3]

Acceleration



Constant Speed



Obrázek 9: Průběhy hluku jednotlivých zdrojů v závislosti na ujeté vzdálenosti [3]

2.3 Brüel & Kjær Pulse pass by noise [5]

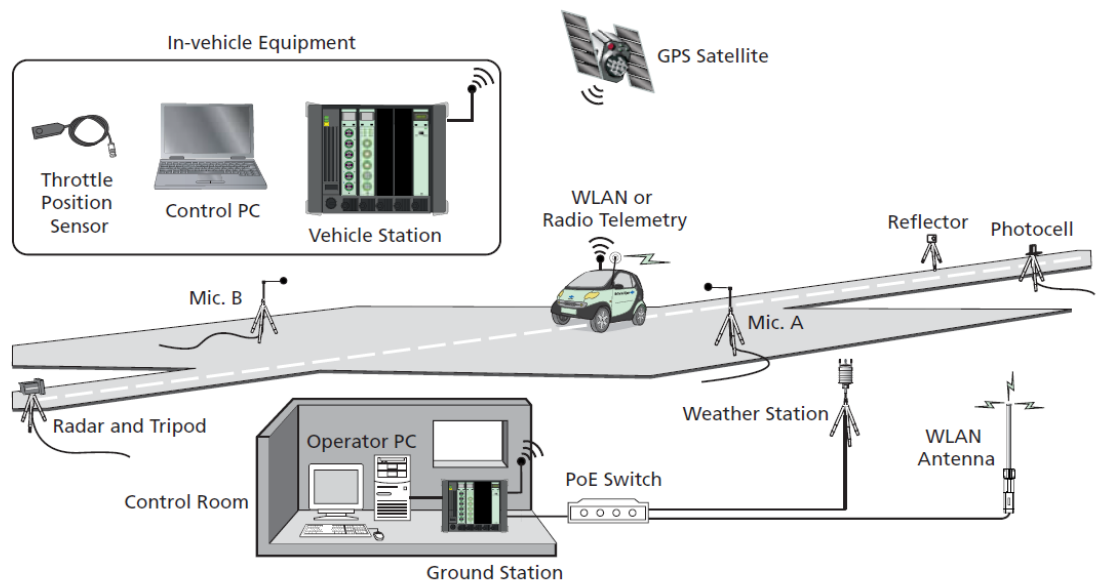
Podobný princip měření a měřicí systém, jako poskytuje firma Siemens, nabízí i firma Brüel & Kjær. Stejně tak nabízí i systém pro měření hluku v místnosti na dynamometru + zjištění, které části motocyklu/automobilu přispívají do celkových emisí hluku nejvíce. Poskytují tak opět velice účinný nástroj pro vývojáře a týmy zabývající se touto problematikou a výrazně zkracují čas potřebný k testování a vývoji. Dále se budu zabývat pouze klasickým měřením ve venkovním prostředí, neboť tato problematika je poměrně rozsáhlá a náročná.

Opět je k celému zařízení dodáván SW - PULSE Data Manager Type 7767, který umožňuje správu a úpravu naměřených dat. Je zde možnost exportu dat do Microsoft Word a Excel. Dodávaný SW má ovšem celkem vysoké HW nároky na použitý PC.

Celé HW zařízení se opět skládá ze stacionární a z mobilní části, přičemž záleží opět na dané konfiguraci. Pro motocykl je jiná HW mobilní část než pro měření hluku automobilu, nákladního automobilu anebo více automobilů zároveň – multi vehicle.

Statický HW se u všech konfigurací skládá z:

- LAN - XI Frame Type 3660 - C - 10, GPS – LAN pro Wi - Fi komunikaci
 - GPS ZZ - 0260 pro synchronizaci času s mobilní částí
- LAN - XI 6 - ch. Input Module Type 3050 - A - 060 – pro připojení mikrofonů
- LAN - XI Battery Module Type 2831 - A
- Pass - by Connection Module WB - 3595 – pro připojení optických bran a radaru
- Rychlostní radar – pro automobil
- Optická závora – 1x
- Meteorologická stanice
- Měřicí mikrofon – 2x, drátový



Obrázek 10: Systém pass by noise Brüel & Kjær – multi vehicle [5]

2.3.1 Konfigurace pro motocykl

Statická HW část je totožná s výše zmíněným vyjma nepoužití radaru pro měření rychlosti a je vidět na Obrázek 10.

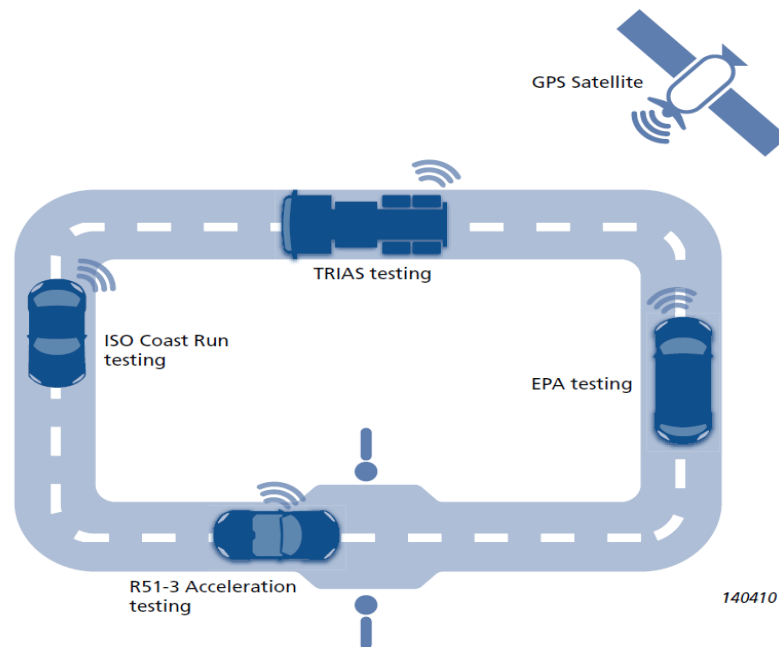
Rozdílná je ovšem mobilní část, kde není třeba stejného HW LAN - XI, jako na stacionární části, jelikož je potřeba zjišťovat pouze rychlost na trati a otáčky motoru. Na motocyklu je tedy umístěno:

- 2 - CH. RADIO TELEMETRY WQ - 3208 – obsahuje vysílač, který je na motocyklu a přijímač, který je na stacionární části. Slouží pro sběr dat – otáčky motoru, rychlost vozidla.
- WLAN Telemetry Kit – pro připojení k Wi - Fi stacionární části
- GPS SPEED SENSOR WQ - 3207 – 100 Hz GPS pro měření rychlosti a pro synchronizaci času mezi statickou a mobilní částí.

Zařízení na mobilní části je standardně napájeno z 12 V palubní sítě. Výsledky testu se vyhodnotí ve stacionární části, kde se zobrazí i výsledek testu.

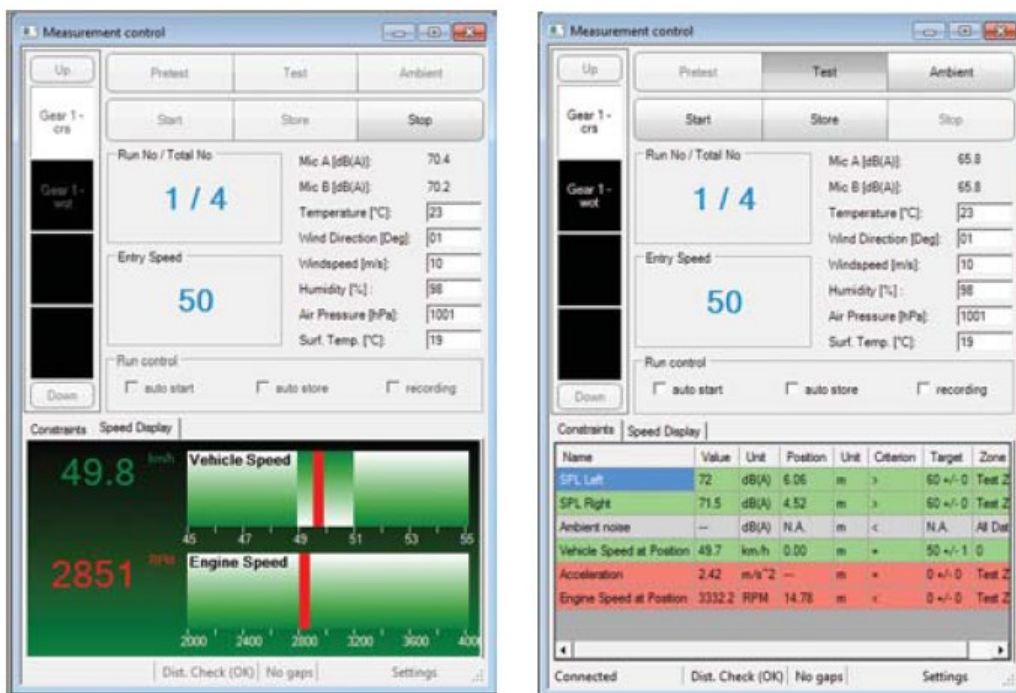
2.3.2 Konfigurace pro multi - vehicle systém

V této konfiguraci je možné podobně jako u systému Siemens projíždět testovací úsek trati více vozidly s jinými parametry. Je tak možné provést mnoho testů za krátký časový úsek.



Obrázek 11: Schéma multi - vehicle systému [5]

V tomto provedení je potřeba dodat na každé vozidlo stejný HW, jako se nachází na stacionární části. Data z mikrofónů, optické brány, meteorologické stanice se následně přenášejí ze stacionární na mobilní část, přičemž zpracování dat a vyhodnocení testu probíhá přímo na mobilní části. Řidič tak okamžitě po projetí testovací trati zjistí výsledek testu. Rychlost se neměří radarem, ale pomocí vestavěné GPS, která zároveň slouží opět k synchronizaci dat.



Obrázek 12: SW pro zobrazení výsledků a nastavení hodnot vozidla [5]

Další výhodou tohoto řešení je, že na stacionární části nemusí být obsluha. Řidič jednoduše před vjetím na testovací trať stiskne tlačítko, přičemž stacionární část změří okolní hluk a odešle ho do mobilní části. Tím začíná měření pass by noise testu. Po projetí testovací trati se všechny data odešlou do mobilní části se specifickým ID pro zajištění správnosti dat.

3 Návrh vlastního měřicího systému

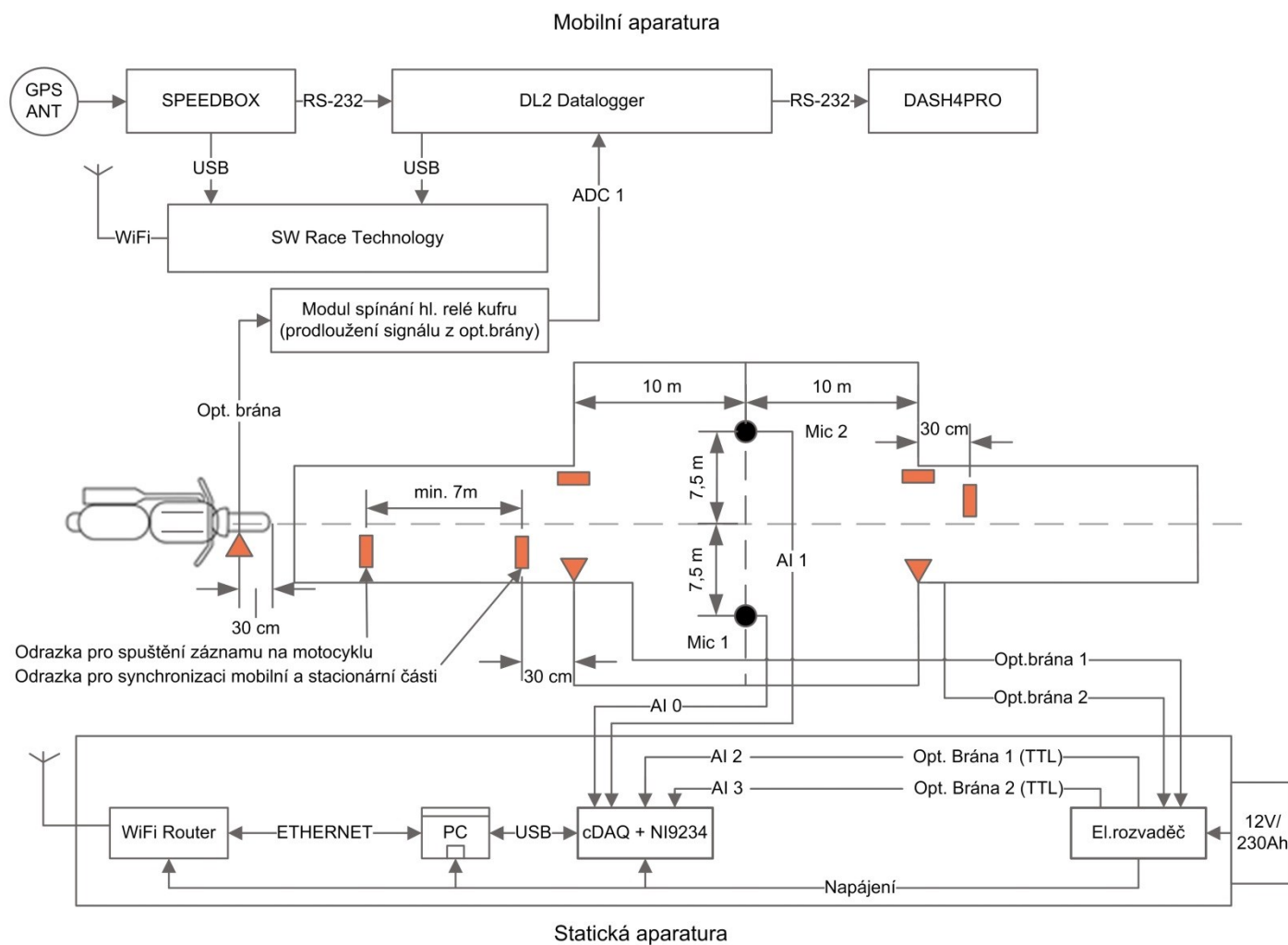
K návrhu vlastní měřicí aparatury se došlo z důvodu omezeného finančního rozpočtu na měřicí techniku. Výše zmíněné systémy jsou totiž několikanásobně dražší, než méně sofistikované vlastní řešení sestavené z více různých prvků.

Celá měřicí aparatura byla koncipována tak, aby byla univerzální. Tj. aby mimo měření hluku byla použitelná pro různé jízdní zkoušky a testy konstrukce motocyklu, které mohou v budoucnosti pomoci při vývoji motocyklů.

To platí zejména pro zařízení mobilní části, do kterého bylo třeba vměstnat všechna zde uvedená zařízení (průmyslové PC, cDAQ, RaceTechnology, baterii atd.).

Součást	Umístění	Funkce	Počet kusů
NI cDAQ 9133	Stacionární část	Datalogger	1
NI 9234	Stacionární část	Vstupní karta pro měření napětí z mikrofonů a z optických bran	1
Optická závora WL100L - F2131 + odrazka	Stacionární část	Synchronizace dat s mobilní částí + označení začátku a konce trati	2
Měřicí mikrofon 4966 - H - 041	Stacionární část	Měření hluku motocyklu	1
Měřicí mikrofon TYPE 4189 - A - 021	Stacionární část	Měření hluku motocyklu	1
Předzesilovač TYPE 2671	Stacionární část	Měření hluku motocyklu	2
Stativ	Stacionární část	Upevnění mikrofonů, optických závor a odrazek	6
Kabely pro mikrofon, optické závořy	Stacionární část	Propojení mikrofonu a bran s cDAQ 9133	4
Stativ pro přemostění přes vozovku	Stacionární část	Přemostění kabelu k mikrofonu	2
Baterie 12 V/230 Ah	Stacionární část	Napájení stacionární části	1
Akustický kalibrátor 4231	Stacionární část	Kalibrace měřících mikrofonů	1
Hliníkový kufr	Mobilní část	Ochranný obal pro zařízení na mobilní části	1
DASH4PRO	Mobilní část	Displej	1
Průmyslové PC Cincoze DA - 1000 - J19 + Wifi anténa	Mobilní část	Bezdr. komunikace mezi stac. a mobil. částí + SW pro ovládání DL2 a SpeedBox	1
Race Technology SpeedBox + GPS anténa	Mobilní část	Měření rychlosti pomocí GPS	1
Race Technology DL2	Mobilní část	Datalogger	1
Optická závora WL100L – F2131 + odrazka	Mobilní část	Synchronizace dat se stacionární částí	1
Notebook	Stacionární část	Stažení dat z mobilní a stacionární části	

Tabulka 5: Seznam komponent



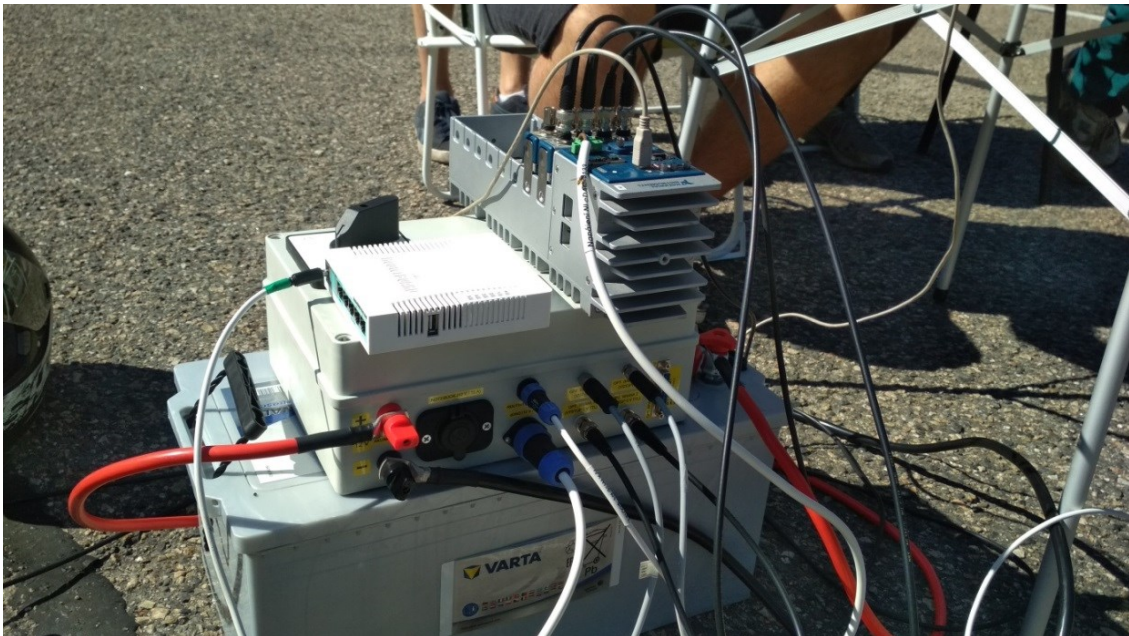
Obrázek 13: Situační schéma navrhovaného systému

Fotografie z měření, kde je sestavená měřicí aparatura a její rozmístění, je k vidění v Příloha A.

3.1 Stacionární část

Hlavní částí stacionární měřicí aparatury je měřicí ústředna NI cDAQ - 9133 od firmy National Instruments, kterou firma Jawa již vlastní. Měřicí ústředna slouží pro sběr dat z mikrofonů a z optických závor. NI cDAQ - 9133 je připojen do PC, kde se po projetí testovací trati a stažení dat z mobilní i stacionární části vyhodnotí výsledek. Stažení dat z mobilní části probíhá skrze vzdálenou plochu průmyslového PC na mobilní části. Proto je na stacionární části Wi - Fi router, na který jsou oba PC připojeny. Napájení stacionární části je zajištěno pomocí Pb akumulátoru 12 V/230 Ah.

Dále se zde nachází elektrický rozvaděč pro napájení celé aparatury a pro převod signálu z optických bran na signál TTL 5 V, který je poté připojený do měřicí karty NI9234.



Obrázek 14: Část stacionární měřicí aparatury

3.1.1 NI cDAQ - 9133

Jedná se o 8 - slotový CompactDAQ controlér, který slouží jako datalogger na stacionární části měřící aparatury. [6]



Obrázek 15: NI cDAQ - 9133 [6]

Klíčové parametry:

- Dual core Intel Atom procesor – 1,33 GHz
- Integrovaná 16 GB SSD paměť rozšiřitelná o 32 GB SD kartou
- Trigger vstup PFI
- RS232, LAN, USB komunikace
- Operační systém WES7 nebo NI Linux
- Rozšiřitelnost až o 8 I/O karet – analog, digital, čítače, časovače, CAN...

V tomto použití je cDAQ - 9133 rozšířen o kartu pro měření napětí z mikrofonů NI 9234, která zároveň slouží na měření napětí z optických bran.

3.1.2 Optické závory

Optické závory slouží pro označení začátku a konce testovací trati a pro synchronizaci dat mezi stacionární a mobilní částí aparatury.

Na stacionární části jsou dvě optické závory a jedna optická závora je umístěna na motocyklu. Vybrány byly optické reflexní závory od výrobce SICK WL100L - F2131. Důležitým parametrem je odezva, která u této závory činí 0,25 ms. Napájení na stacionární části je zajištěno z 12 V baterie. Na mobilní pak z alternátoru motocyklu – za jízdy. Nebo z pomocného akumulátoru (Pb 12 V / 2,9 Ah) – při zastaveném motoru.

Napájecí napětí	10 - 30 V
Odběr proudu	≤ 30 mA
Typ výstupu	PNP
Odezva	0,25 ms
Dosah	0,08 – 10 m
Zdroj světla	Laser 650 nm
Rozměry	11 mm x 31 mm x 20 mm

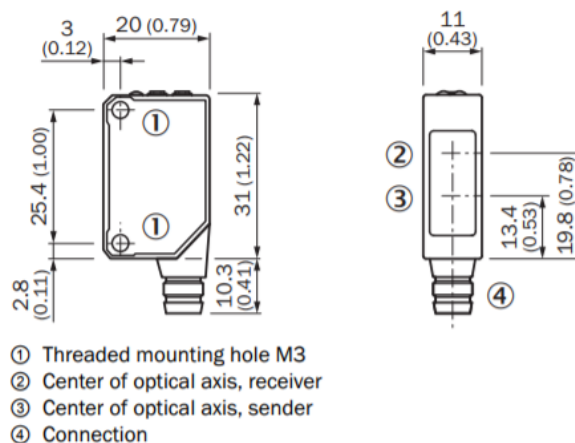
Tabulka 6: Klíčové vlastnosti WL100L - F2131 [7]



Obrázek 16: Reflexní závora WL100L - F2131 [7]

Na stacionární části se závory i odrazky umístí na stativy pro zajištění správné pozice. Pro připojení je zapotřebí kabel o délce 30 m s 3 - pinovým konektorem M8.

Na mobilní části (tedy na motocyklu) se musí optická závora umístit na správné místo viz Obrázek 13: Situační schéma navrhovaného systému tak, aby tato závora a závory na stacionární části na začátku trati rozpoznaly průjezd **ve stejný moment!** Odrazná plocha se musí umístit na silnici, kde je poté důležité se s motocyklem a snímačem „trefit“. Proto je potřeba dát na zem odrazky dostatečně dlouhé a široké.



Obrázek 17: Rozměry a způsob uchycení [8]

3.1.3 Měřicí mikrofony

Měřicí mikrofony musí být umístěny na obou stranách testovací trati ve vzdálenosti 7,5m od středu vozovky, přičemž se bude jednat o mikrofon TYPE 4188 - A - 021 a mikrofon 4966 - H - 041 od výrobce Brüel & Kjær s předzesilovači TYPE 2671. Mikrofony se k měřicí ústředně cDAQ (kartě NI 9234) připojují pomocí BNC konektoru a kabelu, který bude muset být přes trať přemostěn. Délka kabelů musí být 40 m pro každý z mikrofonů.

Po naměření napětí z mikrofonů je potřeba hodnotu napětí přepočítat podle citlivosti mikrofonu:

mikrofon 4188 - A - 021: 32,9 mV / Pa

mikrofon 4966 - H - 041: 49,5 mV / Pa



Obrázek 18: Mikrofon a předzesilovač Brüel & Kjær [5]

3.1.4 SW stacionární části

SW na stacionární části má mít za úkol shromažďovat data z optických závor na začátku a na konci trati + sběr dat z mikrofonů na obou stranách. Naměřená data se ukládají na interní SSD disk v cDAQ ve formátu tdms. Tento formát dat lze otevřít pomocí MS Excel s nainstalovaným Add-in pro tdms soubory. Program pro sběr dat lze úspěšně spustit pouze s připojeným cDAQ!

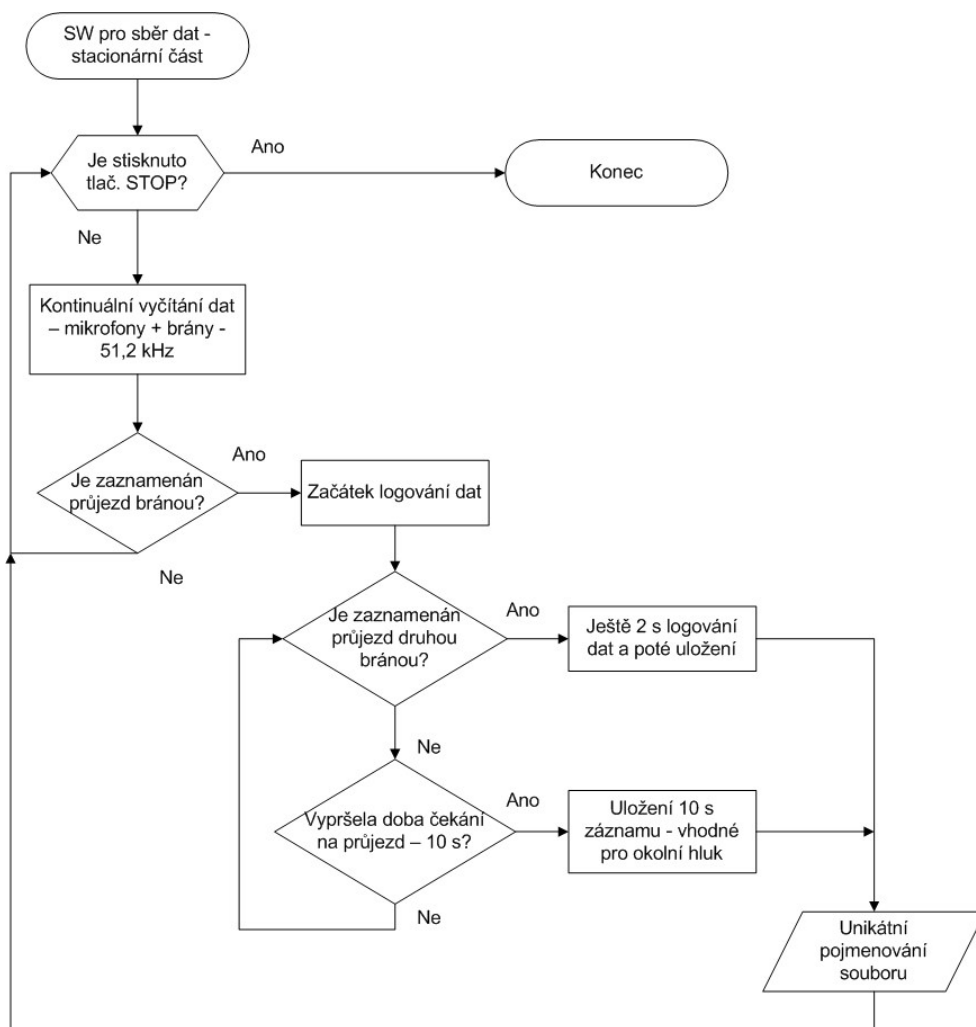
Vzorkovací frekvence sběru dat je pro každý ze 4 kanálů 51,2 kHz.

Sběr správných dat je ohraničen dvěma optickými závorami, které vytyčují začátek a konec trati. Data z mikrofonů a optických bran se měří kontinuálně po celou dobu běhu SW. Avšak logovat se začnou až po přijetí signálu z přerušení optické brány AA' na stacionární části. Logování probíhá do té doby, než se protne paprsek na druhé optické závoře - BB'. Nebo dokud neuplyne maximální doba logování - 10 sekund. Po protnutí druhé optické brány

SW loguje data ještě další 2 sekundy a poté se soubor ukládá pod jedinečným názvem na disk. Trať lze projíždět i druhým směrem BB' - AA', aplikace je na to připravena.

Aplikace nereaguje na opakovaný průjezd stejnou bránou, pokud se ještě neukončilo logování.

Měření okolního hluku se provede tak, že se rukou přeruší paprsek na jedné z bran a poté se nechá vypršet časový limit 10 s.



Vývojový diagram 1: SW pro sběr dat na stacionární části

Důležité je si zapamatovat, jaký soubor představuje jaký typ měření (okolní hluk nebo průjezd motocyklu).

V názvu souboru se toto totiž nerozlišuje a stahování dat se provádí ručně.

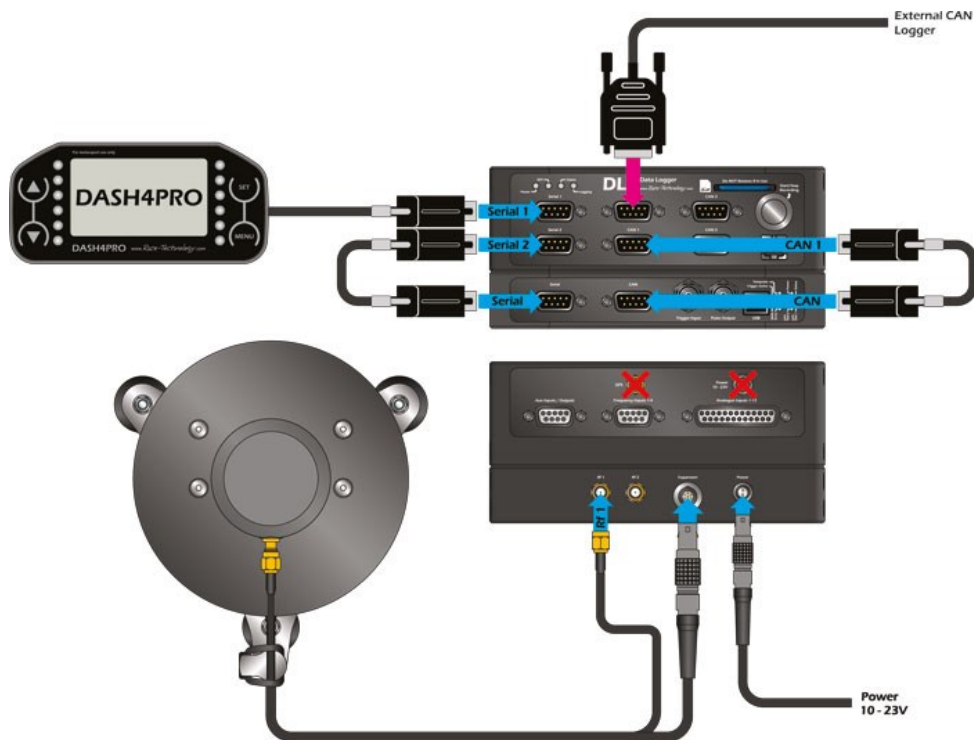
SW pro sběr dat a pro vyhodnocení měření (tj. dat z mobilní a stacionární části) je tvořen v programovacím prostředí NI LabView.

Rozsáhlejší popis a vývojové diagramy vyhodnocovacího SW jsou v kapitole 5.

3.2 Mobilní část

Pro mobilní část byl vybrán kompletní systém pro měření rychlosti, vzdálenosti, zrychlení... od firmy RACE – TECHNOLOGY. Systém se nazývá CATS (Complete automotive testing systems). Zahrnuje 3 hlavní části:

- SPEEDBOX – snímač rychlosti
- DL2 – Datalogger
- DASH4PRO – Displej
- GPS anténu



Obrázek 19: Schéma zapojení mobilní aparatury [9]

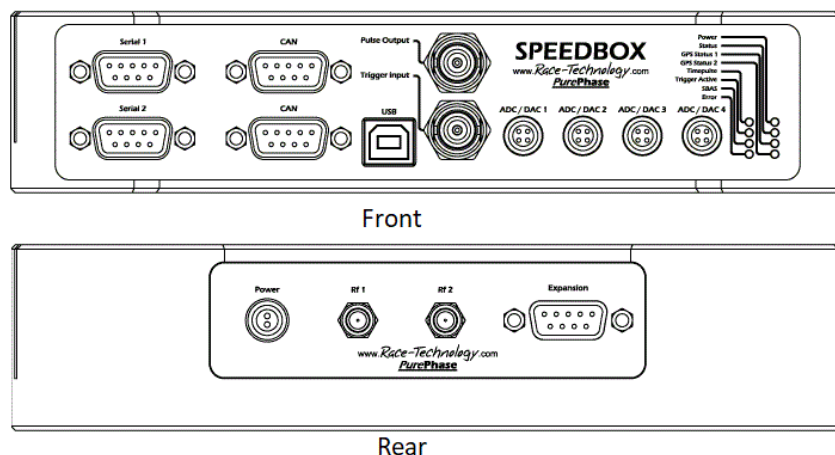
3.2.1 Racetechnology Speedbox

Jedná se o přesný systém měření rychlosti, kdy za pomoci 20 Hz GPS externí antény a vnitřního akcelerometru (3 osy), dokáže měřit rychlost vozidla až s 200 Hz frekvencí. Data může posílat do jiných zařízení pomocí:

- RS232 – 2x port
- USB port
- CAN – 2x
- Analogový signál

Dále obsahuje:

- 4x analogový I/O
- Trigger vstup
- Digitální pulsní výstup



Obrázek 20: Přední a zadní panel Speedbox [9]

Všechny vstupy a výstupy jsou plně programovatelné pomocí PC a dodaného SW. Výstupní data lze přímo zobrazovat v PC nebo DASH4PRO, případně je logovat. V našem měřicím systému bude data logovat datalogger DL2. Detailní zapojení konektorů viz. <https://www.race-technology.com/wiki/index.php/SPEEDBOX/ConnectorDetails> - [FrontPanel](#) [9].

SPEEDBOX	Options				
	IMU	RTK	IMU/ RTK	INS Tactical	
Typical Position Accuracy ¹	3m	3m	3m	3m	2m
Optimum Position Accuracy ¹	1m	1m	1m	1m	1m
Typical Acceleration Accuracy	0.1 m/s ²	0.05m/s ²	0.1 m/s ²	0.05m/s ²	0.01 m/s ²
Typical Speed Accuracy	0.02m/s	0.015 m/s	0.02 m/s	0.015 m/s	0.015 m/s
Distance Accuracy ² 1σ	3cm in 40m	3cm in 40m	3cm in 40m	3cm in 40m	3cm in 40m
Typical Gyro Accuracy	n/a	0.1°/S	n/a	0.1°/s	0.01°/s
Yaw Accuracy ³ 1σ	n/a	n/a	0.2°	0.2°	0.08°
Roll / Pitch Accuracy ³ 1σ	n/a	n/a	0.6°	0.6°	0.04°
Gradient Accuracy ⁴ 1σ	0.015°	0.015°	0.015°	0.015°	0.015°
Heading Accuracy ⁴ 1σ	0.01°	0.01°	0.01°	0.01°	0.01°

Tabulka 7: Specifikace SPEEDBOX 1 [9]

SPEEDBOX	Options				
	IMU	RTK	IMU/ RTK	INS Tactical	
Output Rates:					
Speed	200Hz	200Hz	200Hz	200Hz	200Hz
Acceleration	200Hz	200Hz	200Hz	200Hz	200Hz
Position	20Hz	20Hz	20Hz	20Hz	200Hz
Gyro Rates	n/a	200Hz	n/a	200Hz	200Hz
Yaw/Pitch/Roll	n/a	n/a	20Hz ¹	20Hz ¹	200Hz
Heading/Gradient	20Hz	20Hz	20Hz	20Hz	200Hz
GPS Receiver	Race Technology PurePhase, 20Hz output rate				
Accelerometer:					
Range	±2g ²	±18g	±2g ²	±18g	±5g
Resolution ³	1mg	3.33mg	1mg	3.33mg	1.3e - 5mg
3dB Bandwidth	40Hz	33Hz	40Hz	33Hz	100Hz
Gyro:					
Range	n/a	±300°/s	n/a	±300°/S	±300°/s
3dB Bandwidth	40Hz	33Hz	40Hz	33Hz	100Hz
Pulse Output, Either:					
Speed Pulse	0 - 5V, 10 - 100uS high time or 50% duty cycle, 1 - 400 pulses per meter. 12ms latency (SPEEDBOX INS) Frequency range DC - 50kHz				
Time Pulse	0 - 5V, 1Hz @ 50% duty cycle, rising edge synchronised to GPS & UTC time, accuracy better than 200ns.				
Analog Output	Up to 4, - 5 to 5V @ 50ohm load, - 10 to 10V @ infinite impedance				
Analog Input	Up to 4, 0 - 20V single ended, 16bit resolution				
Trigger Input	±20µs timing accuracy, Input levels. Low<0.5v, High>2.1v, biased to 2.5v				
Latency⁴	CAN 30 or 150ms, pulse 12ms (INS), ADC <4ms				
Power Requirement:					
Voltage	9 - 30V (9 - 15V for SPEEDBOX - MINI)				
Power Consumption	2.7W	3W	3W	3.4W	4.7W
Weight⁵	800g				
Dimensions⁵	199mm x 135mm x 43mm 160mm x 111 mm x 27mm (SPEEDBOX - MINI)				
Antenna	3.3v, active				

Tabulka 8: Specifikace SPEEDBOX 2 [9]

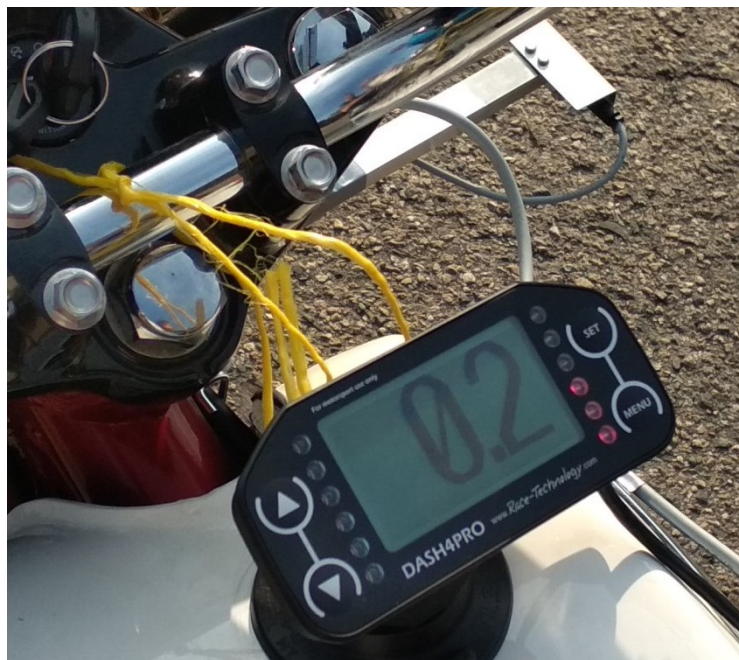
3.2.2 Racetechnology DASH4PRO

DASH4PRO je plně programovatelný a nastavitelný displej pro zobrazování aktuálních hodnot přímo řidiči. Lze ho nakonfigurovat tak, že bude instruovat řidiče tak, aby splnil podmínky dané zkoušky (zrychlení, brzdění,...). Pomocí postranních LED diod je možné řidiči dát např. informaci o tom, že má správnou rychlost apod.

Lze ho spojit přímo s produkty od Racetechnology skrz RS232 port, ale i s produkty třetích stran skrz CAN rozhraní. Je k němu standardně dodáván SW, ve kterém lze nastavit kompletní vzhled všech obrazovek. Lze také nastavit více obrazovek, mezi kterými pak lze přepínat. [9]

K DASH4PRO je dodáván i držák s přísavkou pro připevnění např. na nádrž motocyklu.

Při našem měření se na displeji zobrazuje jezdcovi pouze aktuální rychlost motocyklu. Pomocný postranní LED baragraf (na pravé straně) indikuje dosažení rychlosti 50 km/h.



Obrázek 21: Umístění DASHPRO na motocyklu



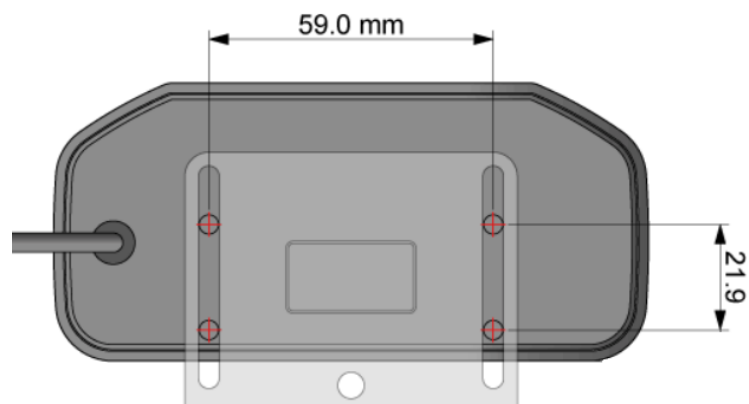
Obrázek 22: Přednastavené zobrazení 1 z 5. [9]

Displej má bohužel rozlišení pouze 128x64 pixelů ale čitelnost základních údajů důležitých pro řidiče není špatná. Obnovovací frekvence je 1 až 10 Hz. Napájení displeje je vedeno přes RS232 konektor.

Displej	Yellow OLED/white backlit LCD, resolution 128 x 64 pixels.
Case	Die - cast aluminium, black powder coated finish 124mm x 58mm x 14mm
Connections	Single 9 - way d - type, for serial communications and power for direct connection to a DL1 data logger and optional direct CAN
Power supply	Requires 12v at approximately 100mA
Processor	32bit DSP running at 150MHz. Internal Flash for program and configuration storage.
Temperature range	Operation between 0oC to 50oC, Storage from - 20oC to 80oC.
LEDs	2 rows of 6 very high brightness 5mm LEDs. 20 degree viewing angle. 10 steps of brightness control.
Membrane keypad	Polyester textured membrane to limit reflections. 12mm diameter buttons.
Unit fixing	4 x blind threaded holes for M4 screws, maximum depth 6mm.

number of configurable data pages	5
number of objects per data page	40
number of maths channels	10
displej fonts	5 sizes, from 5 to 64 pixels high
maximum number of input data channels	potentially >1000
screen update rate	variables can be set to update between 1Hz to 10Hz

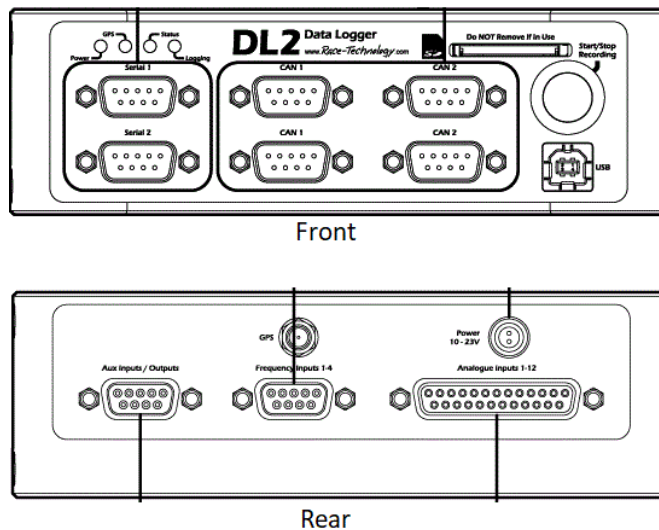
Tabulka 9: Specifikace DASH4PRO [9]



Obrázek 23: Způsob uchycení displeje [9]

3.2.3 Racetechnology DL2

DL2 je datalogger, který dokáže zaznamenávat data z mnoha zdrojů. V naší konfiguraci je hlavním prvkem, který shromažďuje data ze SPEEDBOX, zejména rychlost, napětí ze vstupu optické brány, otáčky atd. Vybraná data následně předává na DASH4PRO pro zobrazení řidiči a v neposlední řadě předává data skrz rozhraní USB do PC na mobilní části. Důvodem zvolení USB je, že DL2 nemá rozhraní LAN a WiFi.



Obrázek 24: Přední a zadní panel DL2 [9]

Pro detailní přehled zapojení konektorů lze navštívit stránku výrobce <https://www.race-technology.com/wiki/index.php/Connections/DL2> .

Hlavní parametry: [9]

- 32 GB SD karta pro logování
- 12 externích analogových vstupů 0 až 25 V, frekvence vzorkování 100 Hz až 1 kHz
- 4 trigger frekvenční vstupy včetně otáčkového vstupu
- 150 MHz procesor
- Napájecí napětí – 12 V nominální s odběrem proudu 180mA. Možnost napájet napětím v rozsahu 10 až 23 V.
- 2x 5 V výstupní reference s max. odběrem 500 mA
- USB port
- CAN – 2x
- RS232 – 2x

Memory card	Removable SD card up to 32GB on DL1 PRO, fixed internal card of 8GB on DL1 WP
GPS	Outputs position, speed, position accuracy and speed accuracy at 5Hz with no interpolation. GPS tracking loops optimised for applications up to about 4g. tracking of all satellites in view. 20Hz raw data storage for post - processed operation
GPS Antenna	Magnetic base, 3.3v active antenna with SMA connector.
Analogue Inputs	12 external inputs, 0 - 25v. All inputs are protected and have a 2nd order filter with corner frequency of 105Hz. Accuracy = 0.4% of measured voltage + - 20mV. Sample rate 100Hz as standard, 1kHz optional.
Frequency Inputs	4 external frequency inputs with a maximum input frequency >2kHz. Triggering voltage requires a low input of <1v and a high input of >4v and 15v maximum.
Lap Marker Input	Triggering voltage requires a low input of <1v and a high input of >4v and 25v maximum.
Start Sample Input	Triggering voltage requires a low input of <1v and a high input of >4v and 25v maximum
Low level outputs	4 low side drivers updating at 10Hz, each capable of driving 500mA.
Power Supply Requirements	12v nominal input, minimum of 10v, maximum of 23v (higher voltages can be accommodated if specified at the time of ordering). Current consumption of about 180mA including GPS, dependant on SD card requirements. +5v Reference Out Maximum current draw 500mA x 2.
Ignition In Signal (High Level)	Designed to connect directly to negative terminal of ignition coil. Can also fire from fuel injectors and from CD ignition systems.
Ignition In Signal (Low Level)	Triggering voltage requires a low input of <1v and a high input of >4v and 15v maximum. Suitable for connection directly to most ECU tacho outputs. Maximum input frequency >300Hz.
Case Construction	Custom aluminium housing with integral mounting holes. IP67 on DL1 WP.
Connector Type	19 way and 24 way Binder connector
Main Processor	150MHz TI Digital Signal Processor
Serial Port 1	User configurable for messages. Transmission and reception of RT format messages at 115200 baud
Serial Port 2	Used for reception of RT messages at a fixed baud rate of 115200
CAN Port	Maximum of 105 individual messages per port, at up to 1Mbit/s Message transmission with RTR Optional RAW CAN reception (100Hz standard, 1000Hz with 1000Hz license) Optional second CAN port for reception and transmission
Computer communication	USB port for reflashing, reading/writing configuration, viewing live data, and file transfer. Case mounted on DL1 PRO, on flying lead on DL1 WP. Download speed 2Mb/s
Accelerometers	3 axis, precision digital output. Guaranteed 2g minimum full scale on both axes. Resolution of 0.005g. Optional 6g sensor available as a factory option.
Gyroscope	Single axis yaw rate gyro with a maximum rate of 300 degrees / sec.
Vibration	Factory tested at 25g, 50Hz sinusoid for 5 minutes (without memory card inserted).
Temperature	Factory tested from - 20°C to 70°C
Status indicators	Power and logging status lights on DL1 PRO, no status lights on DL1 WP (four status indicators on external cable)

Tabulka 10: Specifikace DL2 [9]

3.2.4 Průmyslové PC pro mobilní část

PC na mobilní části je z důvodu toho, že je potřeba vytvořit bezdrátovou komunikaci mezi stacionární částí a mobilní částí (průmyslové PC má vestavěnou Wifi síťovou kartu).

Lze na něm mít spuštěný program pro ovládání a nastavení Race Technology součástí. Zároveň může sloužit pro komunikaci s ECU a vyčítání otáček motoru a dalších parametrů z ECU.

Jako PC pro mobilní část byl vybrán kompaktní a odolný PC DA - 1000 - J19 od výrobce Cincoze. Jelikož má poměrně výkonný HW, ale zároveň rozumné nároky na napájecí výkon. Ten je na motocyklu omezený výkonem alternátoru. Zároveň však musí být schopný zvládnout chod NI Labview.



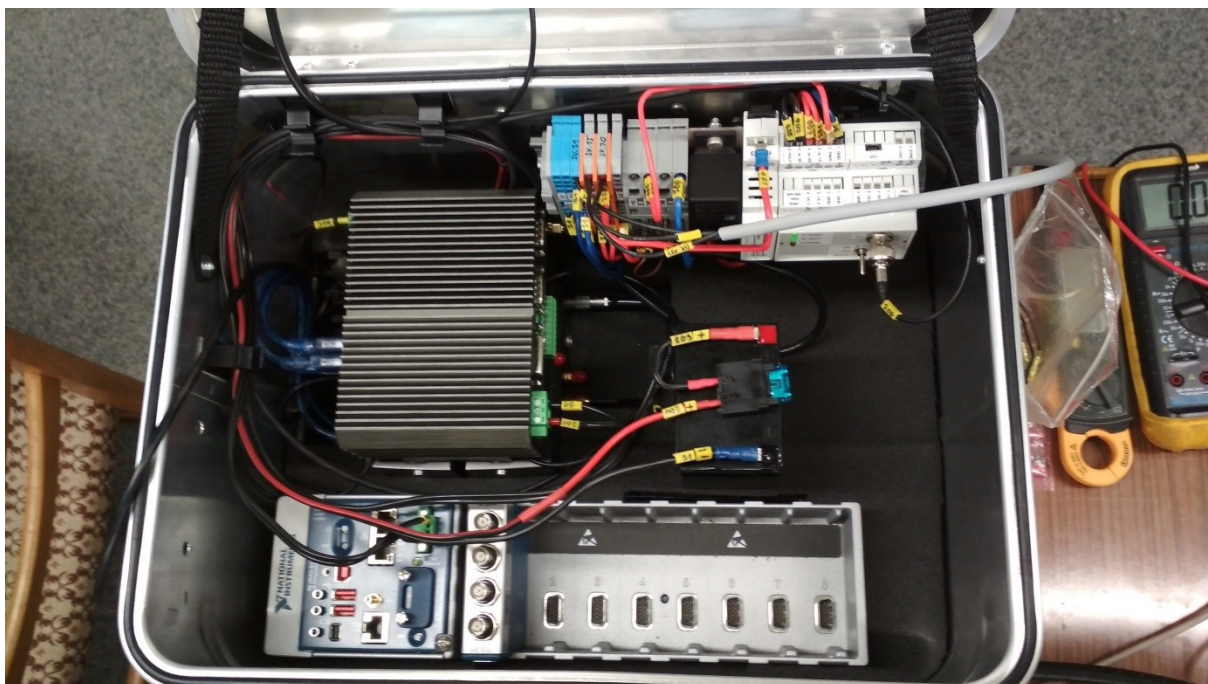
Obrázek 25: Cincoze DA - 1000 - J19 [10]

Klíčové vlastnosti:

- Procesor Intel Celeron J1900 Quad Core, 4x 2,42 GHz
- 1x WiFi síťová karta
- 1x DIO měřicí karta (4x DI, 4x DO)
- RAM DDR3 1600 Mhz – 8 GB
- SSD disk 128 GB
- 2x LAN port
- 2x RS - 232/RS - 422/RS - 485
- 3x USB 2.0
- 1x USB 3.0
- Napájecí napětí 9 až 48 V DC
- Spotřeba od 8,3 až 15 W

Protože PC není v základní verzi vybaven WiFi, musel se doplnit o interní WiFi a DIO kartu.

Všechny parametry lze najít v odkazu http://www.cincoze.com/goods_info.php?id=62 nebo v datasheetu <https://www.elvac.eu/ipc/download/Cincoze/datasheet/DA-1000.pdf> [10]



Obrázek 26: Měřicí kufr - mobilní část



Obrázek 27: Uchycení měřícího kufu na motocyklu

3.2.5 SW mobilní části

Na mobilní části se stahují data z DL2 do průmyslového PC přes USB. V průmyslovém PC je spuštěn program přímo od RaceTechnology. Pomocí něj se konfiguruje SPEEDBOX, datalogger DL2 a displej DASH4PRO. Datalogger DL2 má SD kartu, na kterou zaznamenává data po příchodu triggeru (první odrazka na zemi), sběr dat je ukončen automaticky po poklesu rychlosti pod 10 km/h. Každý záznam je na SD kartě uložen pod jedinečným jménem. Jiné způsoby ukončení logování se nám po celém dni testování nepodařilo úspěšně zrealizovat, ač je DL2 nebo Speedbox nabízí.

Ujetá vzdálenost, změřená mobilní částí od spuštění záznamu, se v SW na stacionární části použije pro určení linie PP', tedy projetí kolem mikrofonů.

Podmínky pro zapnutí logování záznamu:

- $v > 10$ km/h
- Analog input 1 na DL2 $> 2V$ – průjezd motocyklem resp. optickou bránou nad odrazkou

Podmínky pro vypnutí logování záznamu:

- $v < 10$ km/h

SW by dále mohl mít funkci komunikace s ECU motocyklu, ze které by si mohl načítat otáčky motoru a další informace. V této verzi zatím není použito.

3.3 Získání dat z měření

Stahování naměřených dat z obou částí měřicí aparatury není automatizované a vyžaduje značnou míru ruční práce. Proto zde postup pro obě části aparatury zmíním.

3.3.1 Získání dat ze stacionární části

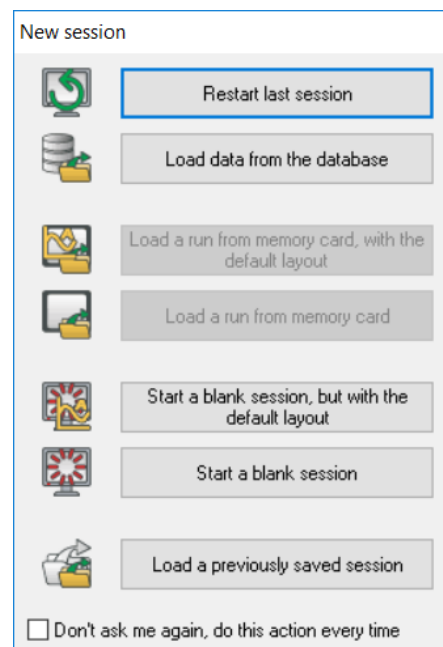
Pro získání dat ze stacionární části je třeba mít spojený PC s cDAQ 9133 přes USB kabel. Dále je nutné se připojit na síť nebo síťový disk s IP adresou <http://172.22.11.2>. V tu chvíli je možný přístup do SSD disku v cDAQ, kde se nacházejí uložené soubory. Po vybrání správných souborů je lze lehce překopírovat do PC na stacionární části. Nutno říci, že disk v cDAQ má omezené možnosti co se týče správy souborů. Není dobré zkoušet vytvářet jiné složky apod. Nelze je poté totiž smazat.

3.3.2 Získání dat z mobilní části

Předání dat z mobilní části do PC na stacionární část je provedeno skrz WiFi spojení, kdy se data např. pro 10 průjezdů stáhnou najednou a ve vyhodnocovacím SW se musí ručně spárovat s daty ze stacionární části. Pro lepší spárování dat by bylo vhodné, aby každý průjezd zaznamenaný na mobilní části nesl globální čas, který by odpovídal času na stacionární části.

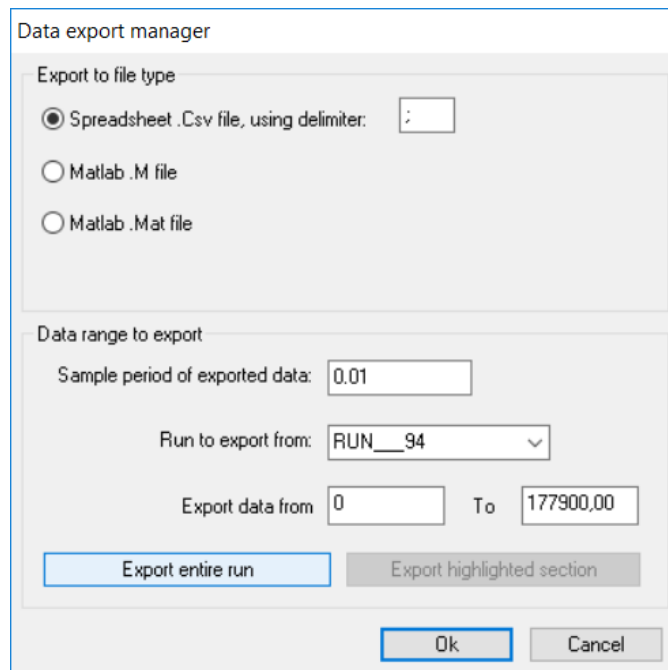
Tuto funkci aktuálně vytvořený vyhodnocovací SW bohužel nemá.

Stáhnutí dat z mobilní části probíhá tak, že je třeba se připojit na průmyslový PC skrz vzdálenou plochu, spustit program od Race Technology, kde se v levém dolním rohu musí spustit aplikace Analysis. Po zapnutí se aplikace automaticky dotáže na to, zda nahrát data z paměťové karty.



Obrázek 28: RaceTechnology Analysis

Po výběru dat je třeba je převést na csv formát. To se provede v menu *File - export as data*. Po kliknutí se otevře okno:



Obrázek 29: Export dat z mobilní části do formátu csv

Zde je nutné kliknout na *Export entire run*. Poté se program dotáže, kam data exportovat.

4 Simulace průjezdu tratí podle WOT typu zkoušky

Před samotným měřením akustické hladiny hluku motocyklu v reálných podmínkách jsem vytvořil simulaci průjezdu motocyklu testovací tratí. Díky vytvořené simulaci jsem mohl předem odhadnout, jakou nájezdovou rychlost do trati zvolit a jaký převodový stupeň mít zařazený. Samotná simulace poté počítá zejména tyto hodnoty, které mají podle normy zásadní vliv na splnění či nesplnění podmínek měření:

- Rychlost v_{PP}
- Zrychlení a_{wot}
- Kontrola nepřekročení otáček maximálního výkonu na linii BB

Simulaci lze samozřejmě provést pro jakýkoliv motocykl, jen je potřeba změnit zadané vstupní parametry.

Je třeba zdůraznit, že simulace nebere v potaz sklon trati, povětrnostní podmínky a další proměnné, které mají na výsledek testu vliv. Dává tak uživateli pouze odhad vstupních hodnot (rychlost, převodový stupeň).

4.1 Příručka k simulaci jízdy motocyklu pass by noise

Celá simulace je vytvořena v programu Matlab / Simulink. Simulace se skládá z 5 souborů, viz Obrázek 30:

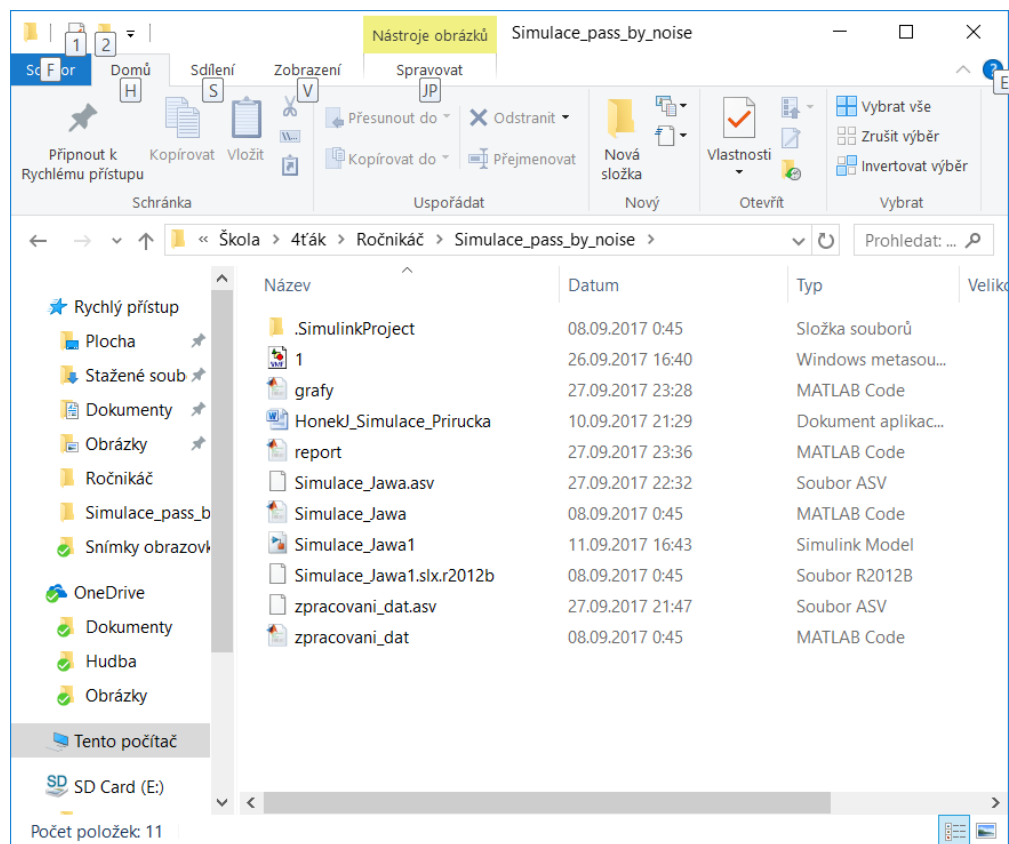
Simulace_Jawa.m – script do Matlabu

Simulace_Jawa1.mdl – simulink model

zpracovani_dat.m – script do Matlabu

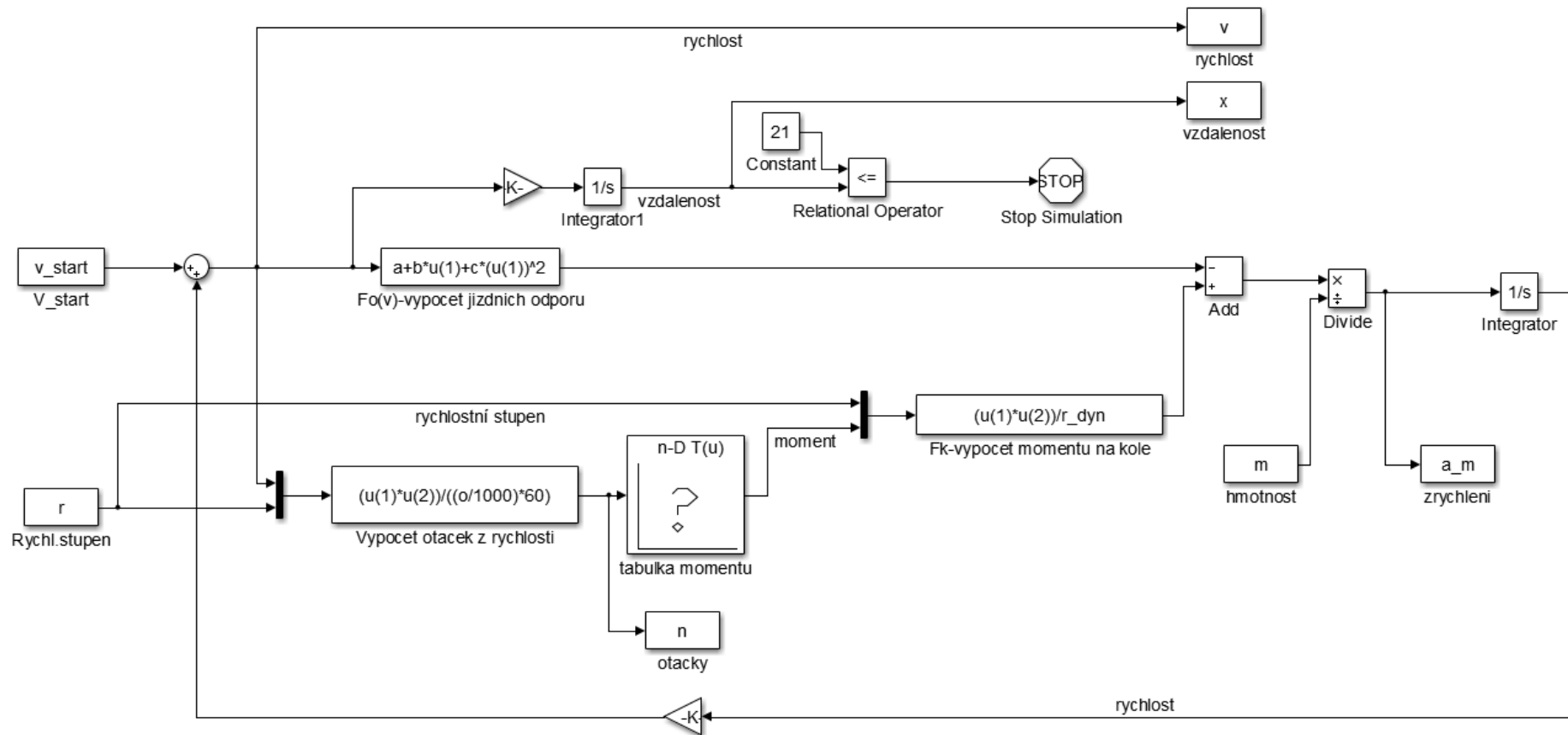
grafy.m – script do Matlabu

report.m – script do Matlabu



Obrázek 30: Adresář simulace

4.2 Schéma modelu simulace a popis výpočtů



Obrázek 31: Schéma modelu simulace - Simulace_Jawa1.mdl

Stěžejní veličinou, kterou je potřeba zjistit pro všechny další výpočty, je zrychlení. To se zjistí z rovnice pro rovnost sil:

$$0 = F_k - F_{dyn} - F_o \quad [\text{N}] \quad (4.1)$$

Kde:

F_k - síla přenesená na kolo motocyklu [N]

F_{dyn} - dynamická síla [N]

F_o - síla jízdních odporů [N]

Funkce F_o slouží pro výpočet jízdních odporů podle vztahu:

$$F_o = a_0 + bv + cv^2 \quad [\text{N}] \quad (4.2)$$

Kde:

v - rychlost [km/h]

a_0 - odpor valení kol [N]

b - přídavný jízdní odpor [N / km/h⁻¹] – v simulaci lze zanedbat = 0

c - aerodynamický odpor [N / km/h⁻²]

Funkce F_k slouží pro výpočet síly přenesené na kolo motocyklu:

$$F_k = \frac{M_m * i_c}{r_d} \quad [\text{N}] \quad (4.3)$$

Kde:

M_m - moment motoru [Nm]

i_c - celkový převodový poměr (primární stálý převod * sekundární stálý převod * převodový stupeň) [-]

r_d - dynamický poloměr kola [m]

F_{dyn} je dynamická síla, která vyjadřuje zrychlení nebo zpomalení:

$$F_{dyn} = m * a \text{ [N]} \quad (4.4)$$

Kde:

m - váha motocyklu včetně jezdce [kg]

a - zrychlení motocyklu [m/s^2]

Po dosazení do rovnice pro rovnost sil (4.1):

$$0 = \frac{M_m * i_c}{r_d} - m * a - (a_0 + bv + cv^2) \text{ [N]} \quad (4.5)$$

Vyjádříme zrychlení a :

$$a = \frac{\frac{M_m * i_c}{r_d} - (a_0 + bv + cv^2)}{m} \text{ [m*s}^{-2}\text{]} \quad (4.6)$$

Rychlost se pak vyjádří jako:

$$v(t) = \int_0^t a(\tau) d\tau \text{ [km/h]} \quad (4.7)$$

A ujetá vzdálenost jako:

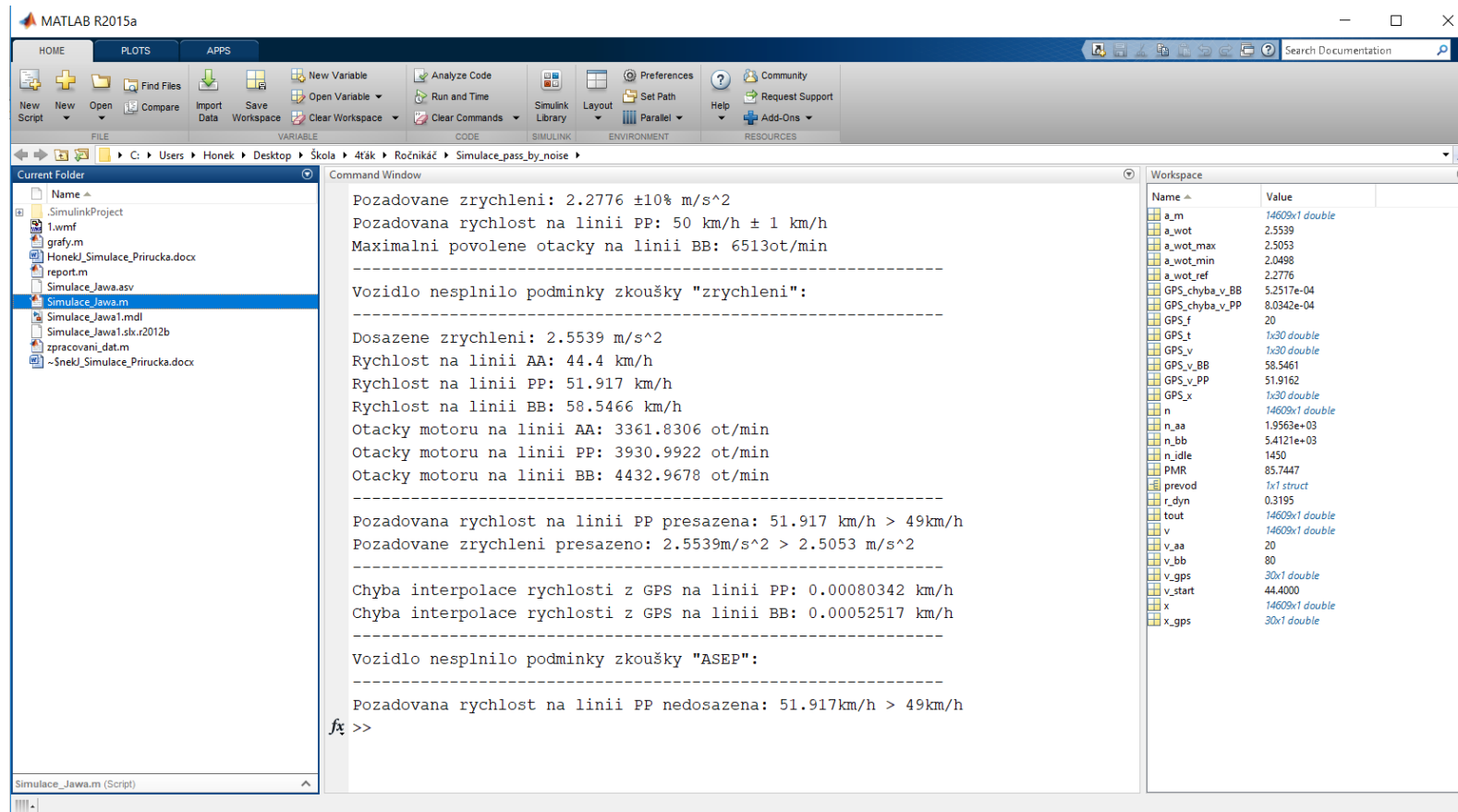
$$x(t) = \int_0^t v(\tau) d\tau \text{ [m]} \quad (4.8)$$

4.3 Vstupní parametry do simulace

- v_start - nájezdová rychlost motocyklu [km/h]
- m - váha motocyklu včetně jezdce [kg]
- P_n - maximální výkon motocyklu [kW]
- a, b, c - vozidlové odpory [N; N / km/h⁻¹; N / km/h⁻²]
- $prevod.r1 \dots x$ - finální převodové poměry [-]
- r_dyn - dynamický poloměr kola [m]
- s - otáčky při maximálním výkonu motocyklu [ot/min]

4.4 Report simulace

Pro spuštění celé simulace stačí spustit script **Simulace_Jawa.m**. Po spuštění se provede samotná simulace, zpracování dat a vykreslení požadovaných grafů. Ve Workspace Matlab se zobrazí stručný report s nejdůležitějšími hodnotami. Také se zobrazí, zdali byla, či nebyla splněna zkouška a z jakého důvodu.



The screenshot displays the MATLAB R2015a environment. The Command Window shows the following report:

```
Pozadovane zrychleni: 2.2776 ±10% m/s^2
Pozadovana rychlost na linii PP: 50 km/h ± 1 km/h
Maximalni povolenne otacky na linii BB: 6513ot/min
-----
Vozidlo nesplnilo podminky zkoušky "zrychleni":
-----
Dosazene zrychleni: 2.5539 m/s^2
Rychlost na linii AA: 44.4 km/h
Rychlost na linii PP: 51.917 km/h
Rychlost na linii BB: 58.5466 km/h
Otacky motoru na linii AA: 3361.8306 ot/min
Otacky motoru na linii PP: 3930.9922 ot/min
Otacky motoru na linii BB: 4432.9678 ot/min
-----
Pozadovana rychlost na linii PP presazena: 51.917 km/h > 49km/h
Pozadovane zrychleni presazeno: 2.5539m/s^2 > 2.5053 m/s^2
-----
Chyba interpolace rychlosti z GPS na linii PP: 0.00080342 km/h
Chyba interpolace rychlosti z GPS na linii BB: 0.00052517 km/h
-----
Vozidlo nesplnilo podminky zkoušky "ASEP":
-----
Pozadovana rychlost na linii PP nedosazena: 51.917km/h > 49km/h
fx >>
```

The Workspace window on the right lists the following variables:

Name	Value
a_m	14609x1 double
a_wot	2.5539
a_wot_max	2.5053
a_wot_min	2.0498
a_wot_ref	2.2776
GPS_chyba_v_BB	5.2517e-04
GPS_chyba_v_PP	8.0342e-04
GPS_f	20
GPS_t	1x30 double
GPS_v	1x30 double
GPS_v_BB	58.5461
GPS_v_PP	51.9162
GPS_x	1x30 double
n	14609x1 double
n_aa	1.9563e+03
n_bb	5.4121e+03
n_idle	1450
PMR	85.7447
prevod	1x1 struct
r_dyn	0.3195
tout	14609x1 double
v	14609x1 double
v_aa	20
v_bb	80
v_gps	30x1 double
v_start	44.4000
x	14609x1 double
x_gps	30x1 double

Obrázek 32: Report simulace

Parametry motocyklu zadané do simulace:

- Váha = 160 kg + 75 kg jezdec
- Výkon = 20,15 kW / 6513 ot/min
- Nájezdová rychlost $v_{AA'}$ = 44,4 km/h
- Převodový poměr = 9,120 [-] - odpovídá třetímu rychlostnímu stupni
- Volnoběžné otáčky = 1450 ot/min
- Otáčky při maximálním výkonu motoru = 6513 ot/min

Kde se v Matlab kódu zadávají vstupní parametry je dobře vidět na Obrázek 33: Vstupní parametry pro tvorbu simulace.

PMR pro daný motocykl je **85,7** a vypočítá se z rovnice (1.1).

Požadované zrychlení a_{wot_ref} pro daný motocykl je **2,2776 m/s² ± 10 %** vypočtené podle rovnice (1.3).

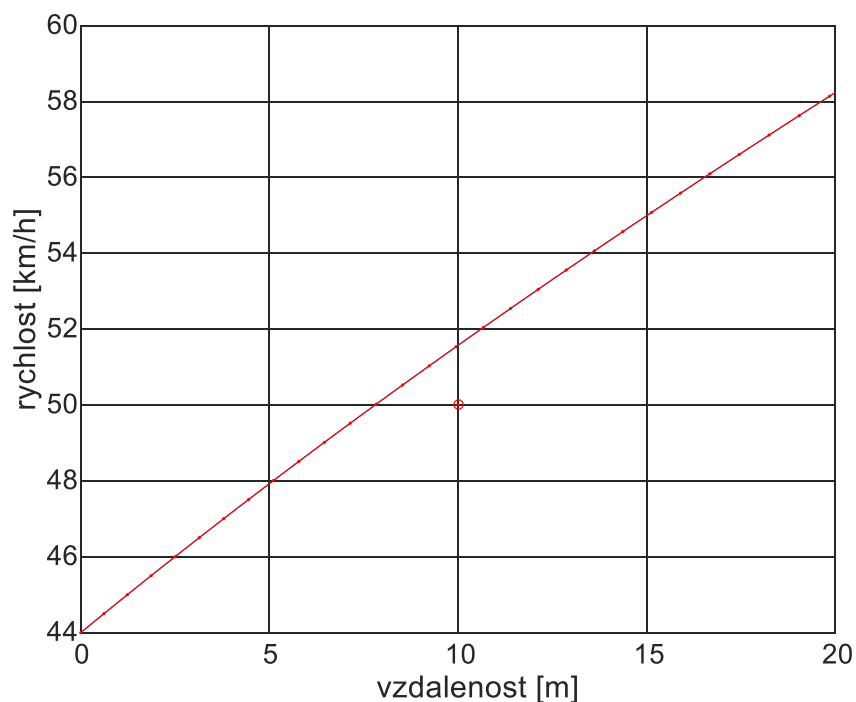
Požadovaná rychlost $v_{PP'}$ je podle **PMR** rovna **50 ± 1 km/h**.

Otáčky motoru na linii BB' nesmí přesáhnout **6513 ot/min**.

Dosažené zrychlení a_{wot} se vypočítá pomocí rovnice (1.7).

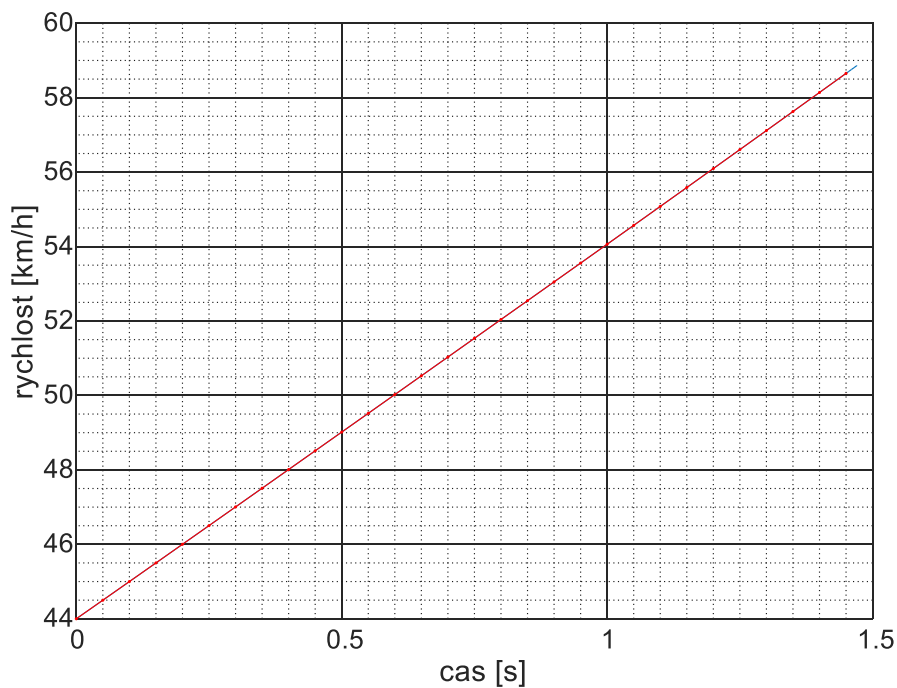
Pro zkoušku ASEP platí ještě omezení dle Tabulka 3: Podmínky ASEP, která jsou v simulaci také testována a vyhodnocována.

Po spuštění simulace se zobrazí následující grafy:

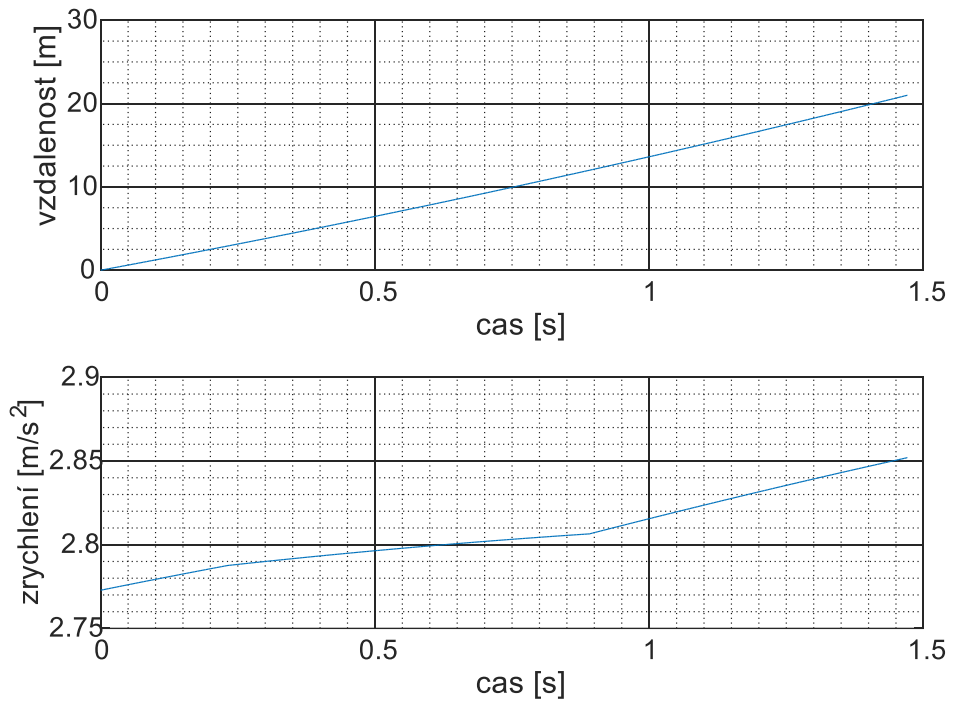


Graf 1: Graf rychlosti v závislosti na ujeté vzdálenosti

Graf rychlosti v závislosti na ujeté vzdálenosti. Bod na souřadnici [10,50] představuje požadavek na rychlost $v_{PP'} = 50 \pm 1$ km/h.

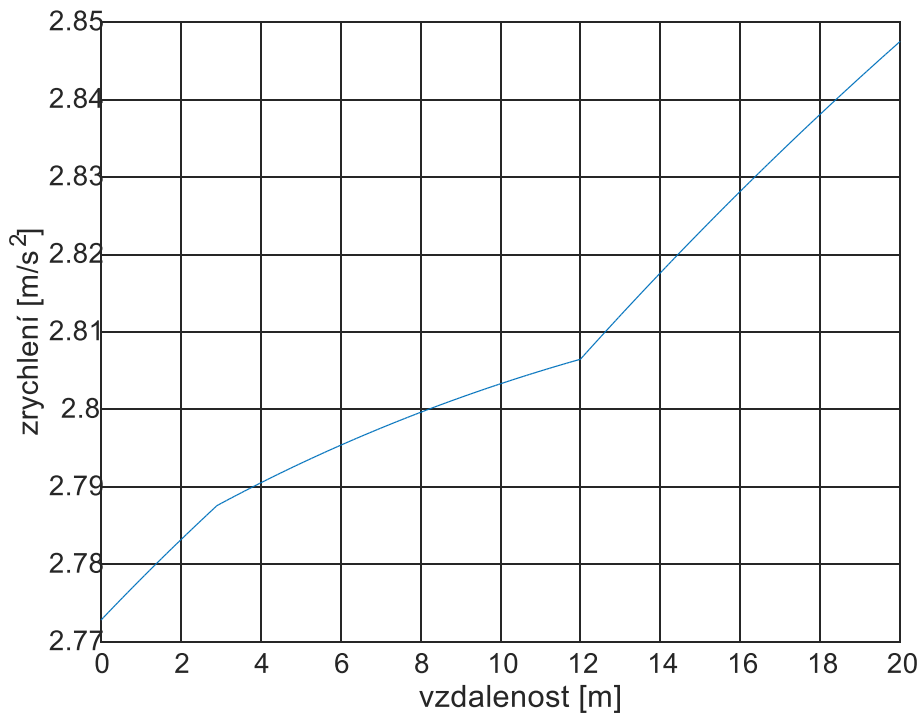


Graf 2: Graf rychlosti v závislosti na čase

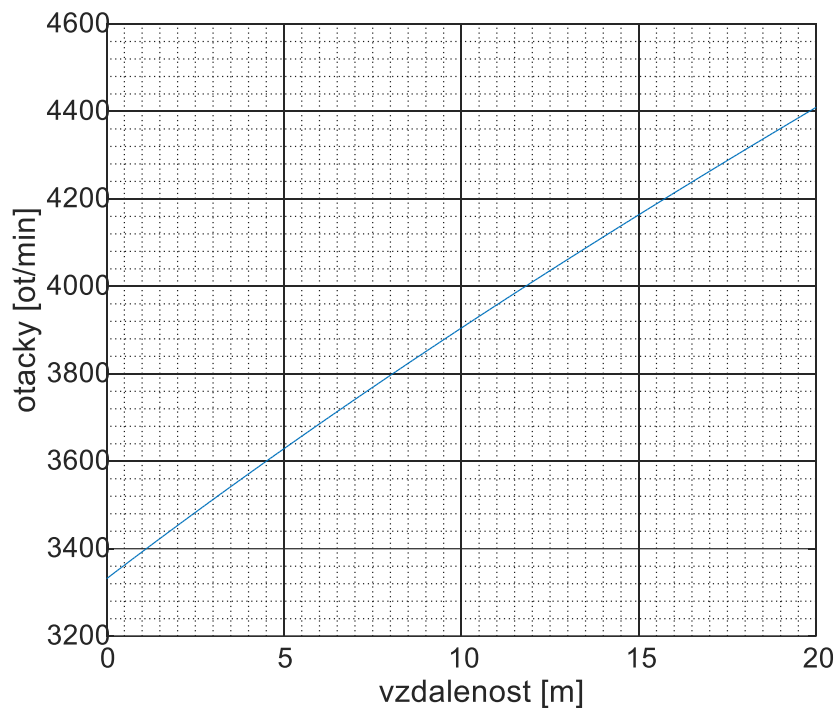


Graf 3: Graf závislosti ujeté vzdálenosti na čase a zrychlení na čase

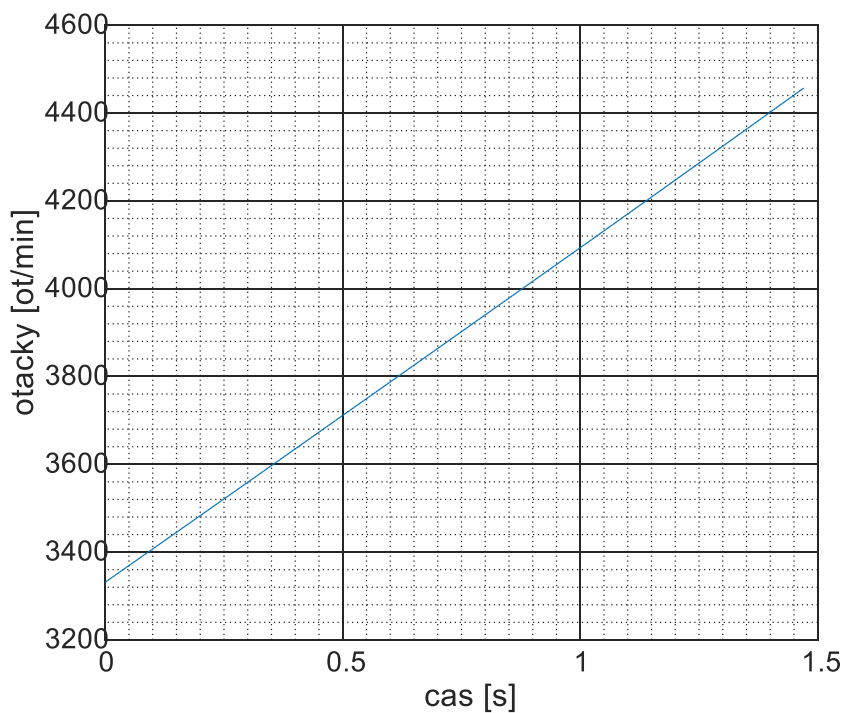
První graf ukazuje závislost ujeté vzdálenosti na čase. Lze z něj tedy vyčíst, jak dlouho bude motocykl testovací dráhou projíždět. Spodní graf je spíše informační a ukazuje závislost zrychlení na ujeté vzdálenosti.



Graf 4: Graf závislosti zrychlení na ujeté vzdálenosti



Graf 5: Graf závislosti otáček na ujeté vzdálenosti



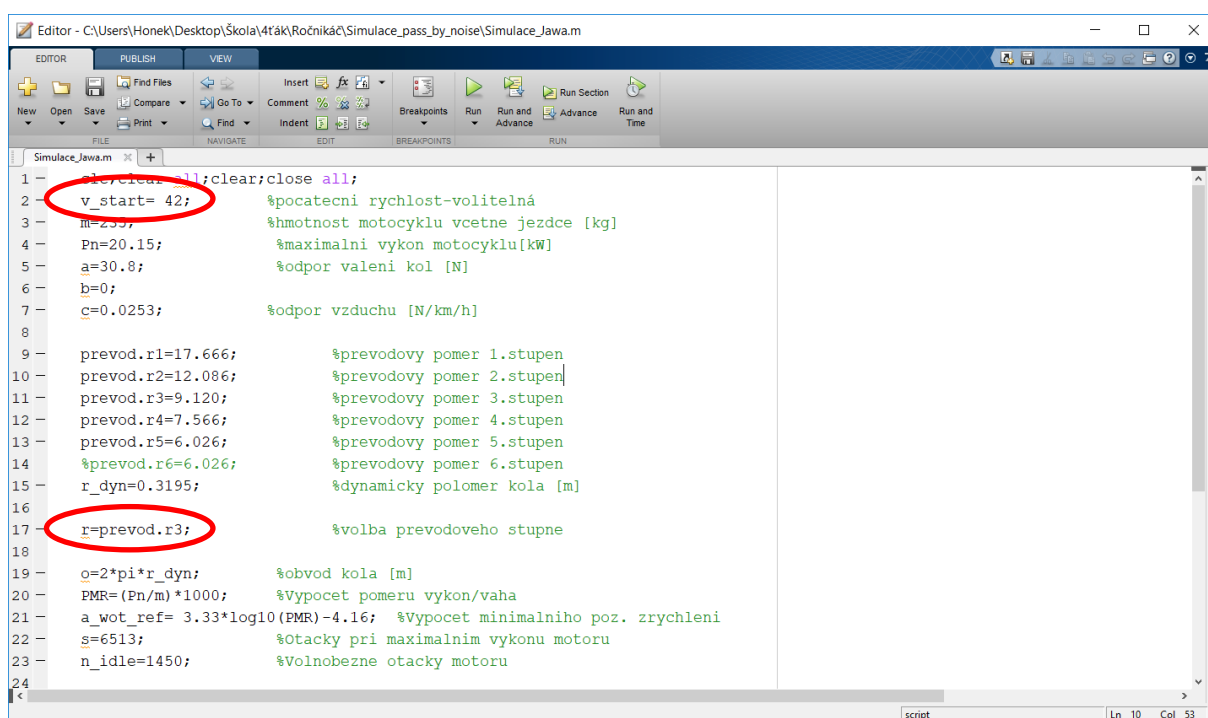
Graf 6: Graf závislosti otáček na čase

V tomto případě zkouška nevyšla z důvodu toho, že byla zvolena příliš vysoká nájezdová rychlost a tím v_{PP} mimo limit. Pokud by se snížila, tak by podmínka rychlosti v_{PP} byla splněna.

Následně by se dalo zjistit, zda je při nižší nájezdové rychlosti splněna podmínka zrychlení, které velmi závisí na výkonu a váze motocyklu.

4.5 Simulace jízdy pass by noise - výběr vhodného převodového stupně

Ve scriptu **Simulace_Jawa.m** jsou pro simulaci nejdůležitější dvě hodnoty, které mají zásadní vliv na výsledek zkoušky, a které lze měnit i v reálném testu přímo na testovací trati. Pomocí nich je možno si předem přibližně říci, na jaký převodový stupeň a s jakou rychlostí vjíždět do testovacího úseku.



```
1 clear; close all; clear; close all;
2 v_start= 42; %pocatecni rychlost-volitelná
3 m=235; %hmotnost motocyklu vctne jezdece [kg]
4 Pn=20.15; %maximalni vykon motocyklu[kW]
5 a=30.8; %odpor valeni kol [N]
6 b=0;
7 c=0.0253; %odpor vzduchu [N/km/h]
8
9 prevod.r1=17.666; %prevodovy pomer 1.stupen
10 prevod.r2=12.086; %prevodovy pomer 2.stupen
11 prevod.r3=9.120; %prevodovy pomer 3.stupen
12 prevod.r4=7.566; %prevodovy pomer 4.stupen
13 prevod.r5=6.026; %prevodovy pomer 5.stupen
14 %prevod.r6=6.026; %prevodovy pomer 6.stupen
15 r_dyn=0.3195; %dynamicky polomer kola [m]
16 r=prevod.r3; %volba prevodoveho stupne
17
18
19 o=2*pi*r_dyn; %obvod kola [m]
20 PMR=(Pn/m)*1000; %Vypocet pomeru vykon/vaha
21 a_wot_ref= 3.33*log10(PMR)-4.16; %Vypocet minimalniho poz. zrychleni
22 s=6513; %otacky pri maximalnim vykonu motoru
23 n_idle=1450; %Volnobezne otacky motoru
24
```

Obrázek 33: Vstupní parametry pro tvorbu simulace

v_start - rychlost, s jakou motocykl vjíždí do měřeného úseku [km/h]

r - volba rychlostního stupně [-]

Simulací jsem zjistil, že pro splnění podmínky rychlosti **v_PP** při WOT je potřeba mít zařazený 3. rychlostní stupeň a vjíždět do testovací tratě rychlostí **v_AA** v rozmezí 42 až 43 km/h. Bohužel se tím nesplní podmínka zrychlení, které je lehce překročeno.

Na zadané zrychlení má vliv váha a výkon. Zadaná váha motocyklu je 160 kg a váha řidiče cca 75 Kg. Pokud do simulace zadám o 10 kg těžšího řidiče, pak motocykl splní i normou dané zrychlení. Musíme vzít v potaz, že na motocyklu je také měřicí aparatura a

příslušenství, které by dohromady oněch 10 kg vážit mohlo. Orientačně tedy lze říci, že test se dá splnit s výše zmíněnými vstupními podmínkami.

```
Command Window
Pozadovane zrychleni: 2.1881 ±10% m/s^2
Pozadovana rychlost na linii PP: 50 km/h ± 1 km/h
Maximalni povolene otacky na linii BB: 6513ot/min
-----
Vozidlo splnilo podminky zkoušky "zrychleni":
-----
Dosazene zrychleni: 2.3893 m/s^2
Rychlost na linii AA: 42 km/h
Rychlost na linii PP: 49.4156 km/h
Rychlost na linii BB: 55.915 km/h
Otacky motoru na linii AA: 3180.11 ot/min
Otacky motoru na linii PP: 3741.5938 ot/min
Otacky motoru na linii BB: 4233.7136 ot/min
-----
Chyba interpolace rychlosti z GPS na linii PP: 0.00072843 km/h
Chyba interpolace rychlosti z GPS na linii BB: 0.00034881 km/h
-----
Vozidlo splnilo podminky zkoušky "ASEP":
-----
fx >>
```

Obrázek 34: Výsledek simulace, 3. stupeň, $v_{AA} = 42$ km/h, $m = 245$ Kg

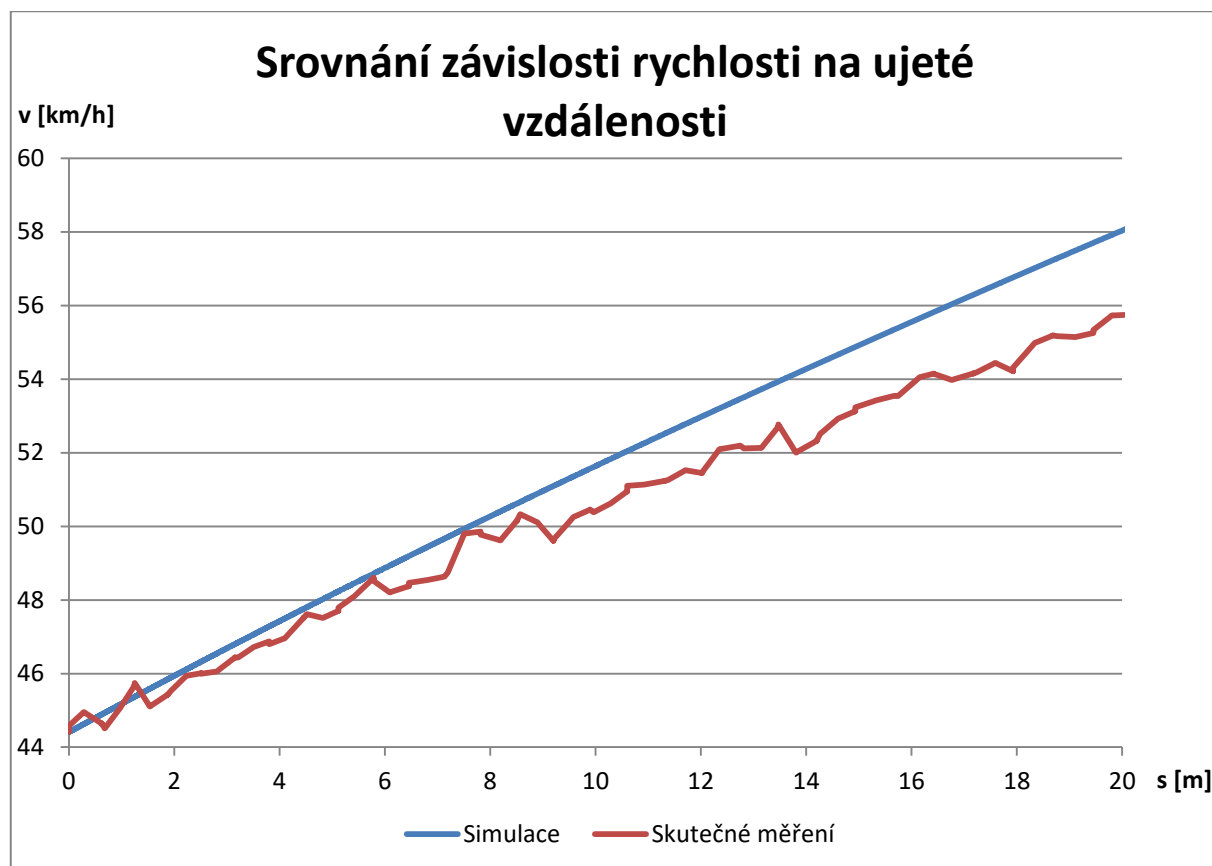
```
Command Window
Pozadovane zrychleni: 2.2776 ±10% m/s^2
Pozadovana rychlost na linii PP: 50 km/h ± 1 km/h
Maximalni povolene otacky na linii BB: 6513ot/min
-----
Vozidlo nespnilo podminky zkoušky "zrychleni":
-----
Dosazene zrychleni: 2.544 m/s^2
Rychlost na linii AA: 42 km/h
Rychlost na linii PP: 49.8534 km/h
Rychlost na linii BB: 56.6982 km/h
Otacky motoru na linii AA: 3180.11 ot/min
Otacky motoru na linii PP: 3774.7485 ot/min
Otacky motoru na linii BB: 4293.0118 ot/min
-----
Pozadovane zrychleni presazeno: 2.544m/s^2 > 2.5053 m/s^2
-----
Chyba interpolace rychlosti z GPS na linii PP: 0.0003512 km/h
Chyba interpolace rychlosti z GPS na linii BB: 0.00085126 km/h
-----
Vozidlo splnilo podminky zkoušky "ASEP":
-----
fx >>
```

Obrázek 35: Výsledek simulace, 3. stupeň, $v_{AA} = 42$ km/h, $m = 235$ Kg

4.6 Porovnání hodnot ze simulace s reálným měřením

Níže je provedeno porovnání nejdůležitějších hodnot z reálného měření a ze simulace.

Na grafu zrychlení v závislosti na ujeté vzdálenosti (vytvořeném z naměřených dat) je vidět, že rychlost je zatížena chybou měření samotné GPS. Jistě by se dala použít některá funkce pro vyhlazení průběhu rychlosti. Pro demonstraci nechávám v surovém formátu.



Graf 7: Rychlost v závislosti na ujeté vzdálenosti - porovnání

Porovnávaná veličina	Výpočet ze simulace	Reálné měření
v_AA' [km/h]	44,41	44,41
v_PP' [km/h]	51,64	50,41
v_BB' [km/h]	58	55,74
n_AA' [ot /min]	3363	3363
n_PP' [ot /min]	3909	3817
n_BB' [ot /min]	4394	4221
a_wot [m/s ⁻²]	2,45	1,99

Tabulka 11: Porovnání výsledků simulace s reálným měřením

Díky srovnání hodnot mezi sebou lze říci, že simulace nespočítá naprosto přesné výsledky. Chybu bych přisoudil tomu, že ve skutečnosti panují jiné podmínky, jako sklon trati, rozdílná hmotnost, atmosférické podmínky, možný menší výkon, aj. Další věcí je zadávání jízdních odporů. V simulaci se jedná pouze o tabulkově dosazené hodnoty, kdežto realita může být mírně odlišná. Zejména odpor vzduchu, který má v jízdních odporech nejvyšší vliv, by mohl hrát jistou roli v rozdílech, které ve výsledcích jsou.

5 Vyhodnocovací SW v prostředí NI LabView

V této kapitole bude popsán SW pro vyhodnocení naměřených dat. Pomocí slovně popsaných vývojových diagramů se budu snažit ukázat nejdůležitější části programu tak, aby měl čtenář přibližnou představu o tom, co se v jaké části vykonává. Před tím ještě popíši uživatelské rozhraní, které je samozřejmě nedílnou součástí programu.

Vyhodnocovací SW byl vytvořen v LabView 2015. Potřebné toolkity pro správný běh programu jsou: Report generation toolkit for Microsoft office, sound and vibration toolkit, sound and vibration measurement suite.

Program nelze bez nainstalovaného LV2015 spustit, jelikož není vytvořený EXE soubor. Vyhodnocovací SW má omezení na počet načtených měření z důvodu zaplnění paměti RAM. SW se vyvíjel na PC s 8 GB RAM, kde lze načíst a dále pracovat s přibližně 5 načtenými měřeními od každého typu. Pokud bude paměť menší, logicky se zmenší i počet možných přidaných měření. Pokud se uživatel dostane do bodu, kdy není k dispozici další paměť, tak program na tuto skutečnost upozorní error hláškou a je nutné ho vypnout.

Vyhodnocovací SW plní požadavky normy pro měření emisí hluku s následujícími výjimkami:

- Hluk se měří pouze **před** měřením samotného motocyklu.
- SW neumí vyhodnotit to, když musí být motocykl testován na **dva různé** převodové stupně - nesplní podmínku a_{wot} viz rovnice (1.2) a (1.3).
- SW nemá možnost vyhodnocení výsledku **stacionární zkoušky** motocyklu.
- SW nevyhodnotí chybu, když motocykl přesáhne $v_{BB'} > 75 \% V_{max}$ motocyklu.
- Pro vyhodnocení testu ASEP stačí pouze **1** měření, nikoliv **3**. SW toto nevyhodnotí jako chybu.
- Jako referenční měření WOT pro ASEP stačí použít jakékoliv **dříve** naměřené a **platné**.

5.1 Popis uživatelského rozhraní

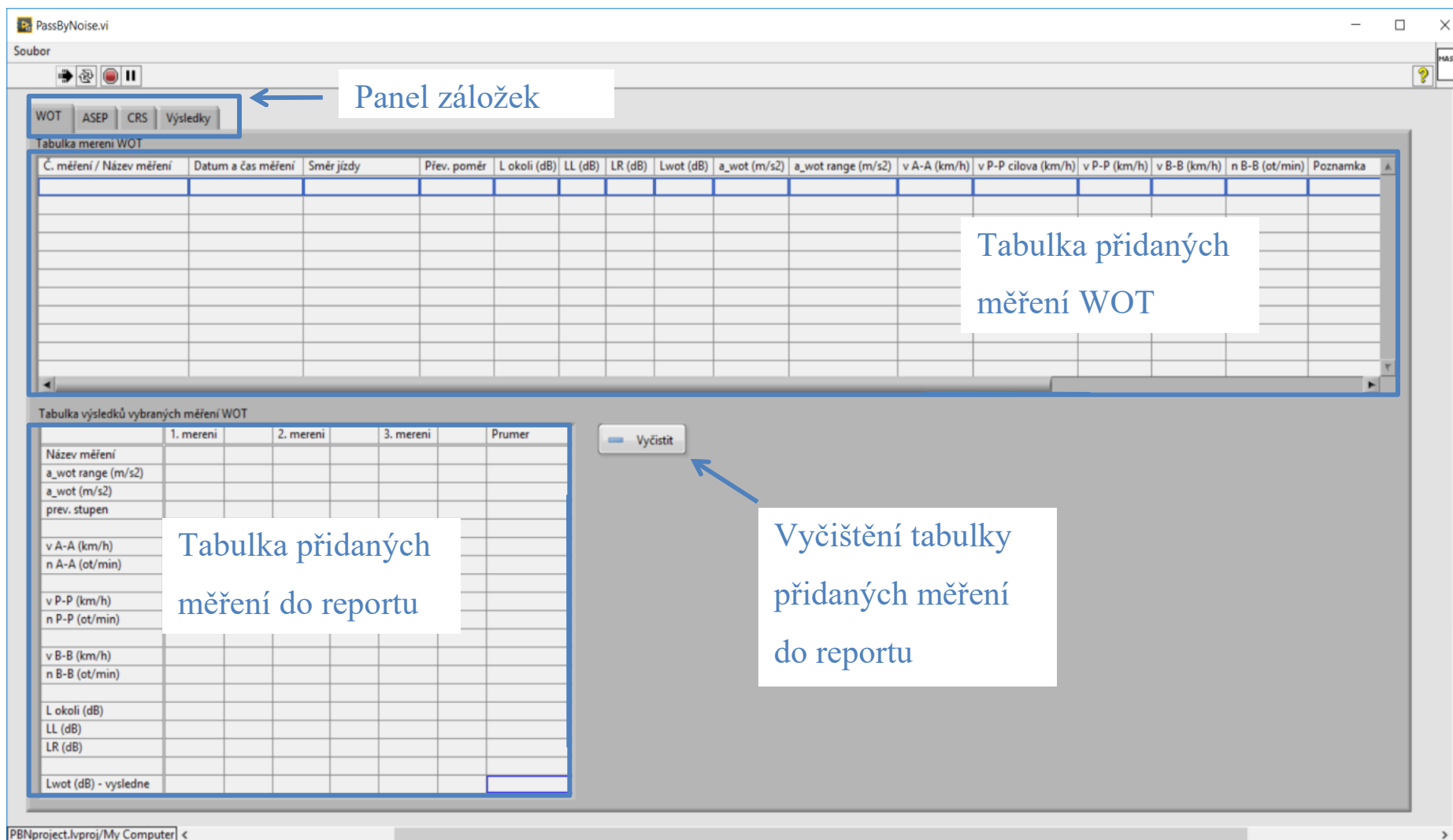
V tomto oddíle popíšeme hlavní části uživatelského rozhraní vyhodnocovacího SW.

Na prvním screenshotu viz Obrázek 36 se nachází základní zobrazení, které je dostupné ihned po spuštění programu. Pro přidání nového měření a ukončení programu slouží nabídka *Soubor*.

Na *panelu záložek*, který slouží pro zobrazení přidávaných měření je možné vybírat ze 3 typů testů – CRS, WOT, ASEP. Další záložka slouží na zobrazení výsledků – L_{urban} , L_{urban_limit} a tlačítka pro vytvoření reportu.

Podle typu testu se v *tabulce přidávaných měření* po přidání měření zobrazují relevantní data a zadané údaje. Tzn. v testu CRS se zde nezobrazuje např. a_{wot} , n_{pp} tak jako u WOT.

V *tabulce přidávaných měření do reportu* se zobrazují ta měření z *tabulky přidávaných měření*, která jsou platná a která uživatel zvolí pro svůj report.



Obrázek 36: Hlavní obrazovka

Po výběru *Soubor* a zvolení nabídky *Nové měření* se zobrazí okno pro výběr typu měření – WOT, CRS a ASEP. Po zvolení jednoho z testů se zobrazí okno zadávání parametrů motocyklu a informací k danému typu měření. Pokud uživatel již někdy v minulosti zadal parametry daného typu měření, tak se aplikace dotáže na to, zdali uživatel chce tyto parametry převzít.

The screenshot shows a software dialog box titled "ZadaniParamMotWOT.vi". It is divided into two main panels. The left panel, "Parametry motorky", contains several input fields with spinners: "Max. výkon [kW]" (0), "Volnoběžné otáčky [ot/min]" (0), "Otáčky při max. výkonu [ot/min]" (0), "Převodový stupeň [-]" (0), "Váha [kg]" (0), and "Délka [cm]" (200). Below these are two dropdown menus for "Typ motocyklu" and "Verze motocyklu". The right panel, "Informace k mereni", has a text box for "Název mereni", a larger text area for "Poznámka k mereni", and two more input fields for "Vlhkost vzduchu [%]" and "Teplota vzduchu [°C]". At the bottom, there are two toggle switches: "Výpočet" (set to "Ze souboru") and "Opačná" (set to "Normální"). "OK" and "Cancel" buttons are at the bottom of the dialog.

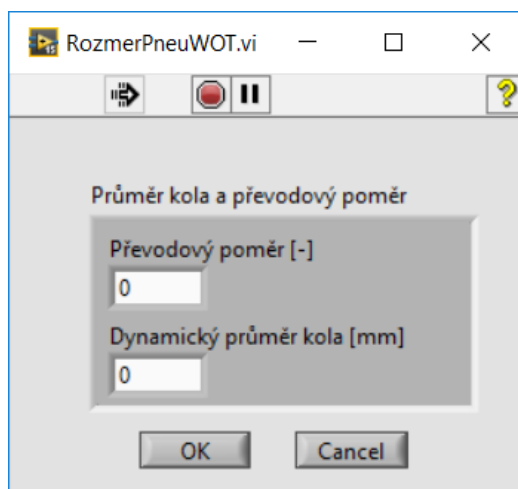
Obrázek 37: Zadání parametrů motocyklu WOT

V levém okně se zadávají hlavní parametry motocyklu relevantní pro daný typ testu. Číselné hodnoty v levém okně je vždy nutno zadat. Pokud je uživatel nezadá a stiskne *OK*, zobrazí se hláška o tom, že je třeba vyplnit všechna číselná pole. U WOT není pole pro zadávání volnoběžných otáček zpřístupněné, jelikož tato hodnota není pro žádný výpočet důležitá, zatímco u testu ASEP ano. Pole pro délku motocyklu je předem vyplněné rozměrem 200 cm z důvodu toho, že v normě je délka motocyklu buď pevně 200 cm nebo výrobcem

zadaná délka. Uživatel si sám může zvolit, jakou hodnotu vyplní. Délka má pak vliv na výpočet zrychlení motocyklu, jelikož to se neměří přímo.

Pole pro zadání informací uživatel vyplnit nemusí, ale je vhodné si měření např. pojmenovat pro pozdější lepší orientaci. Název a poznámka k měření se zobrazují v tabulce přidávaných měření.

Přepínačem pro zvolení zdroje otáček se vybere jako zdroj soubor (pokud byly otáčky motoru přímo logovány na mobilní části - SPEEDBOX) nebo program dopočítá otáčky motoru z převodového poměru, dynamického průměru kola a nalogované rychlosti na mobilní části.



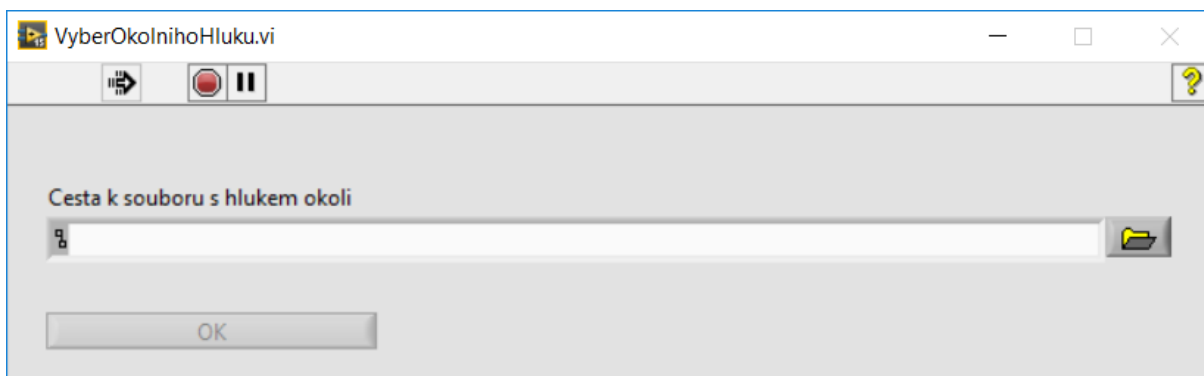
Obrázek 38: Okno pro zadání průměru kola a přev. poměru

Pokud uživatel zvolí *Výpočet*, objeví se vyskakovací okno pro zadání průměru kola a pro zadání celkového převodového poměru – neplést s převodovým stupněm.

Přepínač pro pozici mikrofonů slouží k tomu, aby se v programu přiřadily správně mikrofony k levé nebo pravé straně tratě. Základní pozice je nastavena tak, že se do měřicí karty NI 9234 do vstupu AI0 zapojí pravý mikrofon (po pravé ruce ve směru od AA' k BB') a do vstupu AI1 levý mikrofon (po levé ruce ve směru od AA' k BB') viz Obrázek 13.

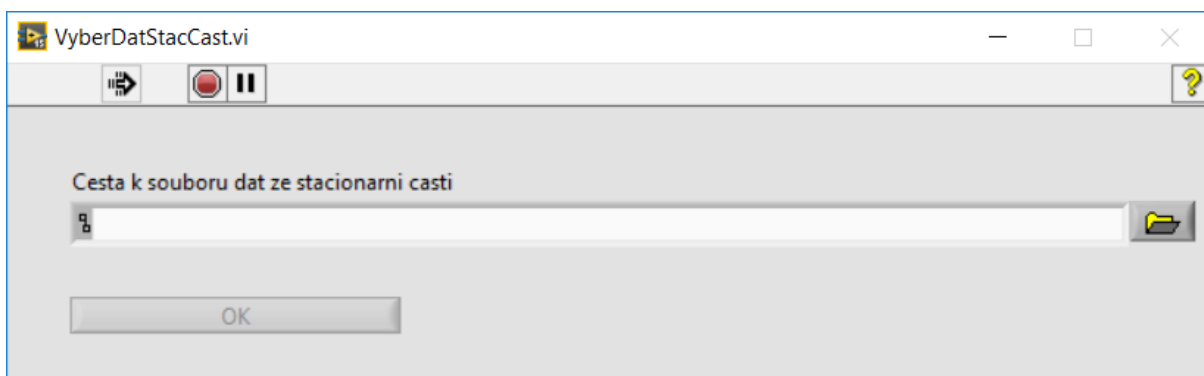
Po stisknutí OK se parametry uloží. Samozřejmě je lze, v případě potřeby, znovu editovat.

Po stisknutí tlačítka OK v okně zadání parametrů motocyklu pro WOT se program dotáže na výběr souboru pro načtení okolního hluku ve formátu tdms.



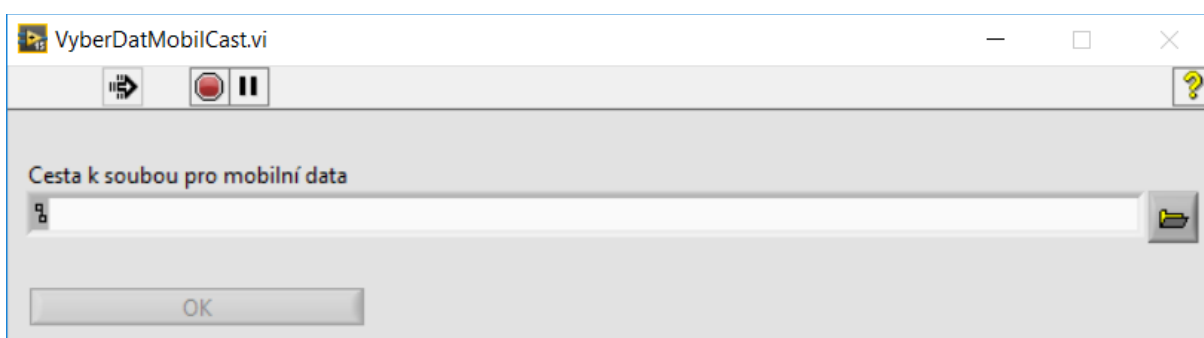
Obrázek 39: Vložení souboru s hlukem okolí

Po výběru souboru s hlukem okolí vyskočí další okno s výběrem souboru s daty ze stacionární části měřicí aparatury ve formátu tdms.



Obrázek 40: Vložení souboru s daty ze stacionární části

Po výběru souboru vyskočí další okno s výběrem souboru s daty z mobilní části ve formátu CSV.



Obrázek 41: Vložení souboru s daty z mobilní části

Pokud by byla data z mobilní části neplatná (nezareagovala by průjezdová brána) vyskočí uživateli hláška a přejde se zpět na výběr dat ze stacionární části. Ze stacionární z důvodu toho, že vždy k sobě patří dvojice dat – mobilní, stacionární. A pokud není jedno platné, musím vybrat jinou dvojici - jiný průjezd

Po úspěšném zadání parametrů a dat se zobrazí v *tabulce přidanych měření* relevantní data a informace. Ty hodnoty, které jsou pro splnění podmínek zadaného typu zkoušky důležité, se obarví dle toho, zda jsou splněny (zelená) či nikoliv (červená).

The screenshot shows the PassByNoise software interface. At the top, there are tabs for 'WOT', 'ASEP', 'CRS', and 'Výsledky'. The main area displays a table titled 'Tabulka měření WOT' with columns for measurement details and various noise metrics. A context menu is open over the first two rows. Below this is a summary table 'Tabulka výsledků vybraných měření WOT' and a 'Vyčistit' button.

Č. měření / Název měření	Datum a čas měření	Směr jízdy	Přev. poměr	L okolí (dB)	LL (dB)	LR (dB)	Lwot (dB)	a_wot (m/s ²)	a_wot range (m/s ²)	v A-A (km/h)	v P-P cilova (km/h)	v P-P (km/h)	v B-B (km/h)	n B-B (ot/min)	Poznamka
1 / WOT	17.08.2019 17:26:41	Z brany 1 do brany 2	3	53,4	78,59	79,13	78,13	1,99	1,99 - 2,43	44,41	50 ± 1	50,41	55,74	4165,16	Test
2 / WOT	17.08.2019 17:26:41	Z brany 1 do brany 2	3	53,4	77,88	78,72	77,72	2,03	1,99 - 2,43	43,93	50 ± 1	49,86	55,57	4152,02	Test

	1. měření	2. měření	3. měření	Prumer
Název měření	1/WOT	2/WOT	2/WOT	
a_wot range (m/s ²)	1,99 - 2,43	1,99 - 2,43	1,99 - 2,43	
a_wot (m/s ²)	1,99	2,03	2,03	2,02
prev. stupen	3	3	3	
v A-A (km/h)	44,4	43,9	43,9	44,1
n A-A (ot/min)	3319	3283	3283	3295
v P-P (km/h)	50,4	49,9	49,9	50,1
n P-P (ot/min)	3767	3726	3726	3740
v B-B (km/h)	55,7	55,6	55,6	55,6
n B-B (ot/min)	4165	4152	4152	4156
L okolí (dB)	53,4	53,4	53,4	
LL (dB)	78,6	77,9	77,9	78,1
LR (dB)	79,1	78,7	78,7	78,8
Lwot (dB) - vysledne				77,8

Obrázek 42: Hlavní obrazovka – zadané měření

Pokud uživatel chce dále se zadaným měřením pracovat, levým tlačítkem na myši označí řádek s měřením a pravým tlačítkem myši rozklikne menu. Z menu může vybrat jednu ze 4 položek:

- Pridat do reportu
- Upravit parametry
- Vložit hluk okolí
- Informace k měření

Pokud zvolím možnost *Pridat do reportu* tak se mi zadané měření, pokud je platné, přidá do *Tabulky přidaných měření do reportu*. Zároveň se obarví 1. buňka v *tabulce přidaných měření* do žluté barvy.

Pokud zvolím možnost *Upravit parametry*, lze upravit již zadané parametry daného měření. Vyskakovací okno vypadá téměř stejně jako na Obrázek 37. Funkce slouží zejména v případech, kdy uživatel špatně zadal parametry anebo jen k nahlédnutí na původně zadané parametry. Funkce slouží také pro změnu pozice mikrofonů anebo pro úpravu načítání otáček, případně parametrů kola a převodového poměru. Pokud se úpravou dat změní splnění kontrolovaných hodnot, tak se buňky opět obarví na příslušnou barvu.

Při zvolení možnosti *Vložit hluk okolí* mohou zadat jiný soubor s hlukem okolí. Tato funkce se může hodit, pokud uživatel vybral třeba špatný soubor.

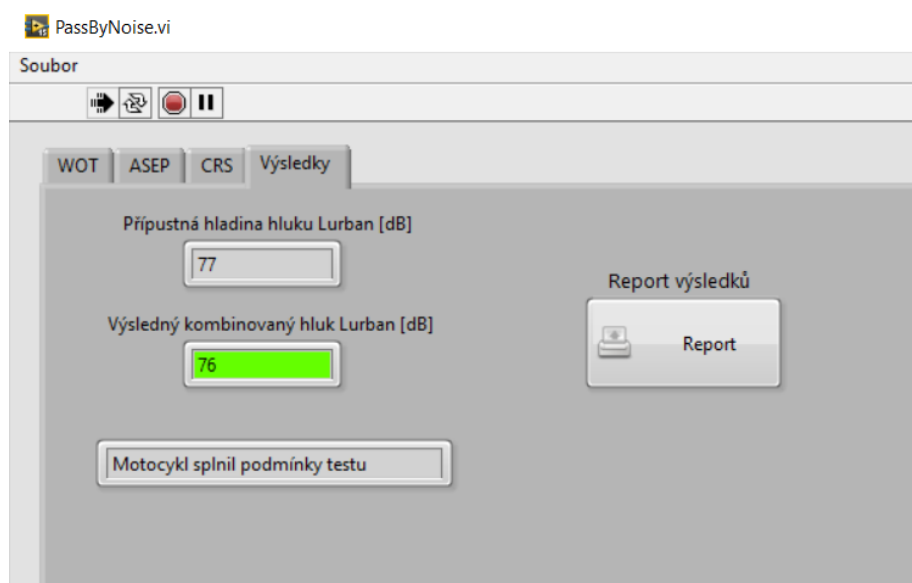
Poslední položka *Informace k měření* pouze zobrazí původně zadané informace k vybranému měření.

Stejný postup platí i u měření CRS jen s drobnými změnami, jako například, že není potřeba zadávat rozměr kola, převodový poměr, jelikož otáčky nejsou v daném testu relevantní.

U zadávání typu zkoušky ASEP je rozdíl v tom, že k jeho vyhodnocení je potřeba přiřadit k němu platné referenční měření WOT, z kterého se přebírají některé hodnoty pro výpočet L_{Asep_limit} .

Výběr samotného referenčního měření probíhá tak, že uživatel označí levým tlačítkem myši řádek s měřením WOT, pravým tlačítkem rozbalí menu a klikne na *Vyber referencni mereni WOT pro ASEP*. Tím se okno zavře a měření ASEP se kompletně vyhodnotí.

Poslední záložka *Vysledky* slouží pro zobrazení výsledku měření – hodnota L_{urban} a L_{urban_limit} a pro vytvoření reportu měření.



Obrázek 44: Záložka výsledky

Zobrazení výsledku v této záložce se provede automaticky po naplnění tabulek přidávaných měření do reportu pro CRS a WOT typ testu. Tabulky je třeba naplnit třemi platnými testy se stejným PMR motocyklu.

Tím se také uvolní tlačítko pro vytvoření reportu, které ale není blokováno měřením ASEP. Report se tedy dá vytvořit i bez měření ASEP.

Pro zadávání jiných měření do reportu se musí tabulky pro měření do reportu buď vymazat tlačítkem *Vyčistit* a nebo se jednoduše při přidání 4. měření tabulka sama vymaže a měření se přidá na 1. pozici.

5.2 Report z měření hluku motocyklu

Po vyplnění tabulek CRS a WOT pro vybraná měření do reportu se na poslední záložce programu zpřístupní tlačítko pro tisk reportu. Po jeho stisknutí se do souboru, umístění si uživatel zvolí, uloží soubor .doc s reportem výsledků viz níže.

Report z měření hluku motocyklu

Typ motocyklu: Jawa350OHC
 Výkon [kW / ot/min]: 20,1 / 6315
 Váha [kg]: 165,0
 PMR [-]: 84,0

Tabulka výsledků měření WOT

Datum měření		27.08.2018 17:45:21		Poznámka	WOT			Hluk motocyklu [dB]		
				$a_{wot\ ref} [m*s^{-2}]$	2,02 - 2,47					
Číslo testu	Převod. stupeň	Požad. Rychlost vPP' [km/h]	vAA' (km/h) nAA' (ot/min)	vPP' (km/h) nPP' (ot/min)	vBB' (km/h) nBB' (ot/min)	$a_{wot} [m*s^{-2}]$	Hluk okolí [dB]	Levá strana	Pravá strana	L _{wot}
1	3	50	43,9	49,9	55,6	2,03	53,4	77,9	78,7	77,7
			3326	3776	4207					
2			43,9	49,9	55,6	2,03		77,9	78,7	
			3326	3776	4207					
3			43,9	49,9	55,6	2,03		77,9	78,7	
			3326	3776	4207					
Průměr ze 3 měření			43,9	49,9	55,6	2,03	77,9	78,7		
			3326	3776	4207					

Tabulka výsledků měření CRS

Datum měření		27.08.2018 17:45:21		Poznámka	TestCRS	Hluk motocyklu [dB]		
Číslo testu	Převod. stupeň	Požad. Rychlost vPP' [km/h]	vPP' (km/h)	Hluk okolí [dB]	Levá strana	Pravá strana	L _{CRS}	
1	3	50	49,2	53,4	73,8	72,4	72,8	
2			49,2					
3			49,2					
Průměr ze 3 měření			49,2		73,8	72,4		

Tabulka výsledků měření ASEP

Datum měření	27.08.2018 17:45:21		Poznámka	Test		
Číslo testu	Převod. stupeň	vAA' (km/h) nAA' (ot/min)	vPP' (km/h) nPP' (ot/min)	vBB' (km/h) nBB' (ot/min)	L _{ASEP} [dB]	L _{ASEP} limit [dB]
1	3	43,9	49,9	55,6	77,7	80,7
		3326	3776	4207		
2	3	43,9	49,9	55,6	77,7	80,7
		3326	3776	4207		
3	3	43,9	49,9	55,6	77,7	80,7

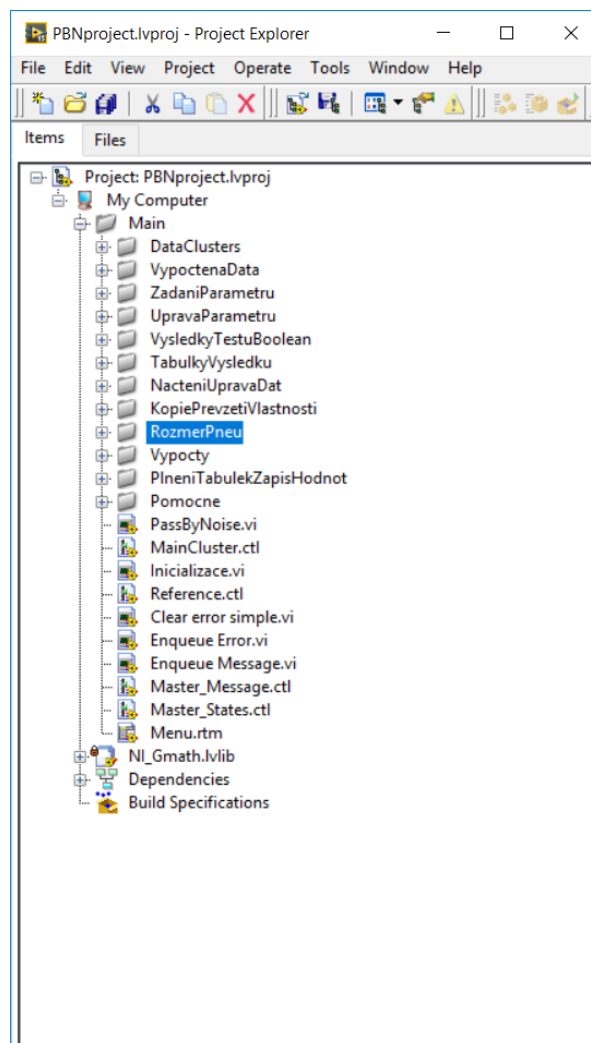
Tabulka celkových výsledků

Převod. stupeň	Hladina hluku [dB]				Vyhovuje
	L _{wot}	L _{crs}	L _{urban}	L _{limit}	
3	77,7	72,8	75,9	77,0	

5.3 Popis kódu programu pro vyhodnocení naměřených dat

V tomto oddíle popíšete pomocí vývojových diagramů ty části, které tvoří hlavní část programu. V celém vyhodnocovacím SW jich je ovšem tolik, že je zde bohužel nemohu zmínit všechny.

Samotný projekt je kompletně uložený ve složce Main, kde se nachází veškeré VI a clustery použité ve vyhodnocovacím SW. Většina z nich je rozdělena do podsložek podle toho, jakou funkci mají a k čemu slouží.



Obrázek 45: Struktura projektu v LV

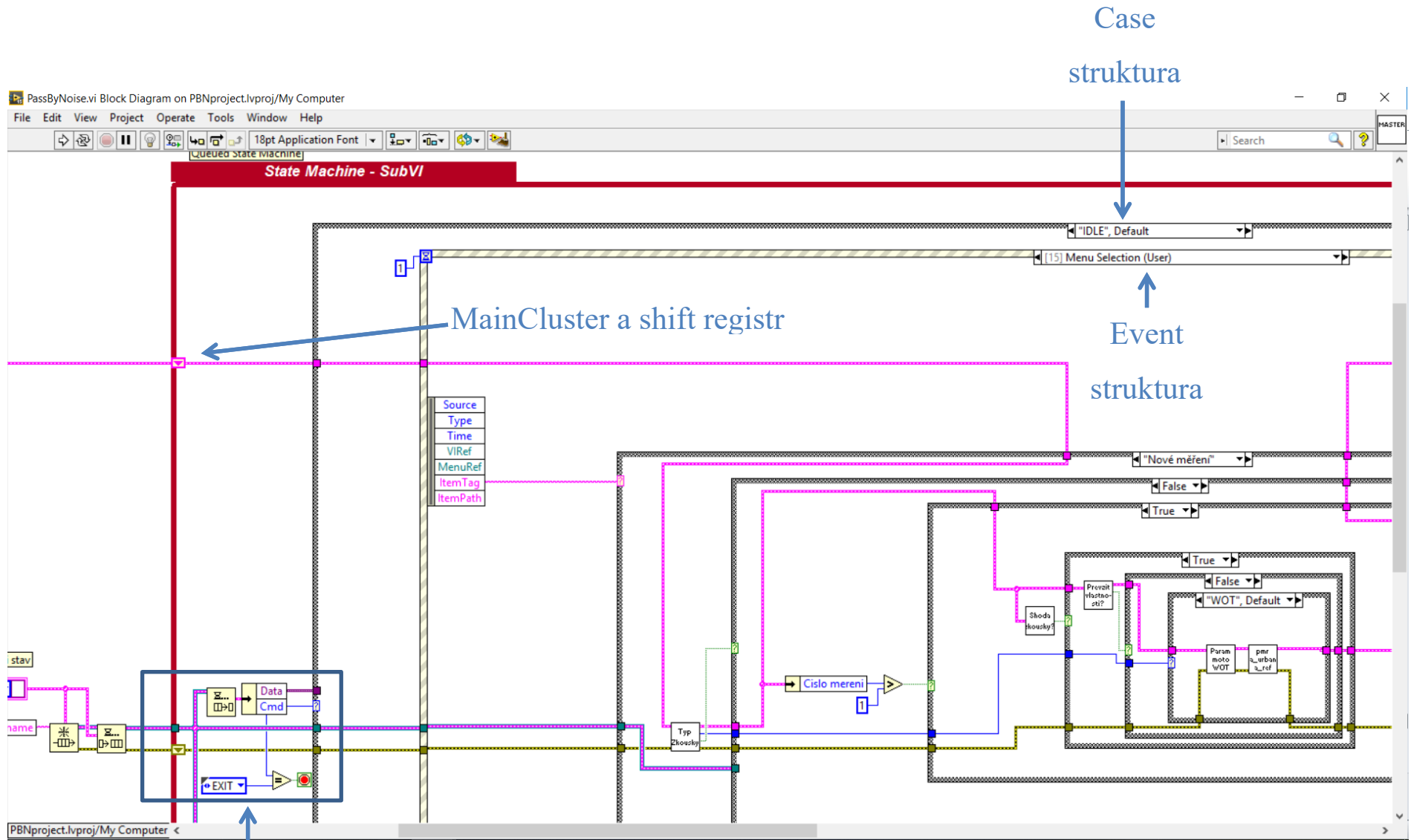
Hlavním souborem, kterým se samotný vyhodnocovací SW spouští je VI **PassByNoise**.

5.3.1 Základní struktura programu

Program je založen na architektuře Queued State Machine (QSM). QSM je tvořen smyčkou `while`, `case` strukturou a frontou, ze které se neustále vyčítají zprávy (data kombinovaná s povelům pro přechod do nového stavu).

Požadavky uživatelského rozhraní jsou zpracovávány v event struktuře, která je umístěna ve stavu *IDLE* stavového automatu. Stav *IDLE* se vykonává vždy, když ve frontě není žádná jiná zpráva. Automatické vložení stavu *IDLE* do fronty má na starosti blok Queue Manager.

Nekonečná smyčka se ukončí až tehdy, když uživatel v menu Soubor vybere položku Ukončit. Tím se ukončí i celá aplikace. Do nekonečné smyčky je zaveden vstupní cluster *MainCluster*, který v sobě uchovává data, která jsou dostupná ve všech stavech stavového automatu. Vodič prochází skrz celou nekonečnou smyčku `while`, pamatování dat po každém průchodu smyčkou zajišťuje posuvný registr na vodiči *MainCluster*.



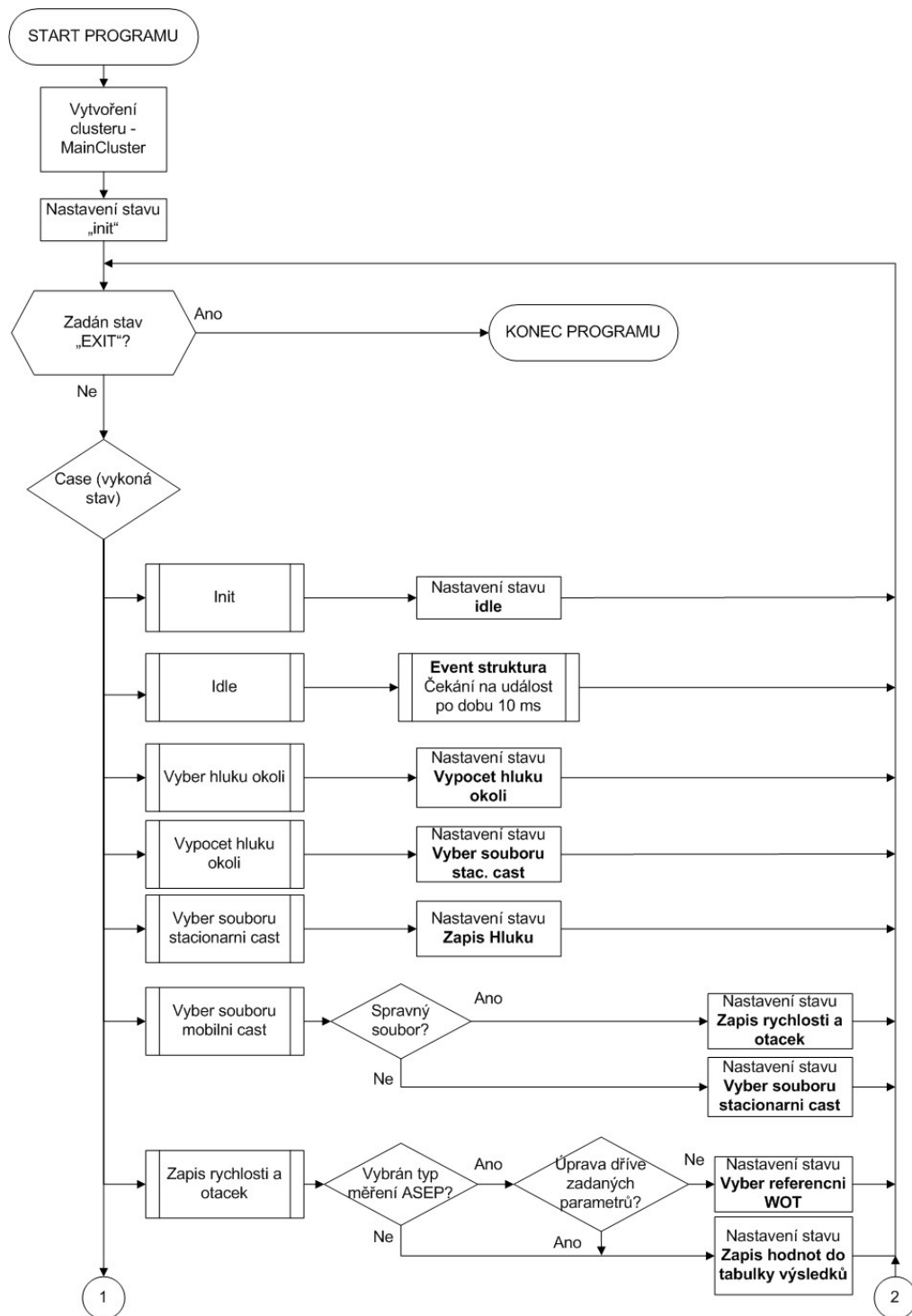
Volba stavu Case

Obrázek 46: Struktura SW

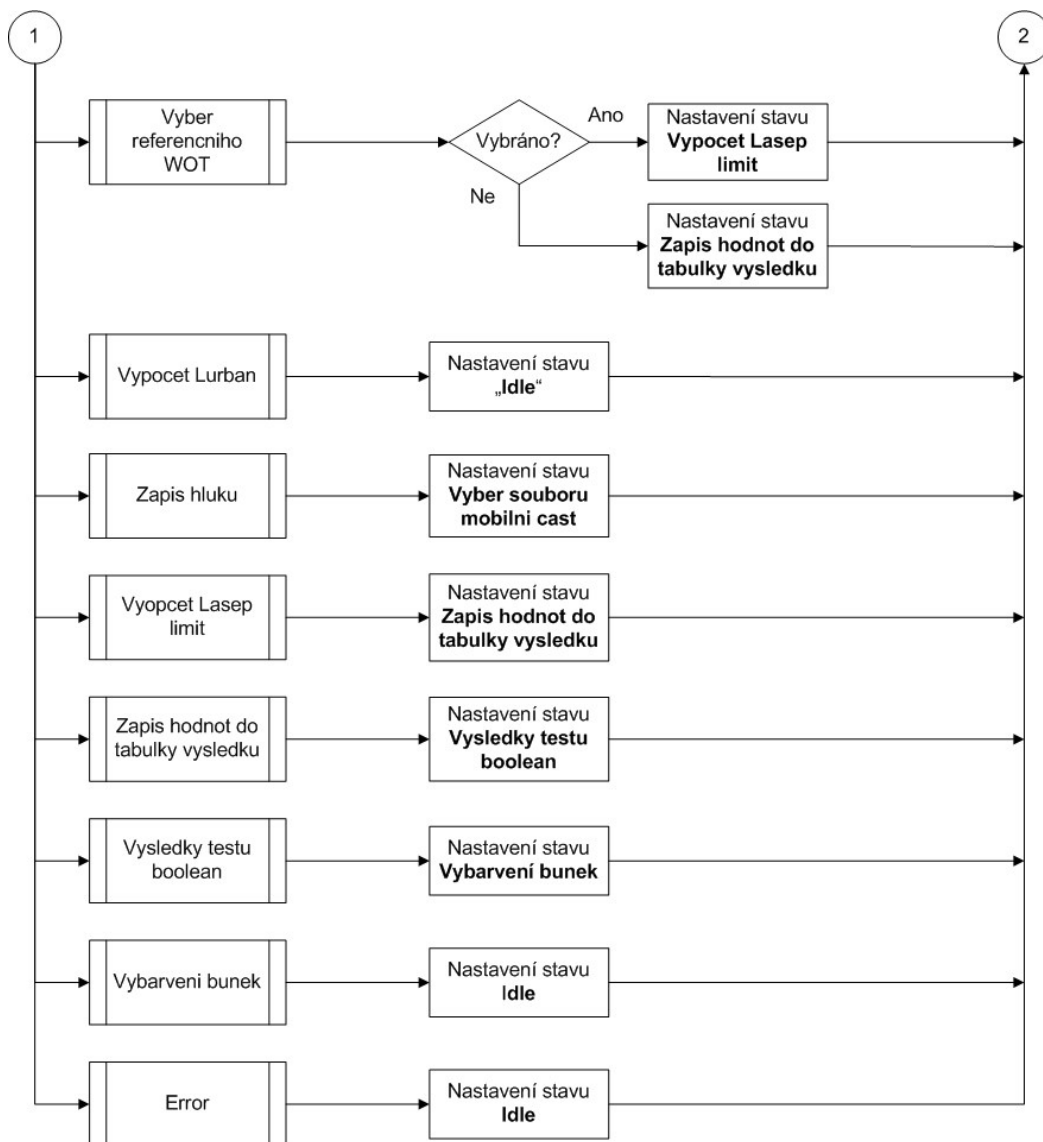
Níže uvedené vývojové diagramy ukazují, co se v jakém stavu case provede a jaký další stav bude nastaven. Detailnější popis každého stavu rozvedu zvlášť.

ParamMotoWOT
(ASEP, CRS)

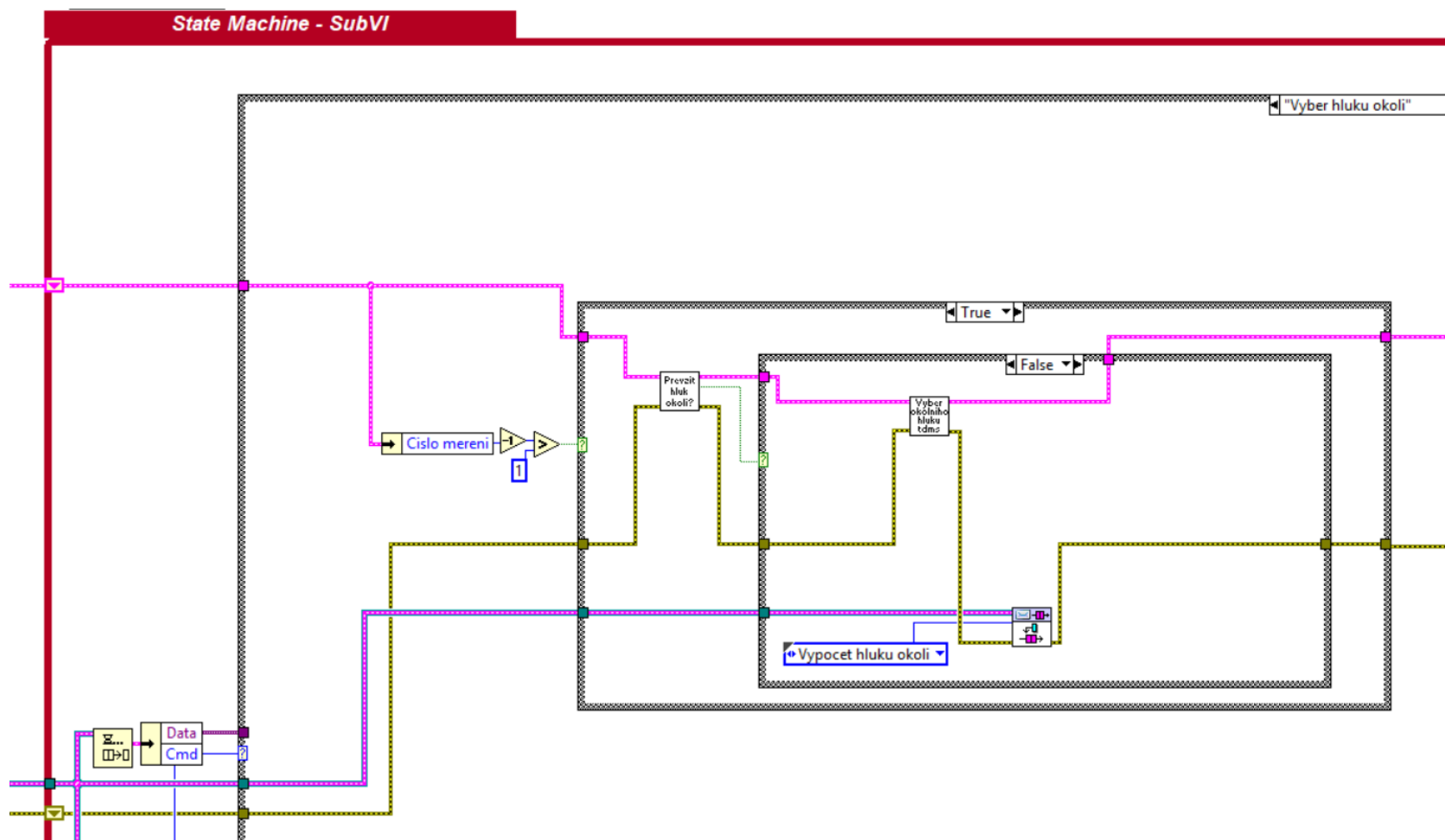
Pokud se ve vývojovém diagramu objeví tento blok, znamená to, že na tuto funkci je vytvořeno samostatné VI. Pokud se jedná o důležitou funkci, bude dále rozvedeno.



Vývojový diagram 2: Základní struktura 1. část



Vývojový diagram 3: Základní struktura 2. Část



Obrázek 47: Block diagram stavu Vyber hluku okoli

Obrázek je zde uveden, aby měl čtenář představu o tom, jak vypadá jeden ze stavů a jeho block diagram.

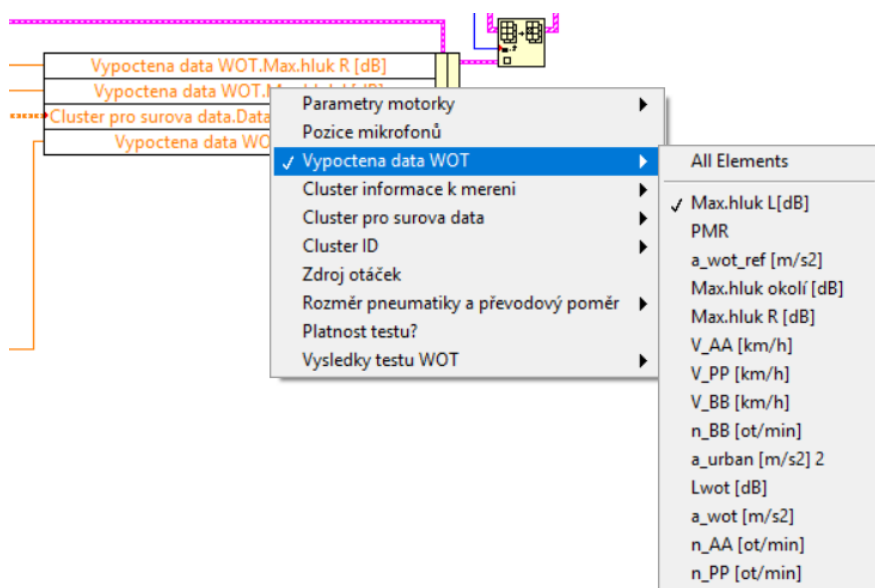
5.3.2 MainCluster

Main cluster je dostupný na růžovém vodiči, který prochází skrze smyčku while, case strukturu a event strukturu. V něm jsou dostupná všechna data, s kterými se v programu pracuje.

Obsahuje několik clusterů, polí a dalších hodnot. Hlavní částí je pole clusterů pro jednotlivé typy měření. Dále jsou zde dostupné clustery pomocných proměnných, historie měření, pole výsledků měření, několik stavových hodnot boolean, např. úprava parametru a informace o typu měření.

Načtená data z mobilní i stacionární části jsou uložena ve 2D polích hodnot typu double. Tato pole jsou součástí clusteru - *Cluster pro surova data* a tento cluster je součástí clusteru daného typu měření. Výsledky daného typu měření jsou uložena v clusteru - *Vypoctena data WOT* (ASEP, CRS).

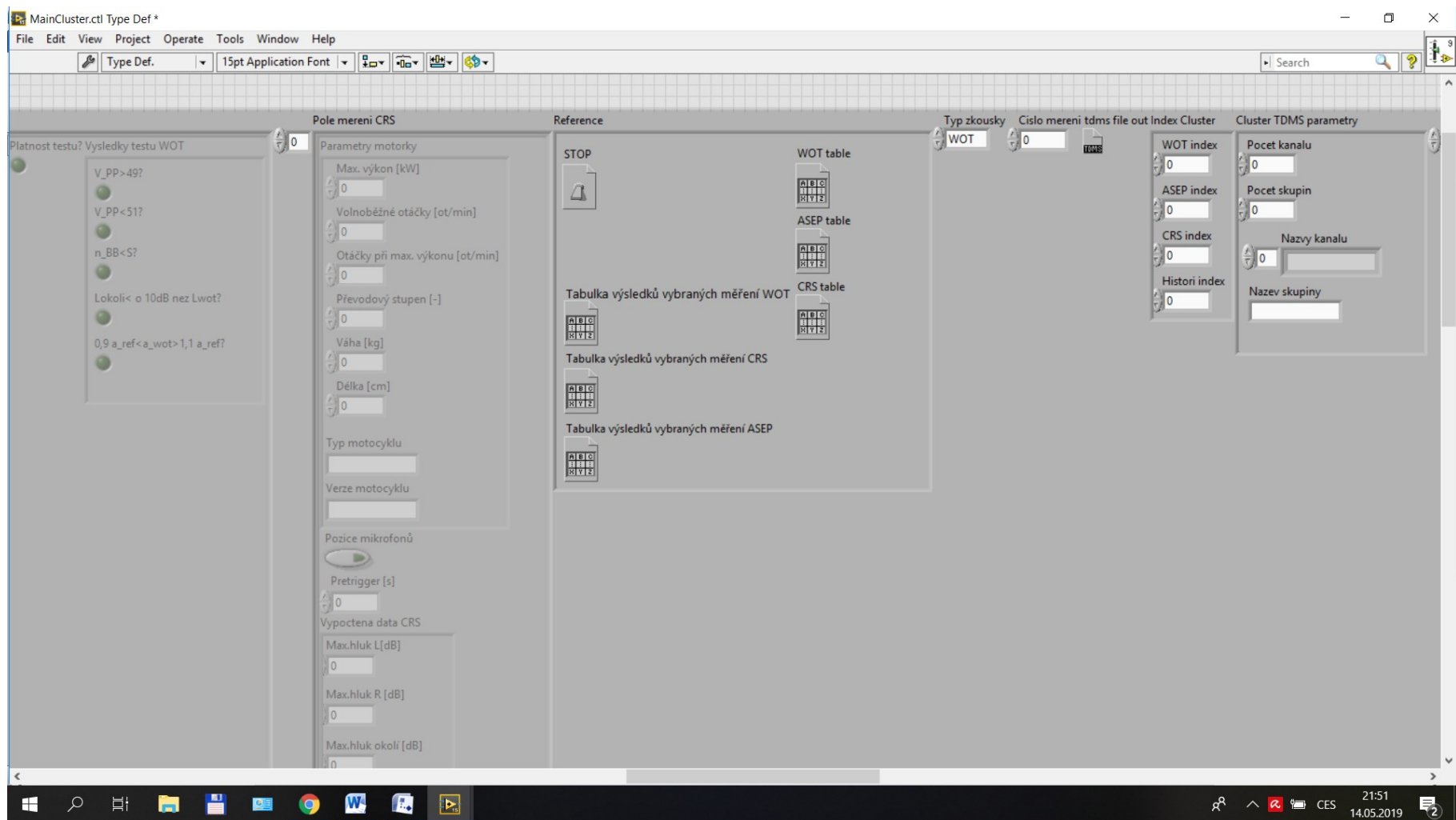
Struktura clusteru WOT měření je vidět na obrázku níže.



Obrázek 48: Struktura clusteru pro měření WOT

Další důležitý cluster - *Vysledky testu WOT* obsahuje boolean hodnoty, které vyjadřují splnění podmínek daných normou. Např. $v_PP^* = 50 \pm 1$ km/h atd...

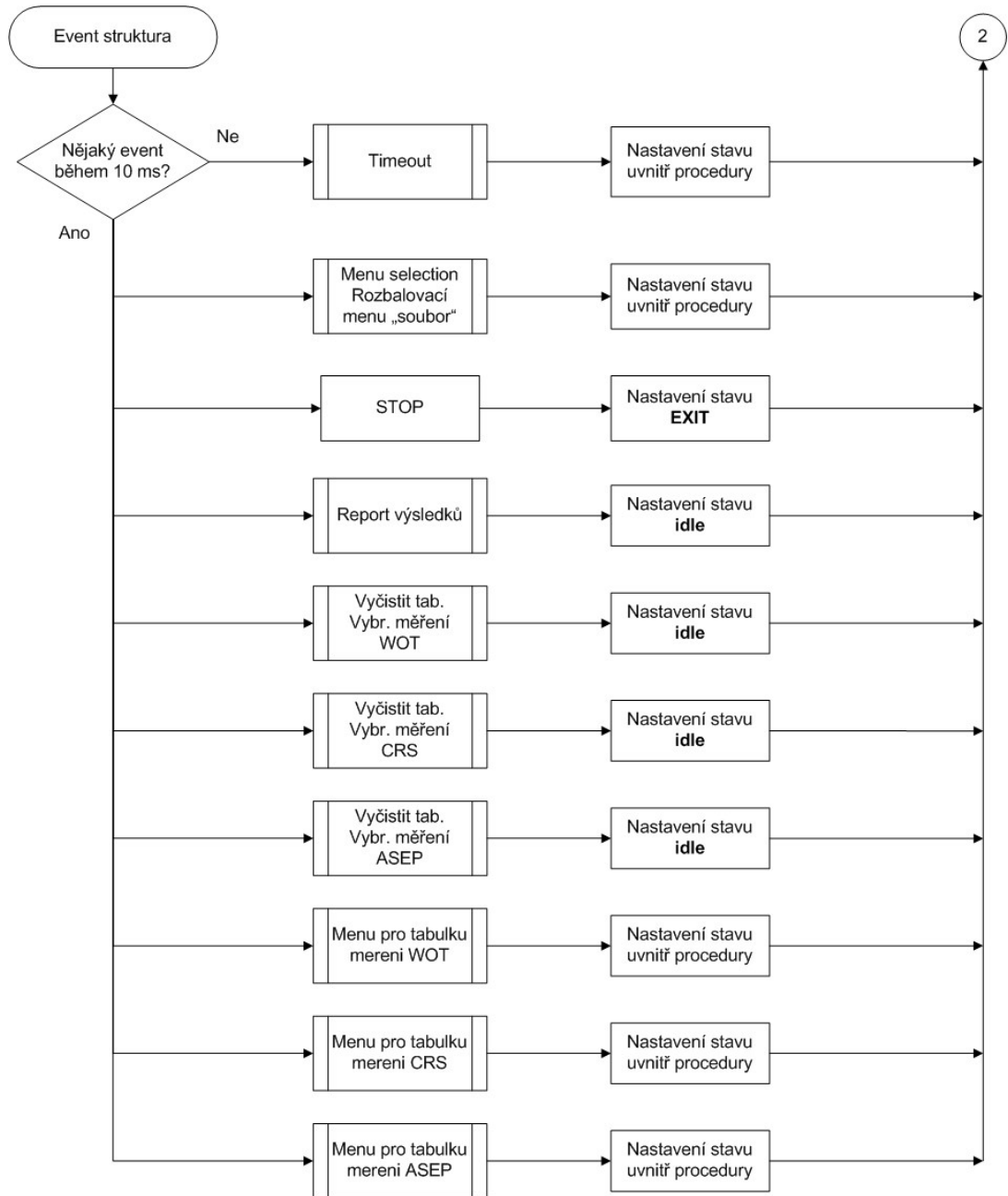
Zdroj otáček, pozice mikrofonů a platnost testu jsou hodnoty boolean.



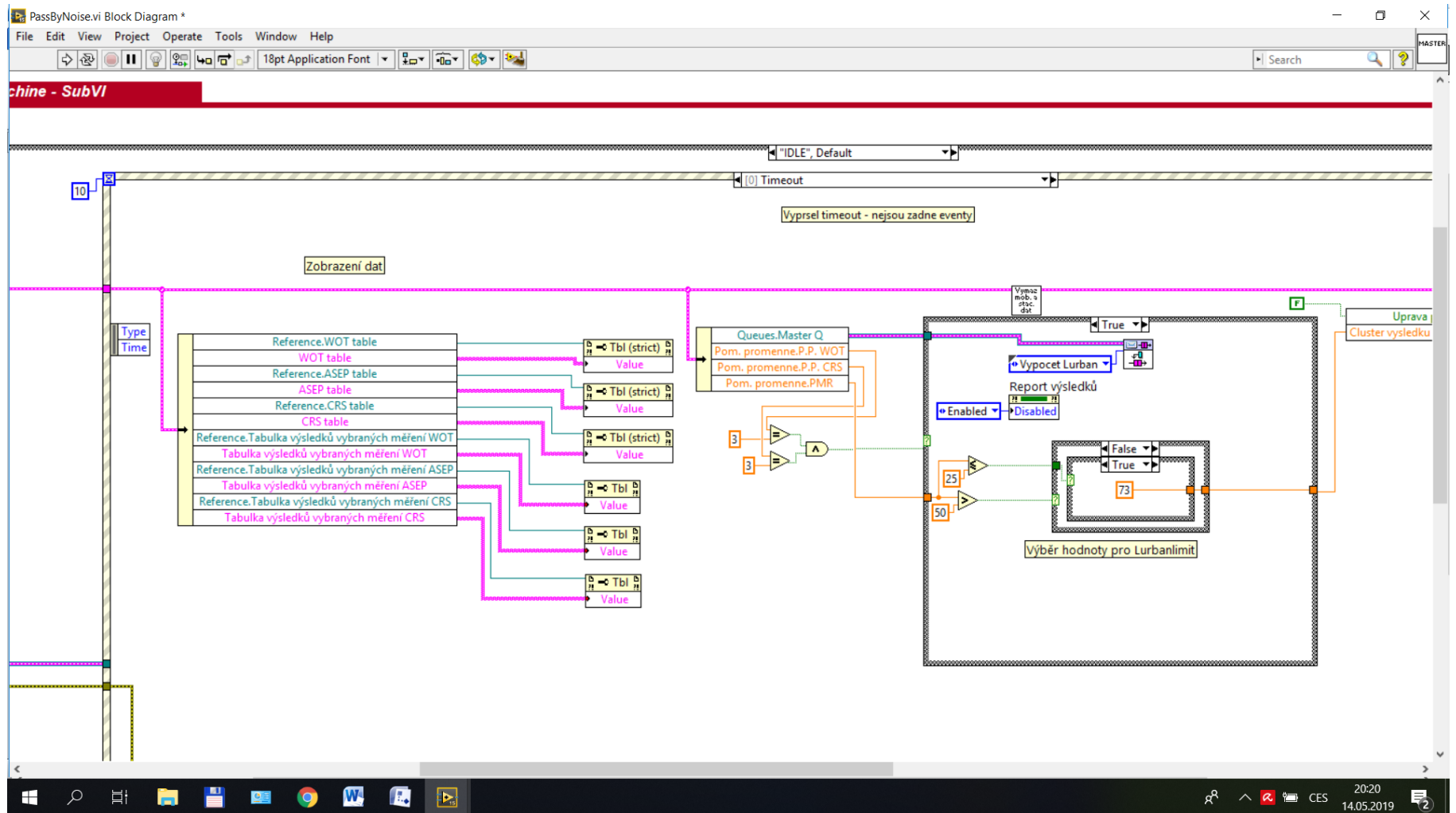
Obrázek 49: Část MainClusteru

5.3.3 Event struktura – obsluha ovládacích prvků

V Event struktuře se obsluhují, jak již bylo řečeno, ovládací prvky, které jsou uživateli dostupné. Jedná se zejména o rozbalovací menu v tabulkách pro jednotlivé typy měření, tisk reportu, přidávání nových měření, ukončení programu atd. Pokud je ve vývojovém diagramu uvedeno, že se nastaví stav uvnitř procedury (uvnitř VI), tak je nutné si najít detail např. *Menu pro tabulku mereni WOT* mezi dalšími vývojovými diagramy.

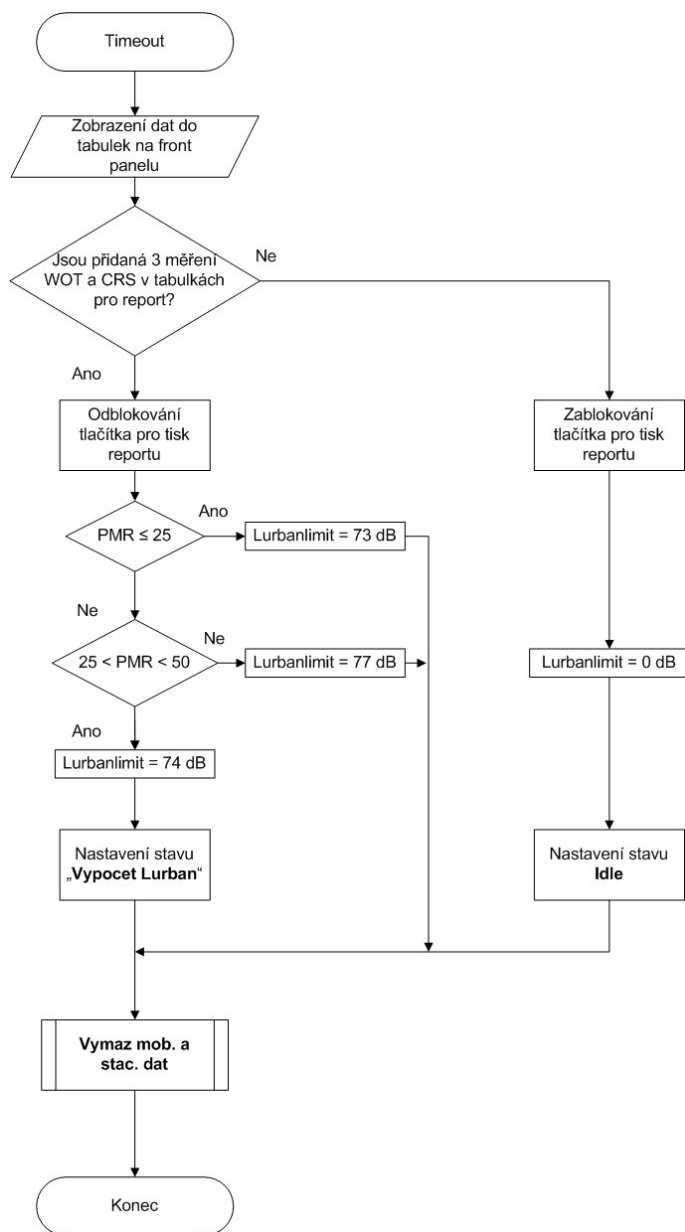


Vývojový diagram 4: Event struktura



Obrázek 50: Block diagram Timeout - event

Timeout



Vývojový diagram 5: Timeout - event

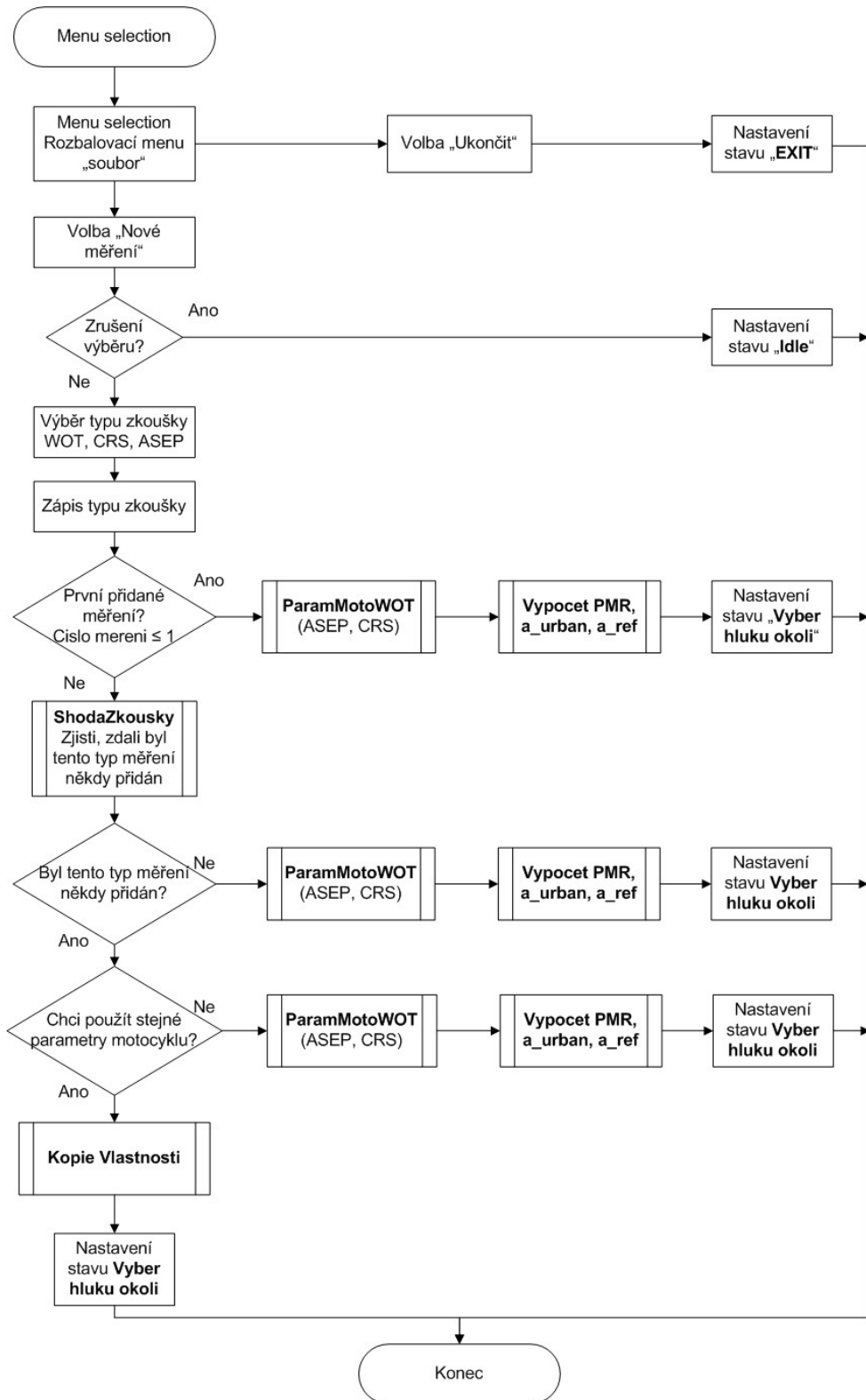
Event struktura čeká na událost po dobu 10 ms, pokud tento čas vyprší, provede se *Timeout* „event“.

Timeout má ve vyhodnocovacím SW především aktualizovat data v tabulkách přidávaných měření a v tabulkách pro report. Dále pokud jsou přidána 3 měření do tabulky pro report v CRS i ve WOT měření, tak se automaticky odblokuje tlačítko pro tisk reportu a spočítají se výsledky měření na záložce „Výsledky“.

Zároveň se smažou načtená surová data ze souborů jak ze stacionární, tak i z mobilní části (pro mobilní část zůstávají upravená surová data) v poli clusteru aktuálně zadávaného

měření. Dále totiž nejsou dále potřeba a zbytečně se zaplňuje paměť RAM potřebná pro načtení dalších měření.

Menu selection



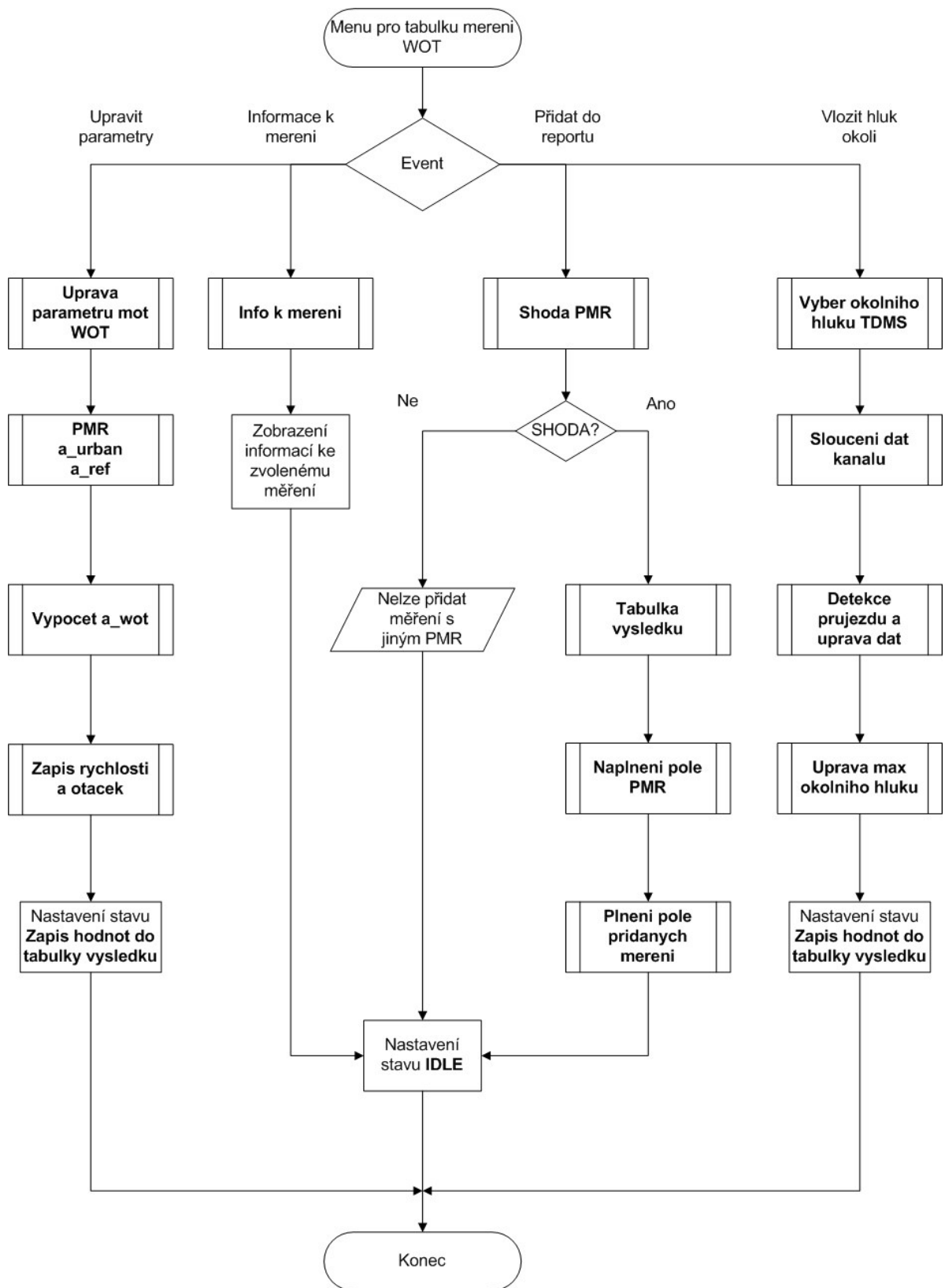
Vývojový diagram 6: Menu selection - event

Menu selection event slouží pro obsluhu nabídky (rozbalovací menu) *Soubor* v levém horním rohu okna. Pokud se stiskne *Ukončit*, zapíše se stav EXIT a program se ukončí. Pokud se stiskne nové měření, je uživatel vyzván k výběru typu měření. Pokud výběr zruší, vrátí se do stavu *IDLE*. Pokud zvolí typ měření a dá *OK*, tak se do *MainClusteru* zapíše typ měření – od této informace se poté odvíjí většina dalších operací.

Poté se zjistí, zdali je toto měření přidáné jako první – v *MainClusteru* je informace o celkovém počtu měření. Pokud ano, přejde se na zadávání parametrů motocyklu a informací dle vybraného typu zkoušky.

Pokud ne, je zde VI, které zjistí pomocí clusteru „Historie mereni“ zda někdy v minulosti bylo přidání měření stejného typu. Když bylo, zeptá se program, zda uživatel chce dříve zadané vlastnosti použít u právě zadávaného měření nebo ne. Poté se vlastnosti překopírují anebo se přejde opět na zadávání parametrů. Následuje zápis stavu *Vyber hluku okoli*.

Menu pro tabulku mereni - WOT



Vývojový diagram 7: Menu pro tabulku měření – event

Tento event obsluhuje rozbalovací menu, které se zobrazí po kliknutí pravým tlačítkem myši na zadané měření v tabulce přidanych měření. Obsahuje 4 další eventy, podle zvolené možnosti. Rozbalovací menu se objeví pouze, pokud nejprve označím řádek s přidáním měřením pomocí levého tlačítka myši. V prázdné tabulce se nezobrazí nic.

Pokud upravuji již zadané parametry, objeví se okno pro zadání parametrů s předem vyplněnými hodnotami, které byly zadány původně. Po stisku tlačítka *OK* se do *MainClusteru* uloží informace o úpravě – forma boolean. Ta je dále velice důležitá pro to, aby se upravená data zapsala do správného clusteru v poli clusteru daného měření.

Event *Přidat do reportu* slouží k přidání zvoleného měření do tabulky vybraných měření pro report. Zároveň se musí zjistit, zda již do reportu bylo přidáno měření (CRS nebo WOT) a pokud ano, tak zda má stejné PMR.

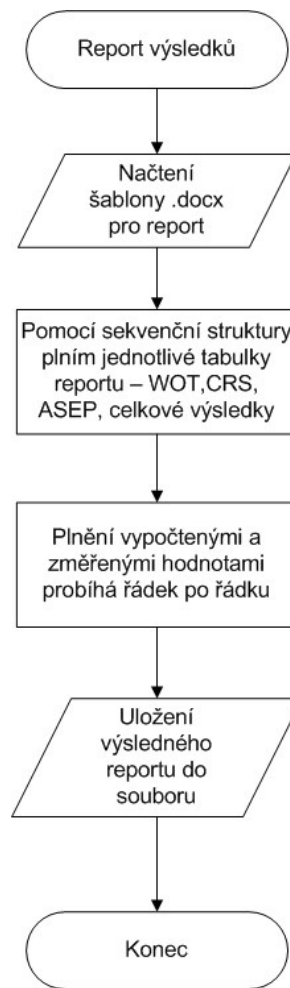
Pokud ano, přejde se na *VI Pridat do reportu*, které vyplní tabulku měření pro report – bude naznačeno později. Hned poté se naplní pole PMR. Je to pole o velikosti 3, kam se ukládá hodnota PMR přidávaného měření.

Dále se ve *VI Plneni pole pridanych mereni* uloží index, který označuje číslo buňky z pole clusteru daného typu, které se přidalo do reportu. Tato informace poté slouží pro vybírání hodnot z pole clusteru daného měření do reportu v jiné části programu. Tzn. uloží se například index číslo 3 a v jiné části programu se později vybere buňka číslo 3 z pole clusteru.

Po přidání okolního hluku do daného typu měření se v zásadě spustí stejná procedura, jako ve stavu *Vyber hluku okoli* a *Vypocet hluku okoli*, která bude popsána později.

Velice podobný postup je i pro typ měření ASEP a CRS, proto ho tu nebudu zvlášť uvádět.

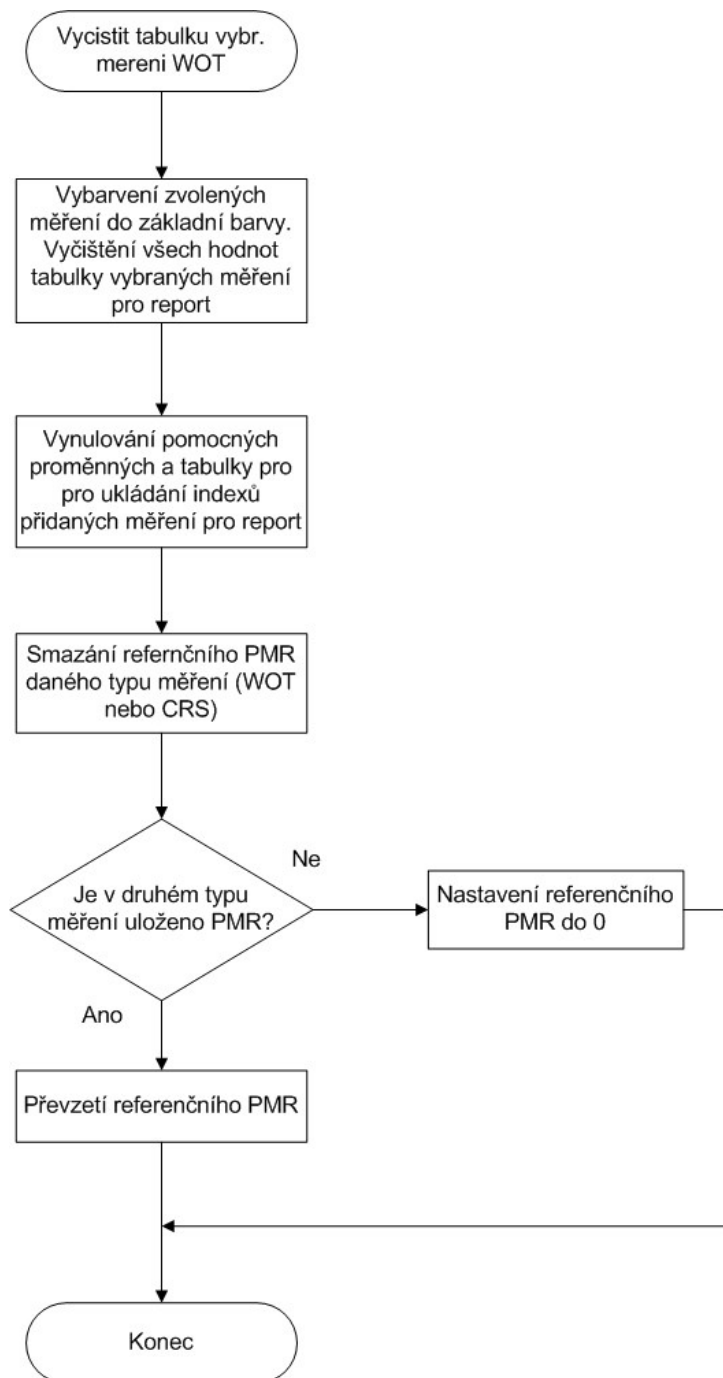
Report výsledků



Vývojový diagram 8: Report výsledků - event

Tento event obsluhuje tlačítko pro report výsledků. Nejdříve se v něm načte šablona pro vytváření reportu, která je předem vytvořená ve Wordu – skládá se z 5 tabulek, které se následně vyplňují. Plnění probíhá pomocí sekvenční struktury řádek po řádku a využívá se zde indexů uložených při přidávání měření do reportu, které ukazují na buňky v polích clusteru přidaných měření. Následně se otevře okno s dotazem, kam má být soubor uložen a jak se má jmenovat. Pokud se okno zavře, načtená data se zahodí a čeká se na další event.

Vyčištění tabulky vybraných měření



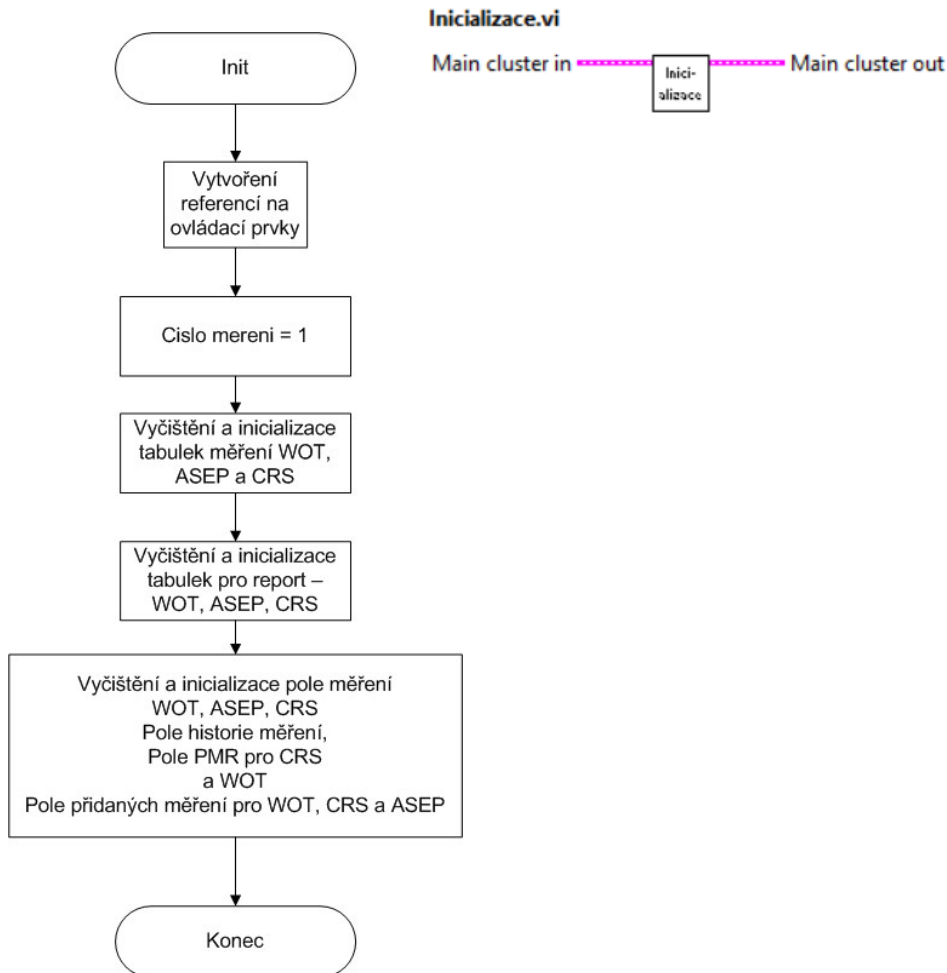
Vývojový diagram 9: Vyčištění tabulek pro report - event

Tento event obsluhuje tlačítka pro mazání tabulek přidaných měření do reportu. Stejně platí pro CRS i ASEP zkoušku.

Nejdříve pomocí referencí proběhne obarvení všech buněk do základní šedé barvy. Dále se vymažou pomocné proměnné pro daný typ měření, pole přidaných indexů, pole přidaných PMR.

Důležité je zde zjistit, zdali je v druhém typu měření (CRS) už také zadané nějaké měření do tabulky pro report. Pokud je, tak po smazání WOT tabulky musím uložit hodnotu PMR z druhého typu měření, aby po dalším přidání měření proběhla správná kontrola shody PMR.

5.3.4 Inicializace



Vývojový diagram 10: Case Init

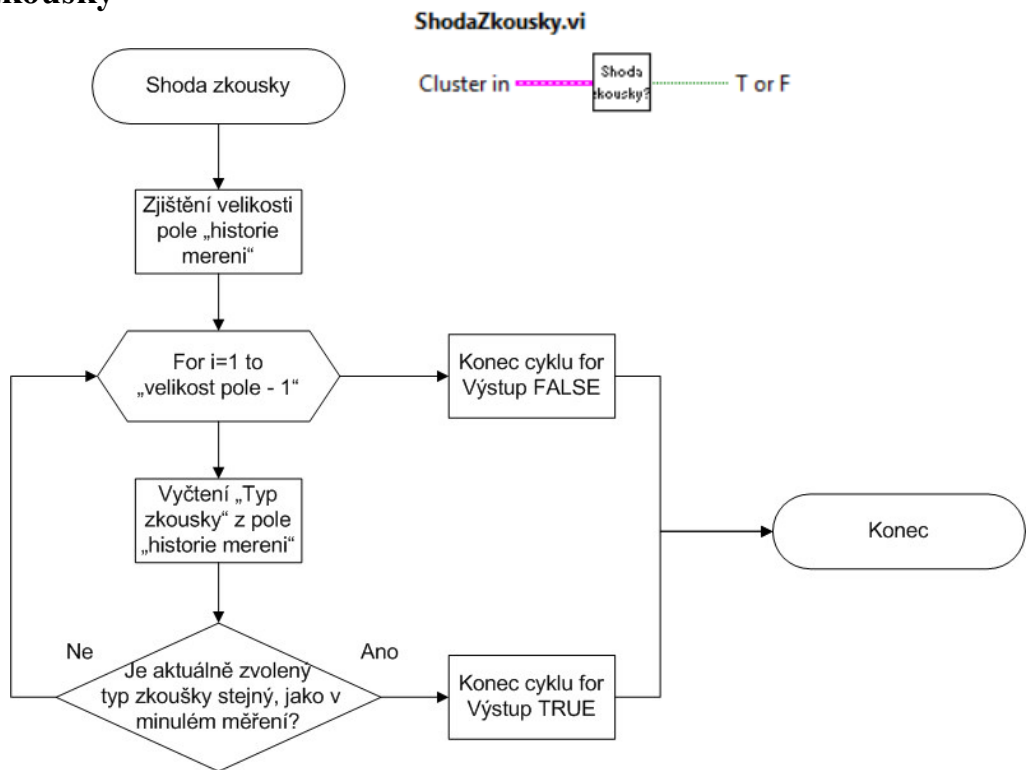
Case *Init*, který se provede jako první case po zapnutí programu, slouží pro inicializaci všech proměnných, vymazání všech tabulek, které vidí uživatel, jejich obarvení do základní šedé barvy a vymazání pole clusteru v *MainClusteru* (WOT, CRS i ASEP), kam se ukládají jednotlivá přidaná měření.

Zároveň se provede vytvoření referencí na ovládací a zobrazovací prvky v programu, aby bylo možno k nim přistupovat z různých VI.

Po tomto stavu se přejde do základního stavu *IDLE*, od kud se po 10 ms události přejde do *Timeout* ve struktuře event. Od tud opět do *IDLE* a opět se čeká 10 ms na událost.

5.3.5 Zadávání parametrů motocyklu

Shoda zkoušky

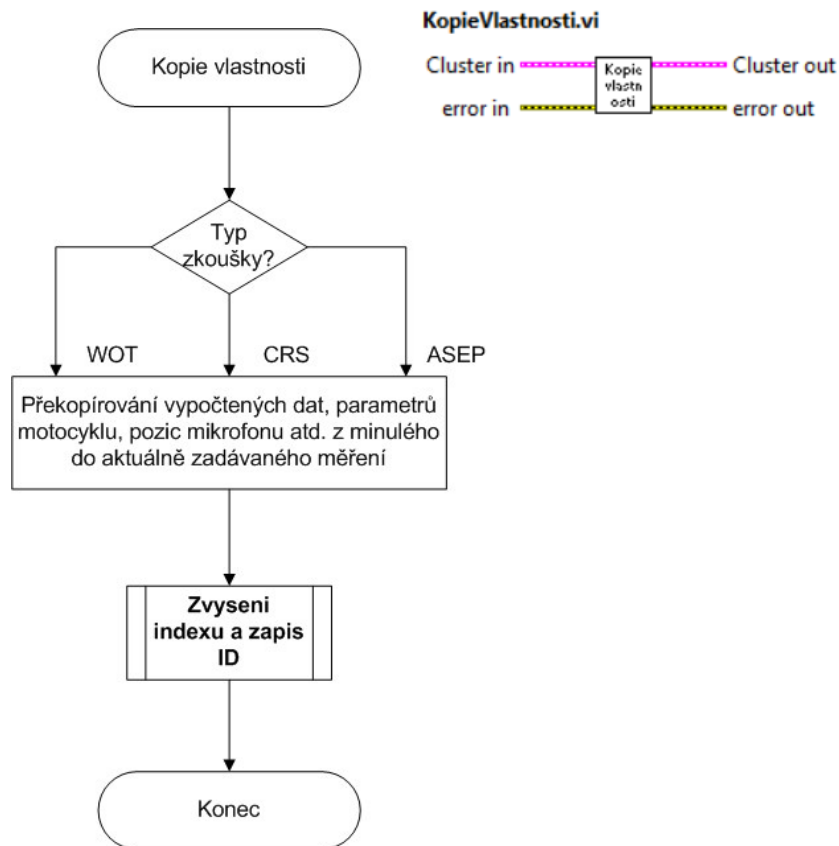


Vývojový diagram 11: Shoda zkoušky – VI

Po výběru typu zkoušky při zadávání nového měření se provádí kontrola, zda už někdy typ tohoto měření byl zadán, pokud ano program se dotáže, jestli chci použít dříve zadané parametry. Kontrola probíhá tím způsobem, že se prochází všechny prvky v *Pole historie měření*, kde je uložena i informace o typu v minulosti přidaných měření.

Pokud je výstup TRUE, tak se přejde na VI *Kopie vlastnosti*. Pokud FALSE, tak na VI *Zadání parametru* (WOT, CRS, ASEP).

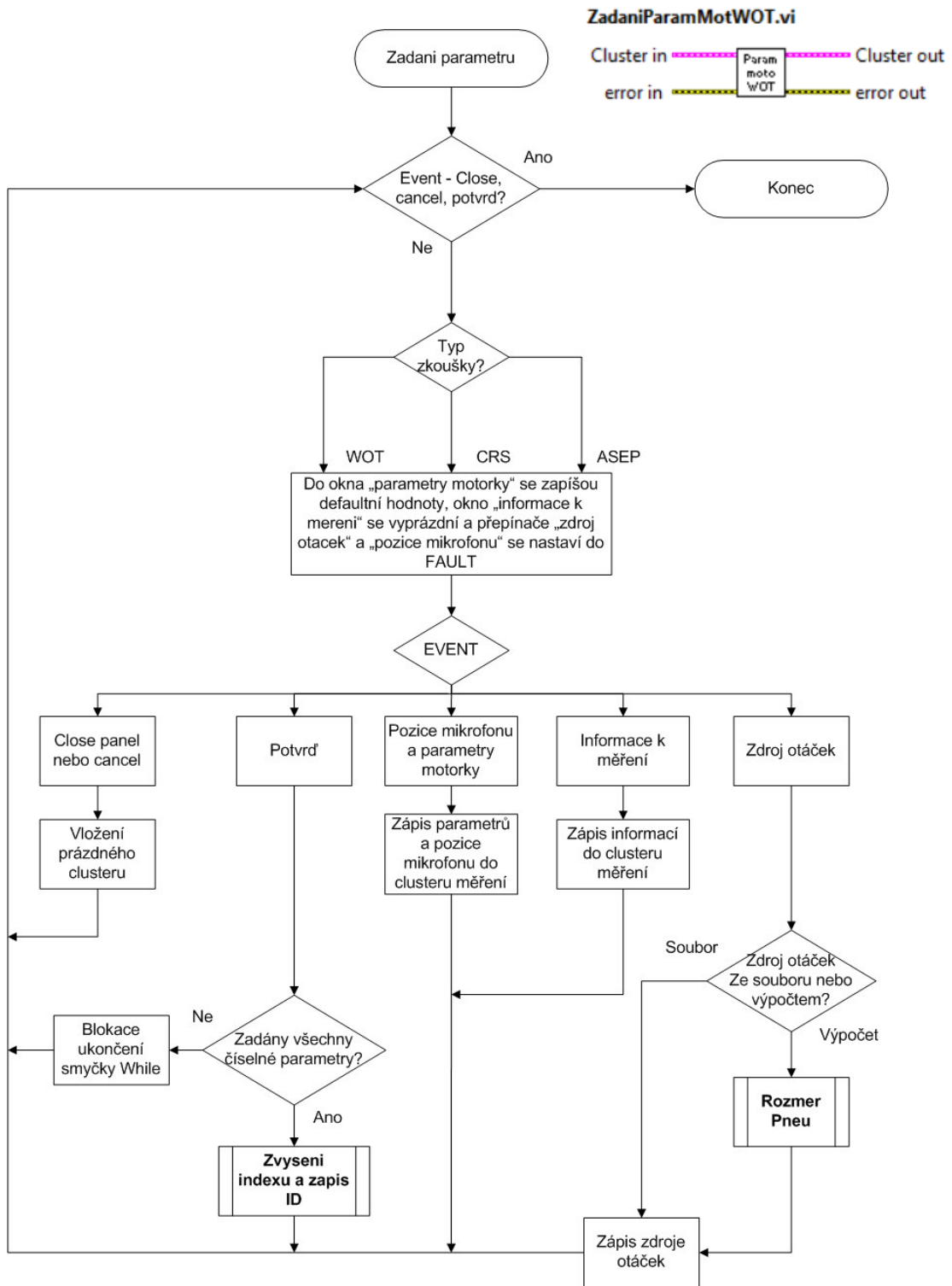
Kopie vlastností



Vývojový diagram 12: Kopie vlastnosti – VI

VI *Kopie vlastnosti* nejdříve zjistí, jaký typ měření je aktuálně zvolený. Podle toho přkopíruje zadané parametry, vypočtená data jako např. referenční zrychlení atd. z pole clusteru staršího měření do aktuálně zadávaného měření. Poté se spustí VI *Zvýšení indexu a zapsí ID* viz str. 97 a přejde se na stav *Vyber hluku okoli* viz str. 98.

Zadání parametrů motocyklu



Vývojový diagram 13: Zadání parametru – VI

Toto VI slouží pro zadávání parametrů motocyklu pro všechny typy měření. Pro každý typ je trochu upraveno. Tento diagram slouží pro popis typu měření WOT.

Jedná se o stavový automat, který běží v nekonečné smyčce while a čeká na událost od uživatele. Ukončí se, pokud se stiskne *cancel*, *OK* nebo se uzavře okno.

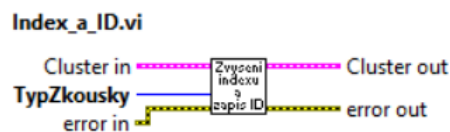
Nejdříve se všechny ovládací prvky a zadávací okna nastaví do defaultních hodnot. Poté, jak uživatel zadává parametry, informace k měření apod. se tyto data rovnou zapisují do clusteru měření. Pokud se přepne přepínač pro zdroj otáček (defaultně nastaven tak, že se otáčky vyberou ze souboru) objeví se okno se zadáním dynamického průměru kola [mm] a převodový poměr [-].

Přechod na další VI probíhá až po stisknutí tlačítka *OK*, to je blokováno zadáním všech číselných parametrů motocyklu.

Pokud uživatel stiskne *cancel* nebo uzavře panel, do clusteru se vloží úplně prázdný cluster. Důvodem je to, že se musí vymazat zadávaná data, která se zapisují ihned po vyplnění polí.

Po úspěšném ukončení VI (stisk *OK*) se přejde na stav *Vyber hluku okoli* viz str. 98.

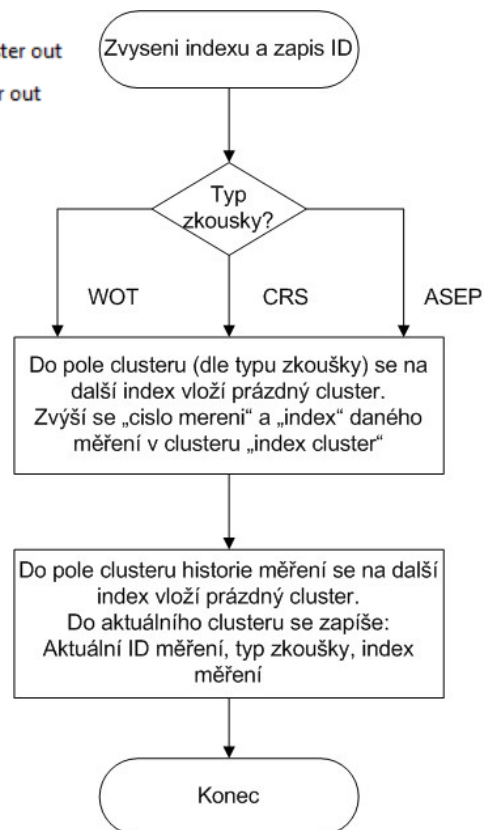
Zvýšení indexu a zápis ID měření



VI *Zvyseni indexu a zapis ID* slouží k tomu, aby se další měření zapisovalo vždy na další místo v poli clusteru daného typu měření, zároveň se na další místo v poli vkládá prázdný cluster.

Zvýší se index, který označuje umístění měření v poli, zároveň se запиše do clusteru pro ukládání indexů – zde je k dispozici vždy poslední hodnota indexu.

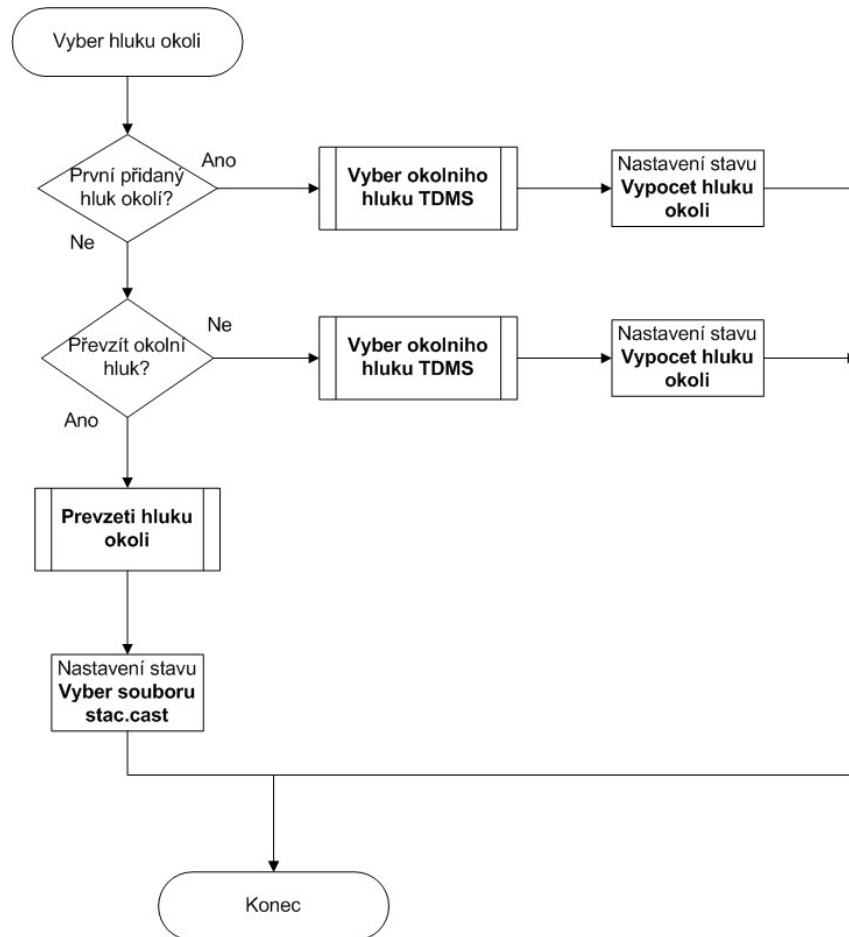
Pole historie měření se naplní aktuálními hodnotami – ID měření (číslo, které udává celkový počet měření nehlédě na typ), typ zkoušky a index daného typu měření.



Vývojový diagram 14: Zvýšení indexu a zápis ID – VI

5.3.6 Výběr souboru s hlukem okolí a jeho výpočtu

Výběr hluku okolí

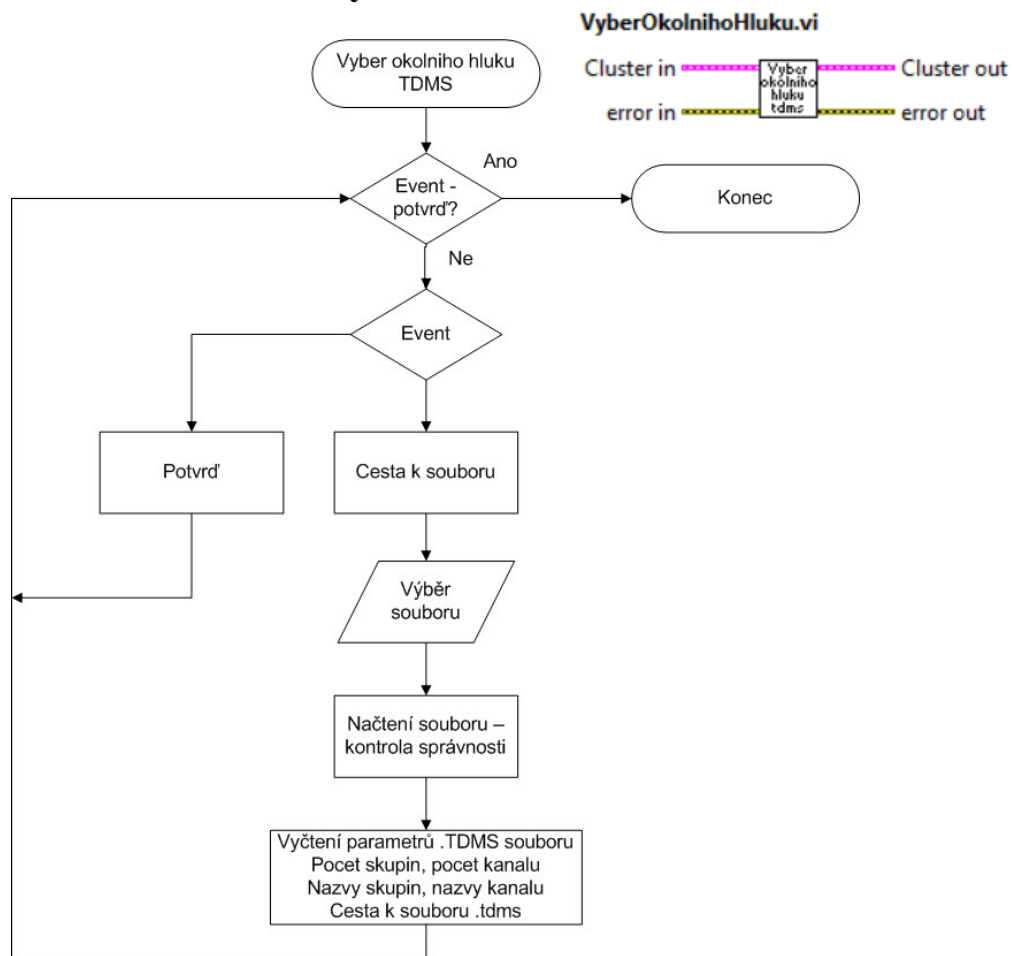


Vývojový diagram 15: Výběr hluku okolí - stav

Ve stavu *Vyber hluku okoli* se jako první zjistí, zdali už někdy byl nahrán soubor s okolním hlukem. To se zjistí pomocí proměnné v *MainClusteru* - *Cislo mereni*. Pokud ano, uživateli se zobrazí dotaz, zda chce převzít hodnoty okolního hluku z předešlého měření. Pokud ano, tak se pouze přkopíruje maximální hodnota hluku do clusteru daného typu měření. Dotaz se zobrazí při jakémkoliv typu měření.

Pokud uživatel zadá ne, tak se otevře okno viz Obrázek 39 s výběrem souboru s hlukem okolí ve formátu .tdms. Tuto funkci obsluhuje VI *Vyber okolního hluku tdms*.

Výběr souboru s naměřeným hlukem okolí



Vývojový diagram 16: Vyber okolního hluku tdms – VI

Po zvolení cesty k souboru ve formátu .tdms se provede kontrola správnosti. Podle toho se odblokuje tlačítko *OK*, které umožní načtení stacionárních dat.

Zároveň se ze souboru vyčtou parametry:

- Sloupce = pocet kanalu
- Stránky = pocet skupin
- Cesta k souboru
- Názvy skupin
- Názvy kanálů

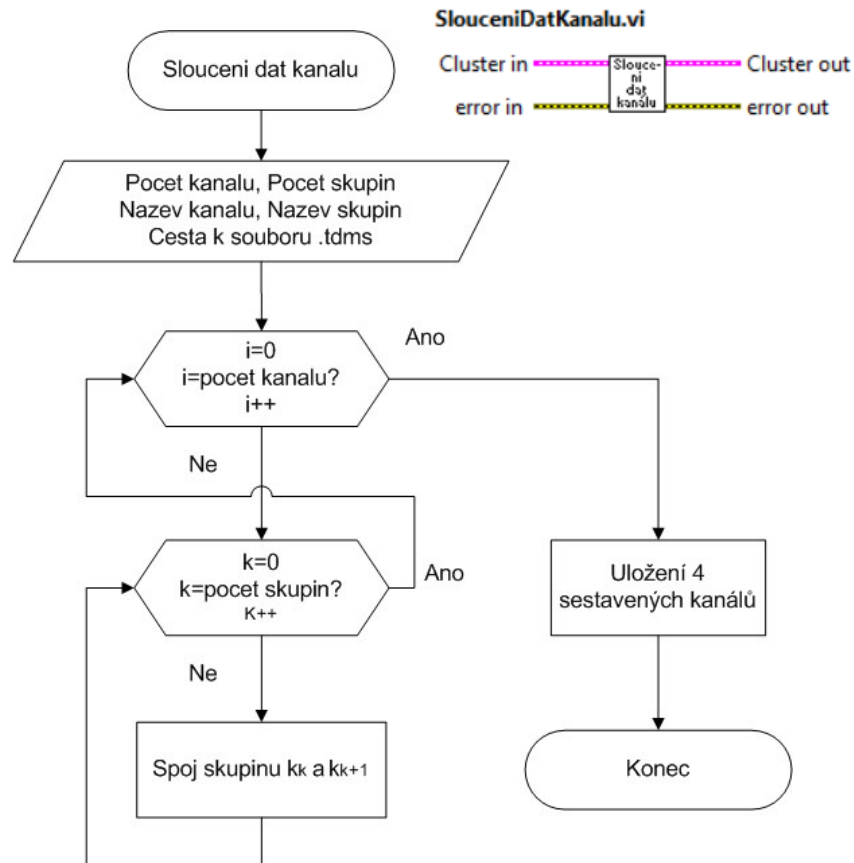
Parametry se uloží do *MainClusteru*, kde se budou dále používat v jiných VI.

Po stisknutí tlačítka *OK* se přejde na další stav *Vypocet hluku okoli*.

Tento stav obsahuje 3 VI, které následně popíší.

Sloučení dat kanálu

První z nich slouží k sloučení dat z jednotlivých stránek souboru .tdms a jednotlivých kanálů, 2x hluk mikrofonu a 2x napětí z optický bran. Data se sloučí do jednoho pole o 4 sloupcích z původních např. 99 polí o 4 sloupcích.



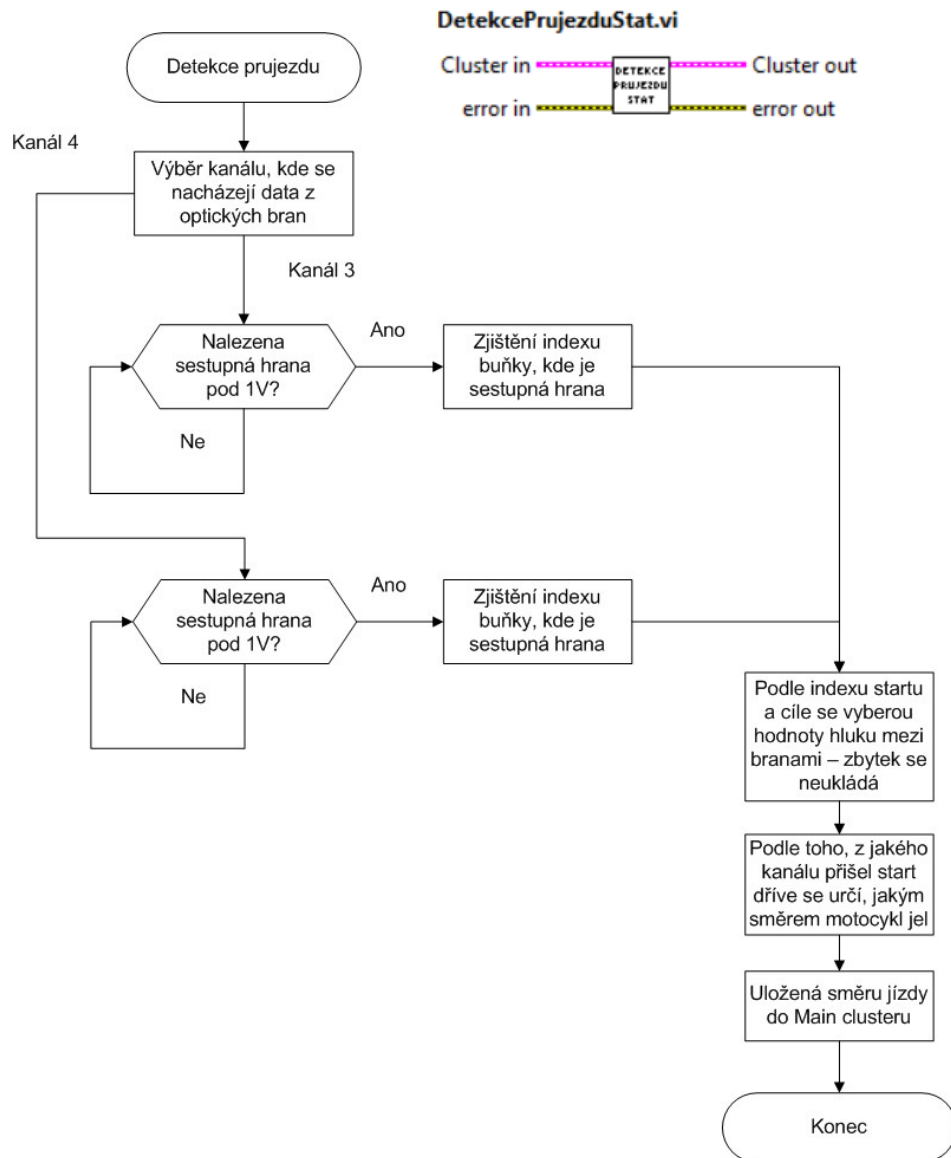
Vývojový diagram 17: Sloučení dat kanálu – VI

Detekce průjezdu

Další VI – *Detekce průjezdu* slouží pro nalezení průjezdu motocyklu startem a cílem v naměřených datech. Funkce je stejná jak pro načtení dat s průjezdem, tak i pro načtení dat s hlukem okolí.

Hledání probíhá tak, že se hledá sestupná hrana v 3. a 4. kanálu, kde jsou uložena napětí z optických bran. Jakmile se podaří najít sestupnou hranu, použije se údaj o pozici buňky a porovná se s pozicí buňky se sestupnou hranou v druhém kanálu. Ten index, který je menší, znamená průjezd startem. Tím se dá snadno zjistit směr průjezdu tratí – informace se

uloží do *MainClusteru*. Zároveň se načtená data oříznou o data před a po průjezdu a uloží se pouze zbylá část.



Vývojový diagram 18: Detekce průjezdu – VI

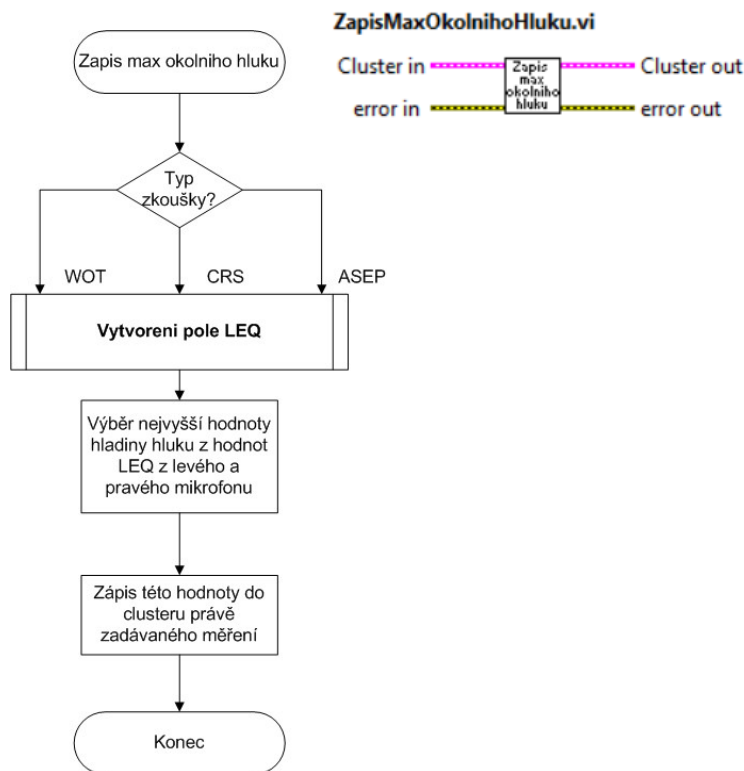
Zápis maxima okolního hluku

Dále se musí v upravených datech najít maximální hodnota hluku. To se provede ve VI - *Zápis max okolního hluku* - na další straně.

Nejdříve se z *MainClusteru* zjistí, jaký typ testu je zadán. Podle toho se pak přejde na *Vytvoření pole LEQ* hodnot – těch je podstatně méně než surových dat. Na výpočet LEQ je tu samostatné VI, které je popsáno níže. Hodnota LEQ se počítá dle vztahu (5.1). Následně se z

těchto hodnot (dva kanály) vybere ta nejvyšší a zapíše se do clusteru zadávaného měření jako hodnota okolního hluku.

Poté se přejde na další stav – *Vyber souboru stat. cast viz. str105.*



Vývojový diagram 19: Zapis max okolního hluku – VI

Vytvoření pole LEQ

V případech, kdy se hluk výrazněji mění s časem, se zavádí ekvivalentní (neboli trvalá konstantní) hladina L_{eq} [dB]. Ekvivalentní hladina je fiktivní ustálená hladina zvolené veličiny (především akustického tlaku nebo intenzity zvuku), která má stejný účinek na člověka, jako proměnný hluk během stejného časového úseku [11]. Tuto definici splňuje nejlépe střední energetická hodnota, která je pro akustický tlak definována vztahem:

$$L_{leq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(\tau)}{p_0^2} d\tau \right] \quad [\text{dB}] \quad (5.1)$$

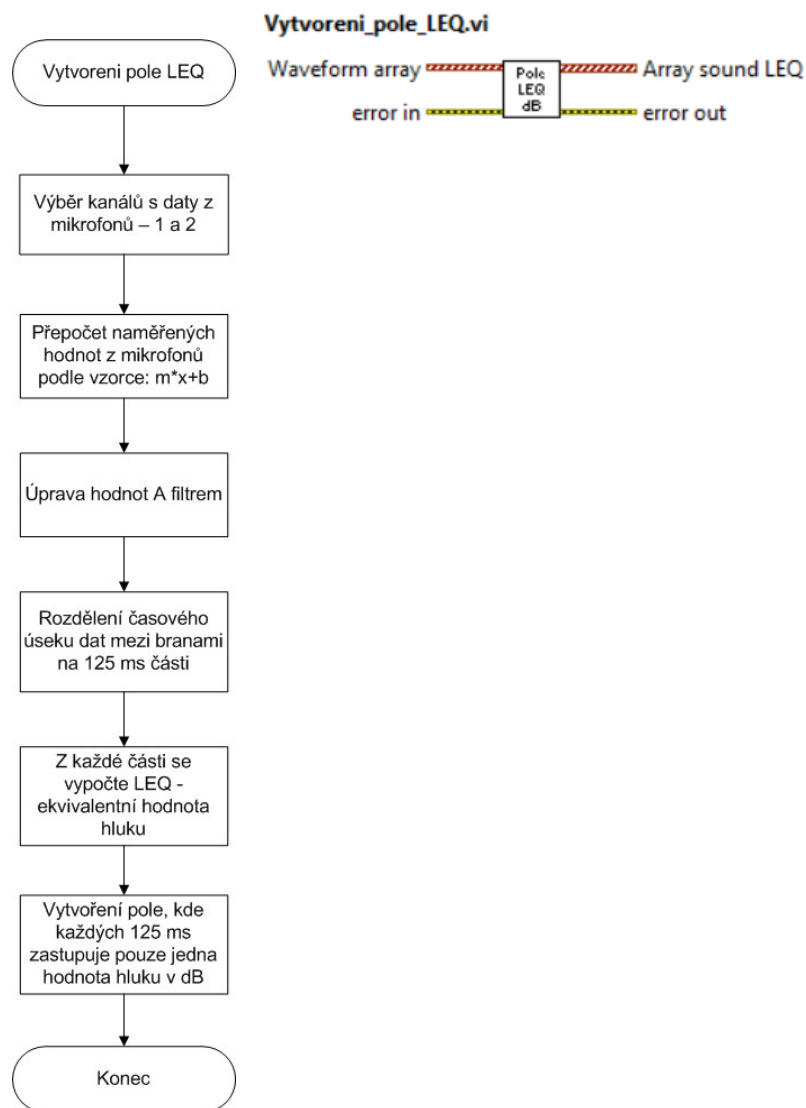
Kde:

L_{leq} - Ekvivalentní hladina hluku [dB]

T - Doba trvání hluku [ms] (lze nastavit v SW)

p - Akustický tlak [Pa]

p_0 - Referenční akustický tlak vzduchu $2 \cdot 10^{-5}$ [Pa]



Vývojový diagram 20: Vytvoření pole LEQ – VI

Prvně se z vyčtených dat z jednotlivých kanálů vyberou pouze ty s naměřenými daty z mikrofonů. Poté se každá hodnota musí přepočítat dle citlivosti mikrofonu, kterou lze najít v datasheetu. Přepočítání je podle vzorce $m \cdot x + b$. b značí offset – 0 a m je právě citlivost. Po přepočtení proběhne úprava hodnot v A filtru a dále se naměřená data rozdělí na úseky dlouhé 125 ms. Tuto hodnotu používá i zkušebna TŮV, proto jsem ji v programu nastavil.

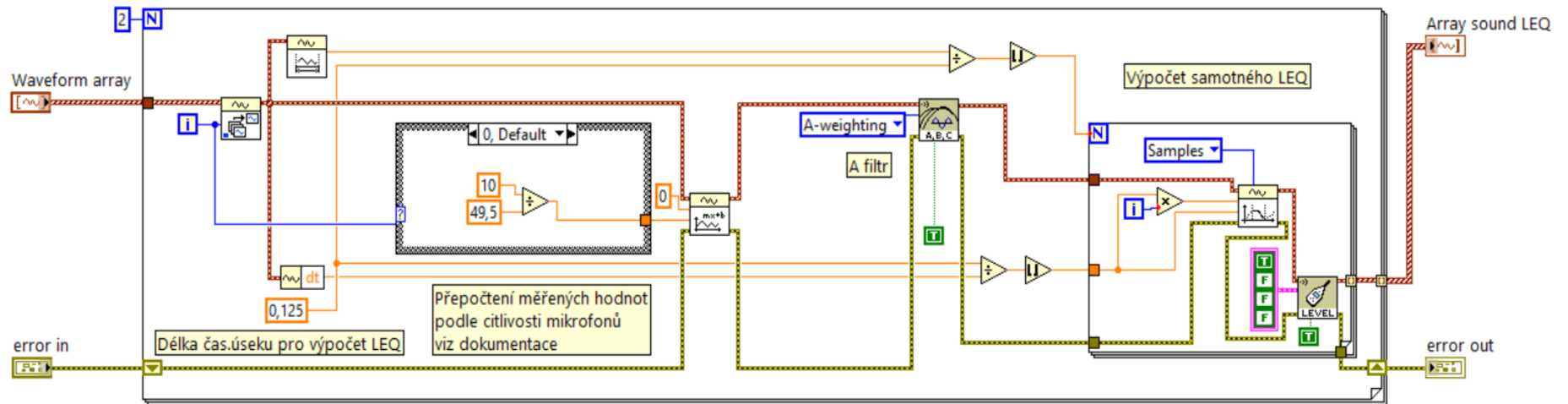
Z těchto úseků se vypočte ekvivalentní hodnota akustického tlaku – LEQ. Tento výpočet provádí VI z palety Sound and Vibration.

U tohoto VI je důležité nastavit správné vstupy. Zejména *Restart averaging* nastavit na TRUE a na vstupu pro výběr typu výpočtu přivést TRUE pro *Leq*. Viz. Obrázek 51.

Za každými 125 ms poté stojí jen jedna hodnota hluku v dB. Z těchto hodnot se sestaví pole a uloží se do *MainClusteru*.

Blockdiagram VI pro výpočet LEQ hodnot je k vidění na další straně.

Vyberou se dva sloupce ve waveform array (hladiny hluku z L a R mikrofonu)
 ty se dále přepočítají ($m \cdot x + b$) dle citlivosti mikrofonu,
 dále projdou A filtrem a následně se vypočte hodnota LEQ z časového úseku 125 ms
 Pole těchto LEQ hodnot se dále používá pro zjištění max. hladiny hluku.

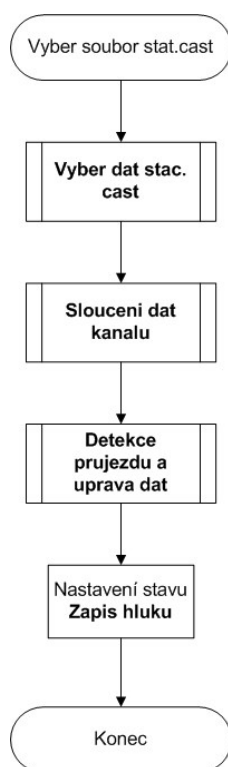


Obrázek 51: Block diagram vytvoření pole LEQ - VI

5.3.7 Výběr souboru ze stacionární části a výpočtu hluku

Výběr souboru stacionární část

V tomto stavu se nejdříve vybere soubor s daty ze stacionární části, poté se sloučí kanály, detekuje se průjezd a upraví se načtená data. Vše probíhá naprosto stejně, jako u výběru souboru s hlukem okolí viz kapitola 5.3.6. Následně se přejde na stav *Zapis hluku*, kde se provádí výpočet LEQ hodnot a zápis dat do clusteru daného typu měření,



Vývojový diagram 21: Vyber souboru stat.cast - stav

Výpočet L_{wot} z levého a pravého mikrofону

Tento výpočet se provádí ve stavu *Zapis hluku*, kde je jedno VI *Zapis hluku left right*.

Ihned po získání hodnot LEQ, viz strana 102, se musí zjistit maximum hluku z levé a pravé strany zvlášť. Poté se tyto data podle zadané pozice mikrofónů a podle směru průjezdu uloží do clusteru měření. Zároveň se vybere ta hodnota hluku, která je vyšší (R nebo L) a zkoriguje se podle Tabulka 1: Korekce na hluk v pozadí a rovnice (5.2). Tím je vypočtena hodnota L_{wot} [dB], která se uloží do clusteru měření.

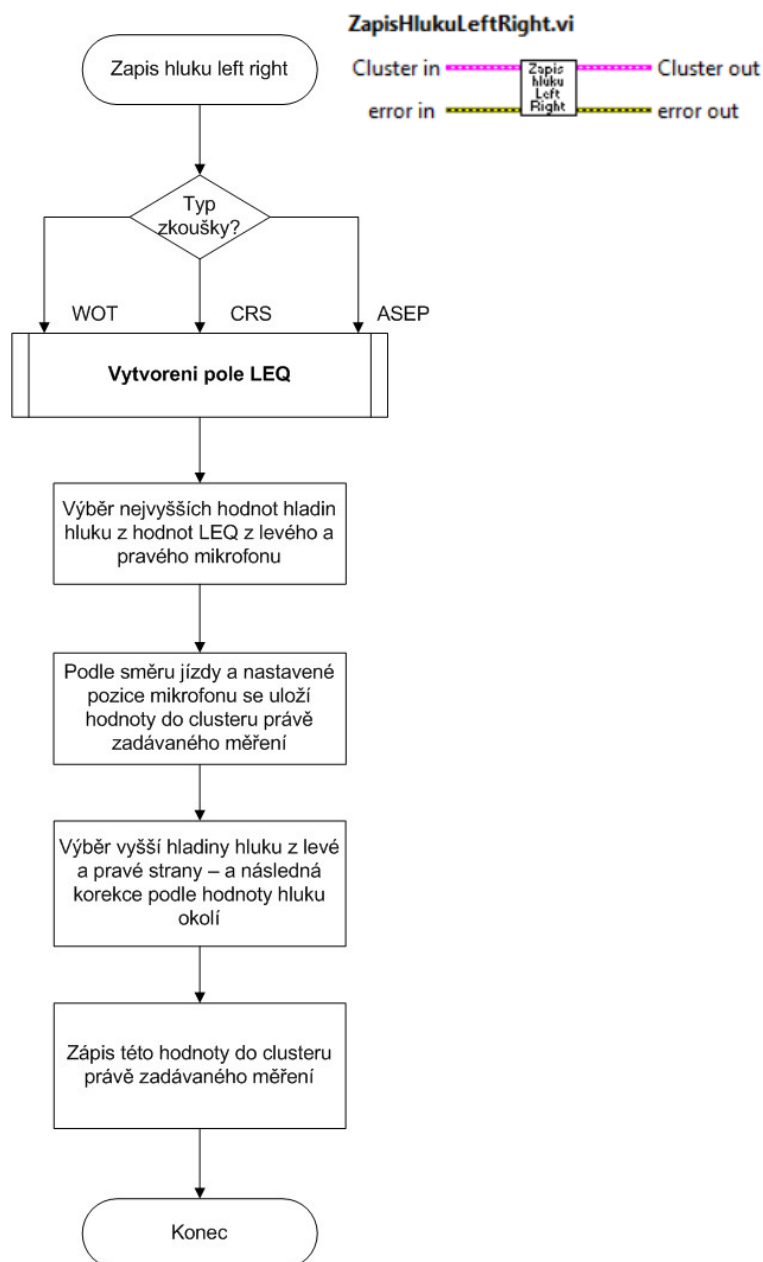
$$L_{wot} = L_{\max L,R} - L_{korekce} \quad [\text{dB}] \quad (5.2)$$

Kde:

L_{wot} - Hladina akustického tlaku při WOT testu [dB]

$L_{\max L,R}$ - Maximum z hladiny akustického tlaku při WOT testu z levého a pravého mikrofonu [dB]

$L_{korekce}$ - Korekční hodnota akustického tlaku [dB]



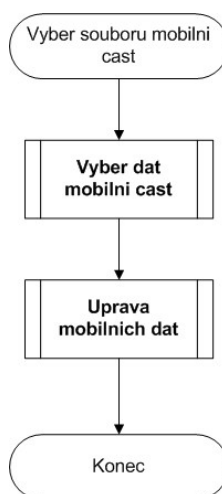
Vývojový diagram 22: Zapis hluku left right - VI

Dalším stavem je *Vyber souboru mobilni cast.*

5.3.8 Kapitola věnovaná výběru souboru s daty z mobilní části a výpočtu dat

Výběr souboru mobilní část

V tomto stavu se nacházejí dvě VI. Nejdříve uživatel vybere data z mobilní části, která se převedou na jiný formát, a poté proběhne kontrola správnosti. Dále se data upravují tak, aby jejich vzorkovací frekvence odpovídala vzorkovací frekvenci dat stacionární části. Podle správnosti dat se poté přejde na další stav.



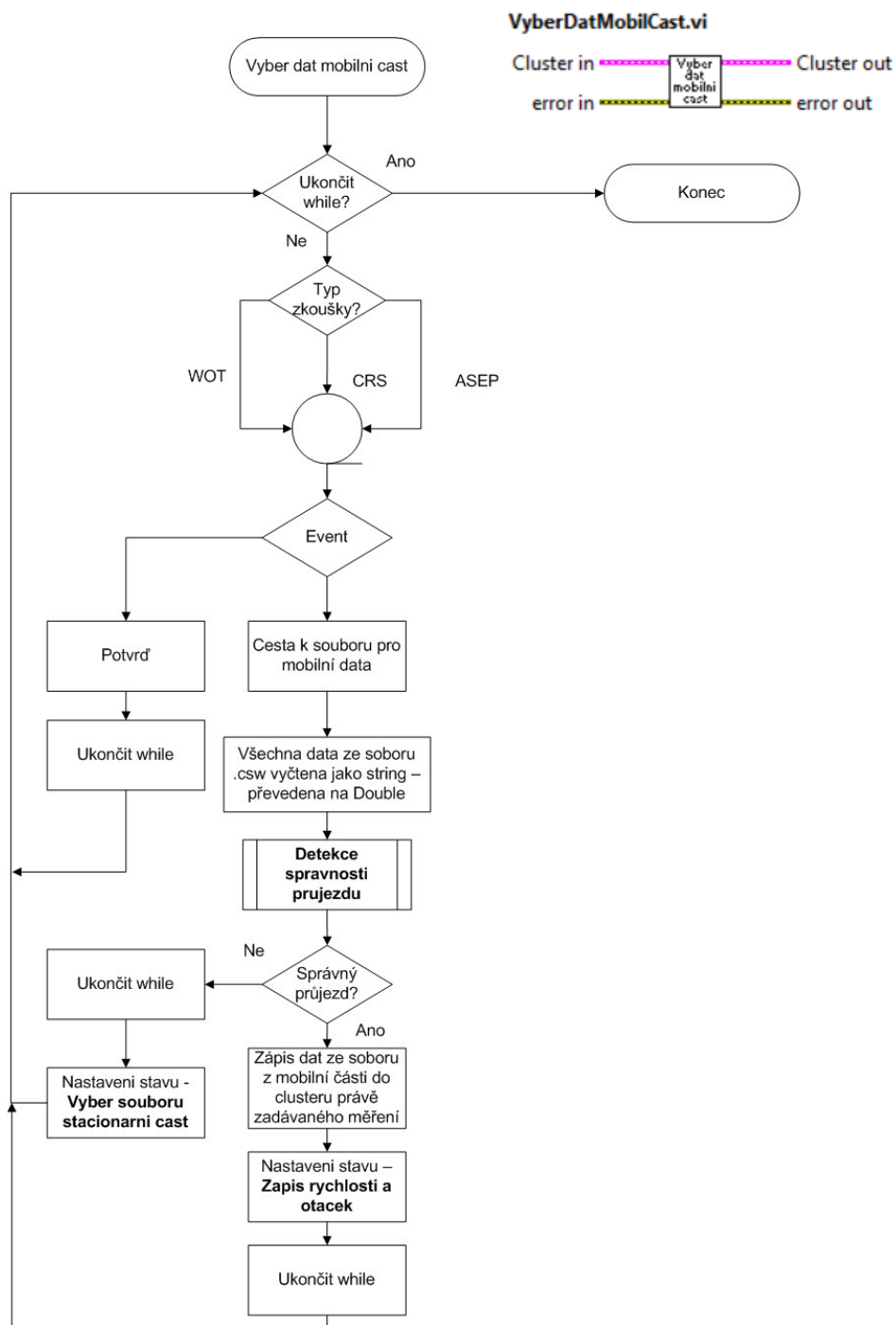
Vývojový diagram 23: Vyber souboru mobilni cast – stav

Výběr dat z mobilní části

Vývojový diagram tohoto VI je k vidění na další straně.

Jedná se opět o stavový automat, který reaguje na ovládací prvky uživatele. Zároveň se určuje, jak se provede celé VI podle zadaného typu zkoušky. Pokud uživatel vybere soubor s daty z mobilní části, tak se nejdříve všechny hodnoty převedou ze string na double. Hlavička souboru se ořízne (hlavička je v clusteru měření po celou dobu vyhodnocování dostupná, jako pole string), a pokud se detekuje správný průjezd, tak se hodnoty uloží do clusteru měření. Na detekci správnosti průjezdu je tu samostatné VI.

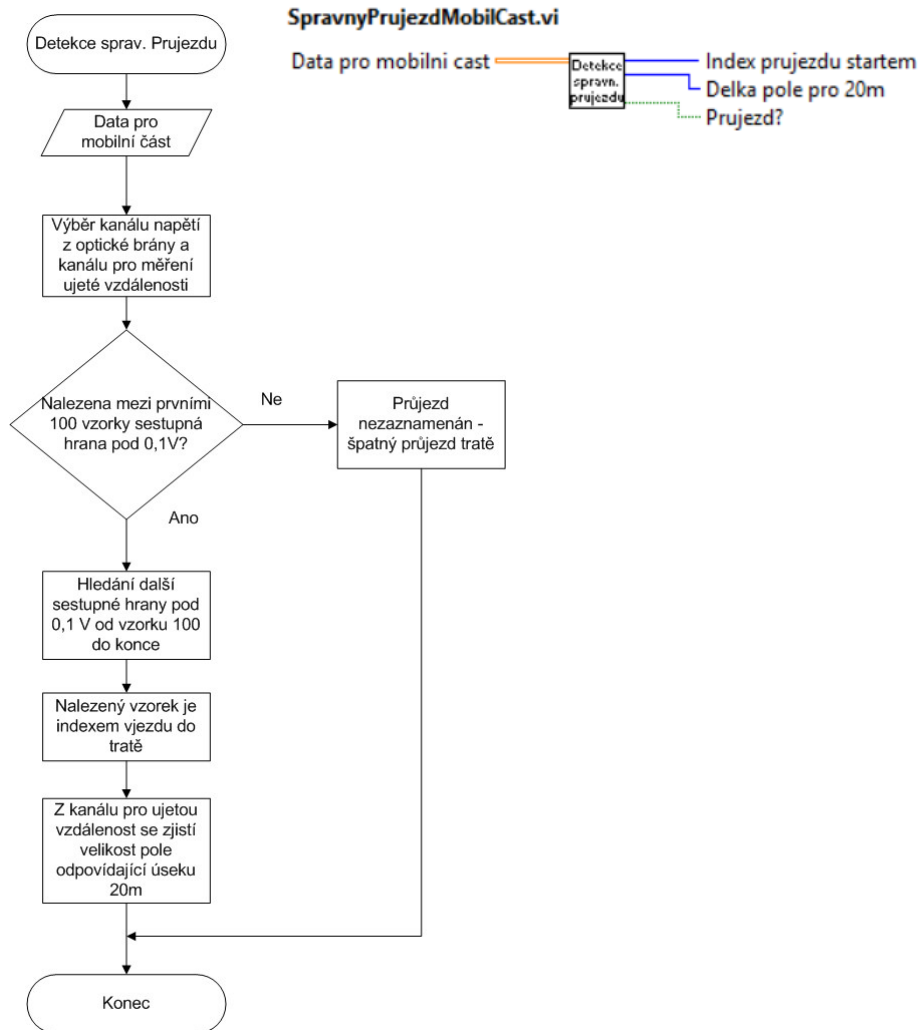
Pokud je průjezd špatný – nezaznamená se průjezd kolem první odrazky na zemi, vrátí se program zpět na stav *Vyber souboru stacionarni část*. Pokud totiž nejsou platná mobilní data, tak je potřeba nahrát i jiná data stacionární části, neboť tato dvojice k sobě „patří“.



Vývojový diagram 24: Vyber dat mobilni cast – VI

Pokud je průjezd správný, tak se po tomto stavu přejde na stav *Zapis rychlosti a otacek* viz str. 111.

Detekce správného průjezdu tratě



Vývojový diagram 25: Detekce sprav. prujezdu -VI

Toto VI slouží, jak již bylo řečeno, pro vyhodnocení správnosti průjezdu motocyklu skrz testovací trať. Na začátku tratě jsou dvě odrazky za sebou. RaceTechnology spouští záznam a začíná ukládat do souboru data od průjezdu kolem první odrazky. Skutečný začátek trati je ale až u té druhé, viz Obrázek 13: Situační schéma navrhovaného systému. Pokud by se nezaznamenal průjezd kolem první odrazky, tak je možné to, že by se záznam spustil až po projetí kolem druhé odrazky a to už by mohla chybět důležitá data.

V tomto VI se prvně vybere ze souboru .csv ten sloupec, v kterém je uloženo napětí z optické brány a ujetá vzdálenost. Poté se mezi prvniimi 100 vzorky hledá sestupná hrana pod 0,1 V, která značí první odrazku. Pokud je nalezena, hledá se další sestupná hrana, která značí druhou odrazku. Při nalezení druhé hrany se uloží číslo řádku ve sloupci a to je index vjezdu do trati. Dále se vypočte úsek 20 m a to tak, že od indexu vjezdu do trati program sčítá, ze sloupce pro ujetou vzdálenost, řádek po řádku. Jakmile je načtena délka 20 m, uloží se do

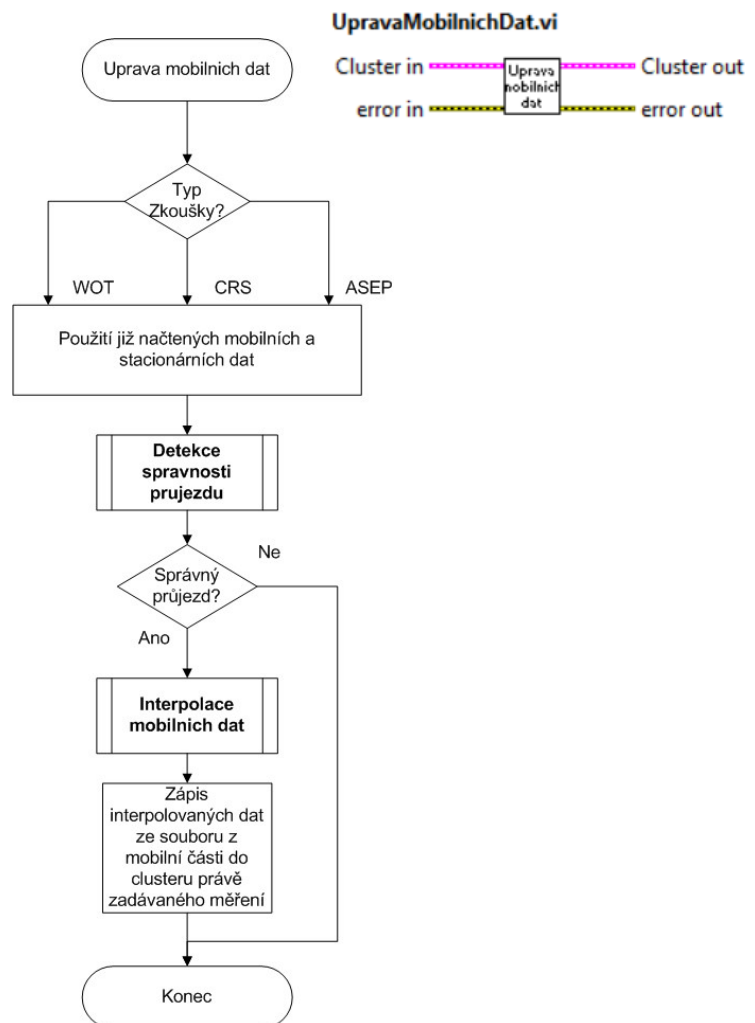
MainClusteru číslo vyjadřující počet řádku pro 20 m – délka testovací trati – délka pole pro výběr dalších parametrů.

Výstupem je tedy platnost průjezdu, délka pole pro 20 m úsek a index průjezdu startem.

Úprava mobilních dat

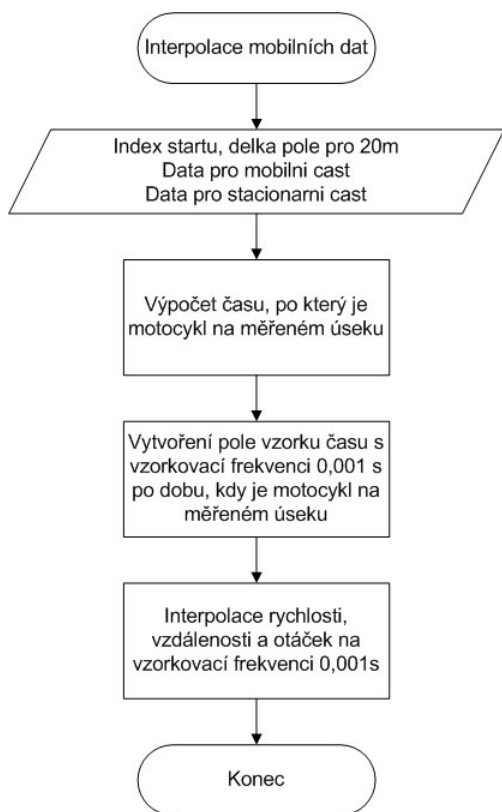
VI – *Uprava mobilnich dat* slouží pro interpolaci dat z mobilní části. VI pro interpolaci je uvnitř tohoto VI. Interpolace je potřeba z důvodu toho, že data z mobilní části mají menší vzorkovací frekvenci (1 kHz), než data z části stacionární (51,2 kHz). Důvody pro to jsou: přesnější vyhodnocení výsledků a možnost doplnit vyhodnocovací SW o tvorbu grafů závislosti měřených veličin obou částí.

Opět se ve VI zjišťuje, jakého měření se načítání dat týká. Podle toho se vybere příslušný case. Dále se opět detekuje správný průjezd viz str.109. Pokud je průjezd správný přejde se na samotné VI pro interpolaci dat a poté se provede zápis těchto dat do clusteru daného typu měření.

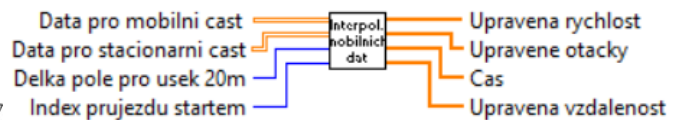


Vývojový diagram 26: Uprava mobilních dat – VI

Interpolace mobilních dat



InterpolaceMobDat.vi



Vývojový diagram 27: Interpolace mobilních dat - VI

VI *Interpolace mobilních dat* má na vstupu přivedené: Index startu, délka pole pro 20m a data pro mobilní i stacionární část.

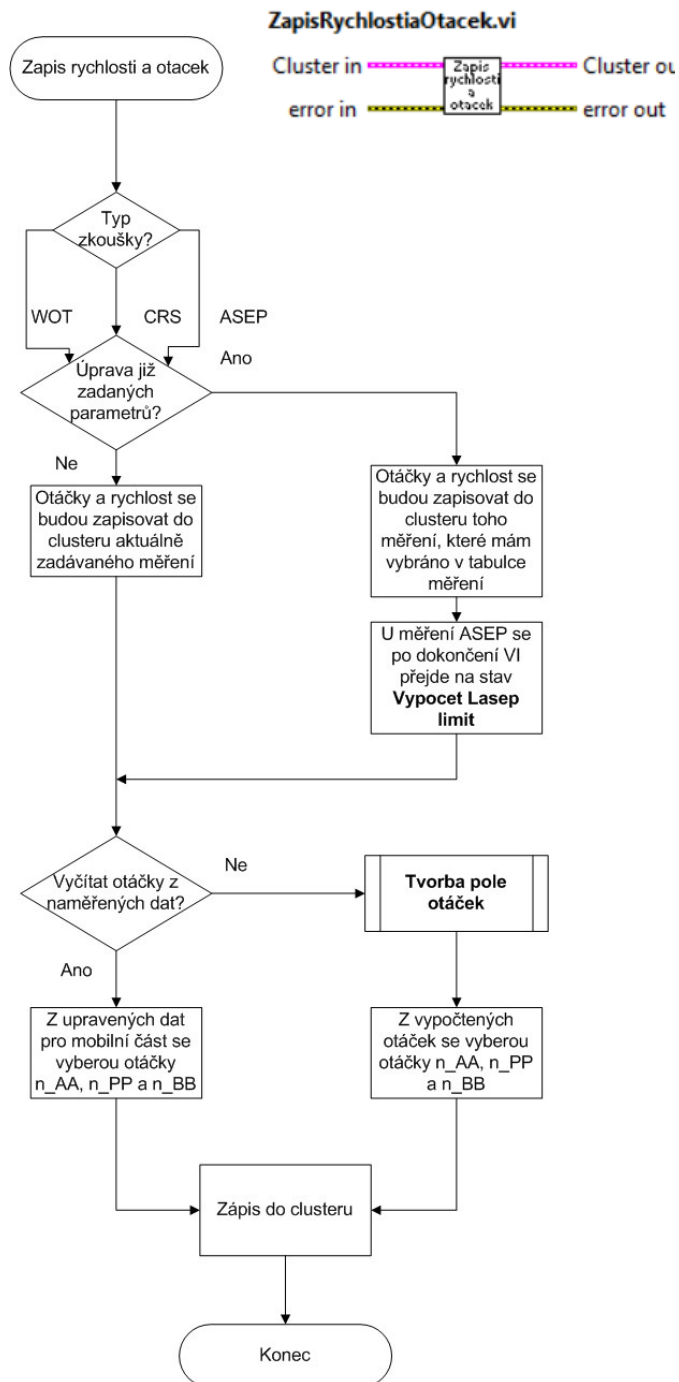
Nejdříve se z dat mobilní části zjistí čas, který motocykl stráví na trati. Tento čas se poté vydělí vzorkovací frekvencí dat na stacionární části. Tím je vytvořené pole vzorků času, ke kterým je potřeba vytvořit vzorky rychlosti, vzdálenosti a otáček. To se provede v bloku pro vytvoření interpolačních dat - toolkit Mathematics v LV.

Upravená data se následně uloží do *MainClusteru*. Poté se přejde na stav *Zapis rychlosti a otáček*. V tomto stavu se nacházejí dvě VI. První z nich je *Zapis rychlosti a otacek* a druhé *Vypocet a_wot*.

Zápis rychlosti a otáček

V tomto VI se nejdříve podle typu testu otevře příslušný case. Poté se zjistí, zda probíhá úprava parametrů nebo jde o nově zadané měření. Podle toho se musí zapsat hodnoty otáček a rychlosti na správné místo do pole clusteru daného typu měření. Pokud se upravují parametry, tak u typu měření ASEP se po dokončení celého stavu přejde na stav *Vypocet L_{asep} limit* viz str. 119 a poté na *Zapis hodnot do tabulky vysledku* viz str. 115.

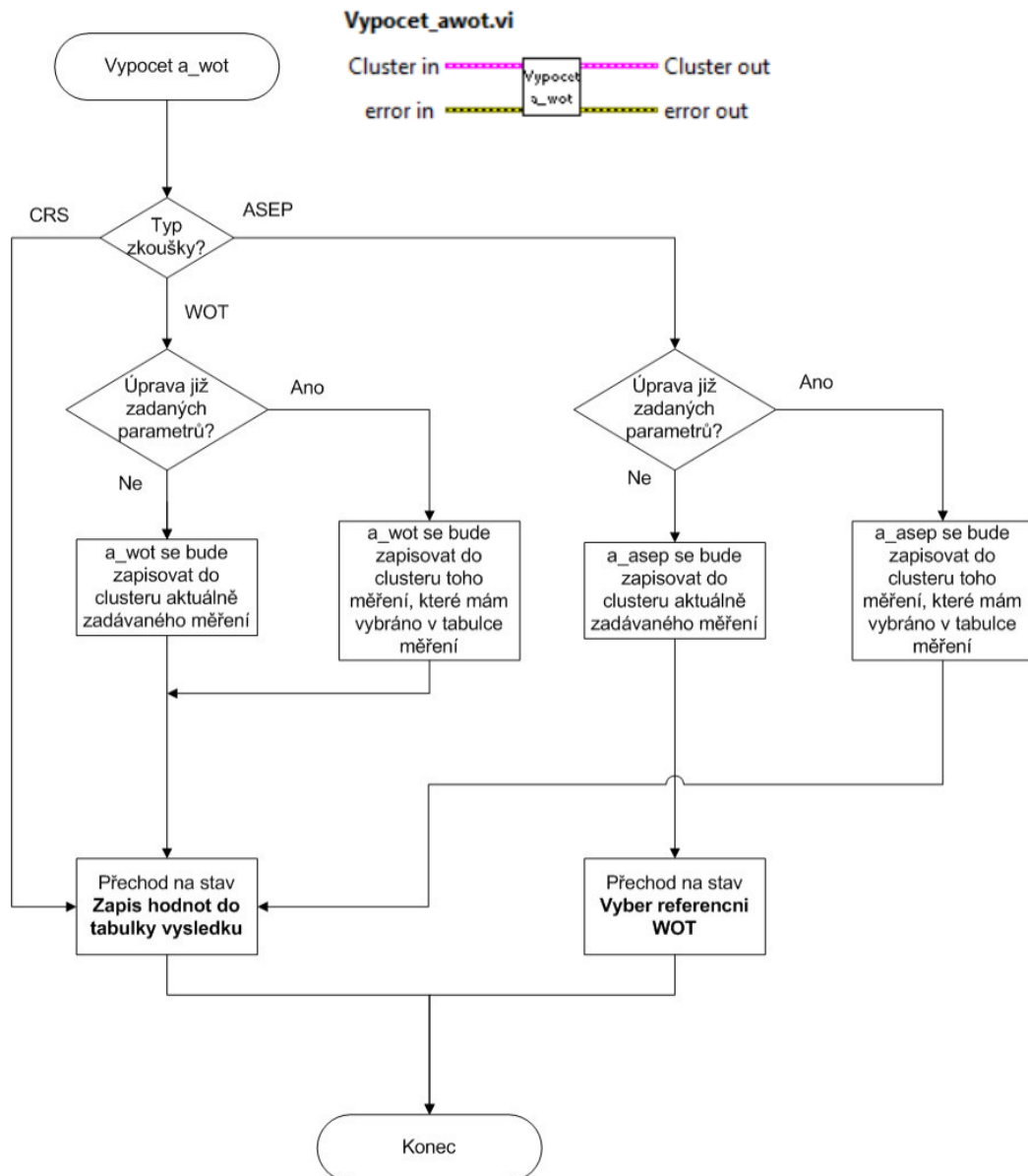
Následně se (podle toho jaký zdroj otáček se na začátku měření vybral) zapíší otáčky motoru do clusteru měření. Po tomto VI následuje VI – *Vypocet a_wot* viz str. 113.



Vývojový diagram 28: Zapis rychlosti a otacek - VI

Rychlost a otáčky na liniích AA', PP', BB' se zjišťují z clusteru pro surová data, kde se data z mobilní části nacházejí. Lehce lze vybrat počáteční, prostřední a cílové hodnoty. Pokud uživatel vybral výpočet otáček, tak je zde VI *Tvorba pole otacek*, které tento přepočítání provede.

Výpočet a_wot



Vývojový diagram 29: Vypocet a_wot – VI

Toto VI se uplatní pouze u typu měření WOT a ASEP. Opět se zde zjistí, zdali se upravují parametry měření nebo se zadává měření nové.

U WOT se z dostupných dat vypočítá zrychlení podle rovnice (1.7) a uloží se do clusteru měření. Poté se přejde na stav *Zapis hodnot to tabulky vysledku* viz str. 115.

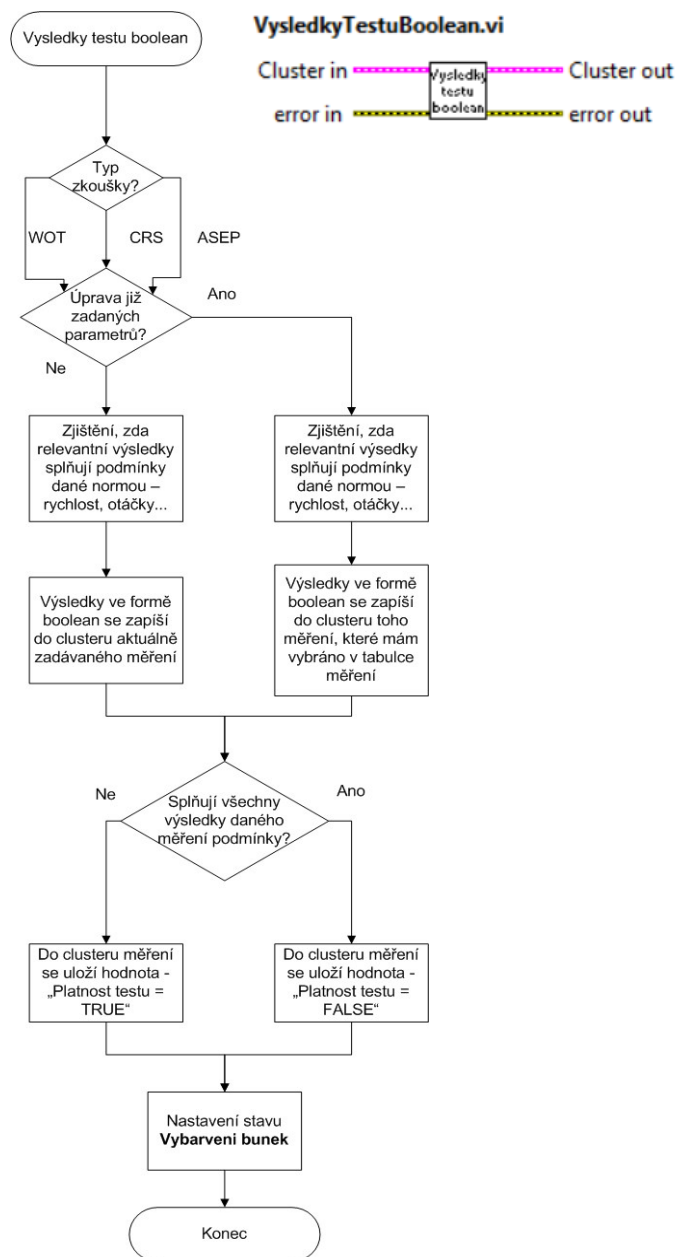
Měření ASEP by tu v zásadě nemuselo ani být, protože v normě není žádná hodnota zrychlení u tohoto typu měření požadována, ale funkci jsem zde ponechal. Po výpočtu se u měření ASEP podle toho, zda se parametry upravují nebo ne, nastaví další stav.

5.3.9 Porovnání vypočtených a zjištěných hodnot s hodnotami v normě.

VI níže se nachází ve stavu *Vysledky testu boolean*.

Zápis výsledků ve formě boolean hodnot

VI *Vysledky testu boolean* slouží k tomu, aby do clusteru měření uložilo informaci o platnosti hodnot daných normou a poté o platnosti celého testu ve formě boolean hodnot. Jednoduše se tedy porovnávají vypočtená a zjištěná data s těmi, která udává norma. Pokud tedy měření splní všechny dané podmínky ponese si s sebou dále informaci ve formě boolean o tom, že je platné. To se dále využije pro rozlišování toho, zda se má, či nemá přidat měření do reportu apod. Následně se přejde do stavu *Vybarvení bunek* viz str. 116.

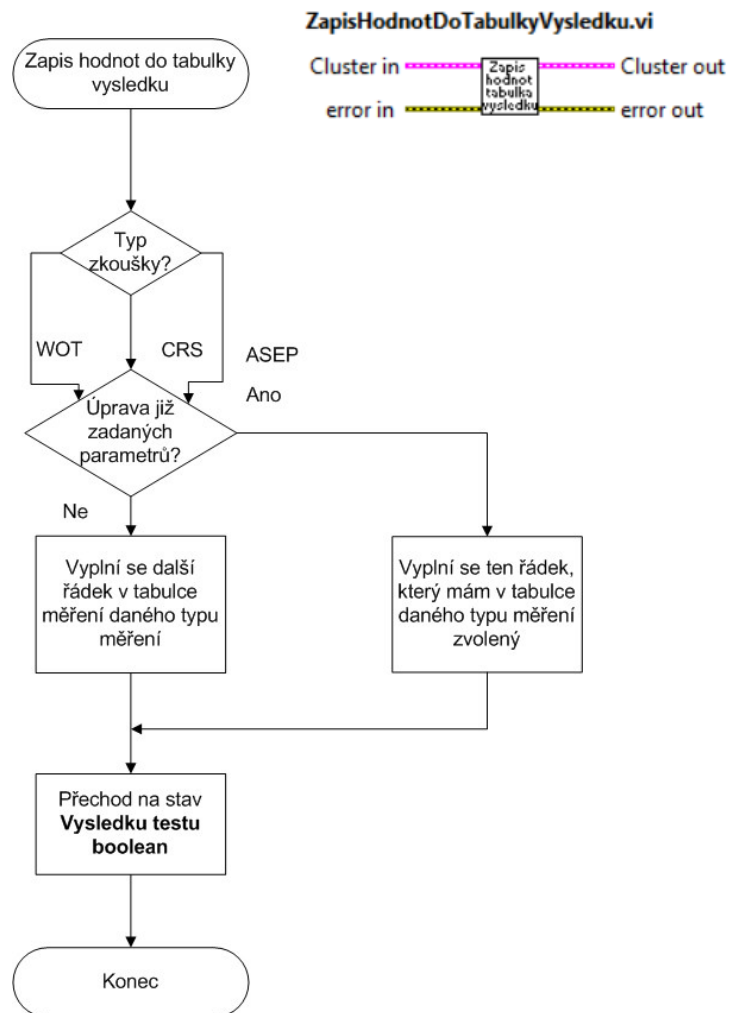


Vývojový diagram 30: Vysledky testu boolean - VI

5.3.10 Kapitola věnovaná prezentaci výsledků

V této kapitole se nachází soubor několika VI, které slouží pro zobrazení zadaných, vypočtených a naměřených dat uživateli. Nacházejí se ve stejnojmenných stavech.

Zápis hodnot do tabulky přidáných měření

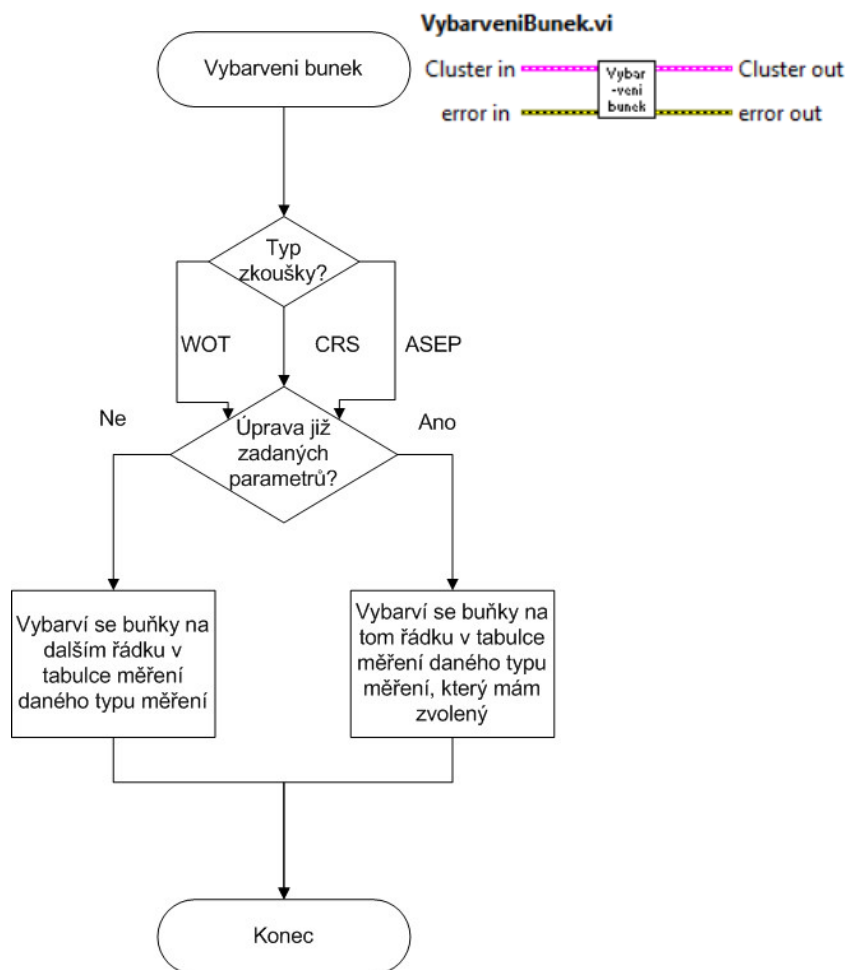


Vývojový diagram 31: Zapis hodnot do tabulky vysledku - VI

V tomto VI se vyplní všechny sloupce přidáného nebo upravovaného měření v tabulce přidáných měření dle typu měření na hlavní obrazovce viz str.66. Poté se přejde na stav *Vysledky testu boolean* viz str.114.

Vybarvení buněk

VI, slouží pro vybarvení buněk v tabulce přidanych měření. Vybarvují se pole s těmi hodnotami, které se vyhodnotily ve VI *Vysledky testu boolean*. Zelenou barvou se obarví platné buňky a červenou neplatné. Základem VI je opět sestava case struktury, kde se rozhoduje do jaké tabulky se má zapisovat a pak to, zdali se jedná o úpravu již zadaného měření nebo o nově přidané měření.



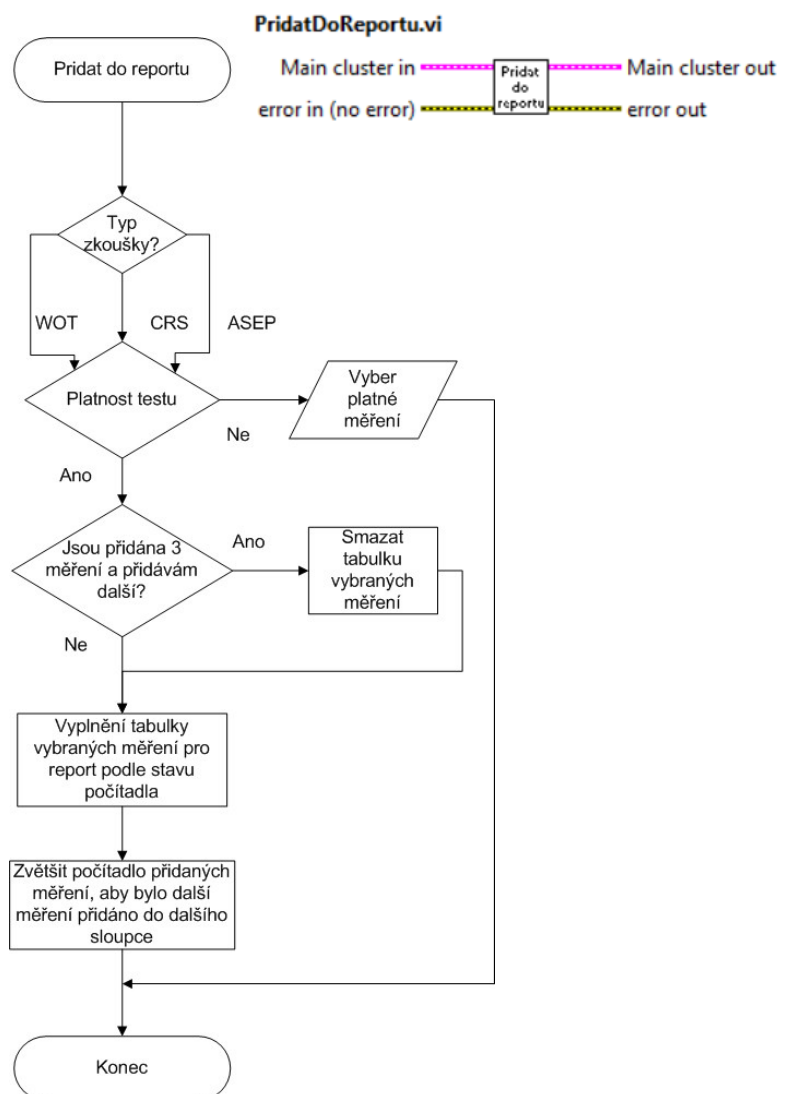
Vývojový diagram 32: Vybarvení bunek – VI

Přidání měření do tabulky pro report

Toto VI slouží pro plnění tabulky vybraných měření pro report. Na začátku se zjistí, zda je měření, které chce uživatel přidat platné. Pokud není, objeví se hláška „Vyber platné měření“. Pokud ano, zjistí se, zda je tabulka měření již naplněná nebo ne. Pokud ano smaže se a toto přidávané měření se zapíše na první místo.

Tabulka se vyplňuje po sloupcích – jeden sloupec = jedno měření. Zde se počítají i průměrné hodnoty otáček, rychlost apod. ze tří měření, které se dále používají pro vyplnění hodnot v reportu.

VI má pro každý typ testu odlišný obsah – vyplňuje jiné buňky v poli, nicméně funkce je stejná.

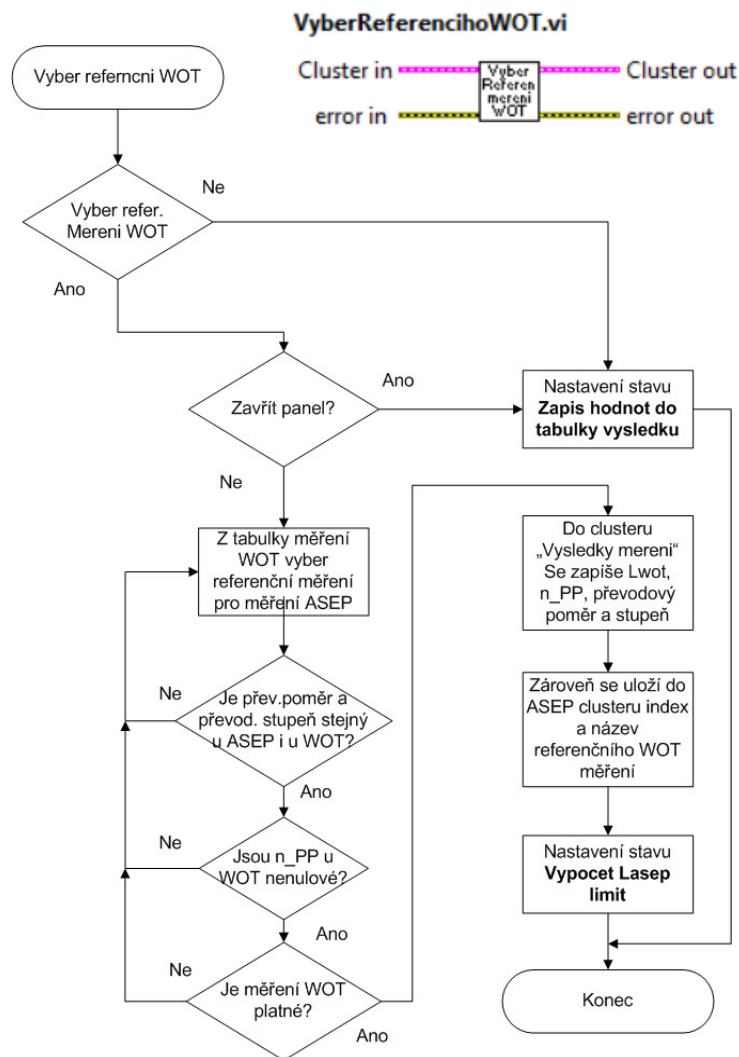


Vývojový diagram 33: Pridat do reportu – VI

5.3.11 Kapitola věnovaná VI pro zkoušku typu ASEP

Typ ASEP má mírně odlišný výpočet hodnot než WOT a CRS. Ve vyhodnocovacím SW má dva samostatné stavy, které se používají jen pro tento typ (*Vypocet LAsep limit a Vyber referencni WOT*)

Vyber referenčního WOT



Vývojový diagram 34: Vyber referencni WOT - VI

VI pro výběr referenčního měření WOT se uplatňuje pouze pro test ASEP. Přejde se na něj po výpočtu zrychlení a_{wot} viz str. 113 nebo při dodatečné úpravě, kdy si uživatel sám zvolí, že chce do měření doplnit referenční WOT test - v tabulce přidaných měření ASEP.

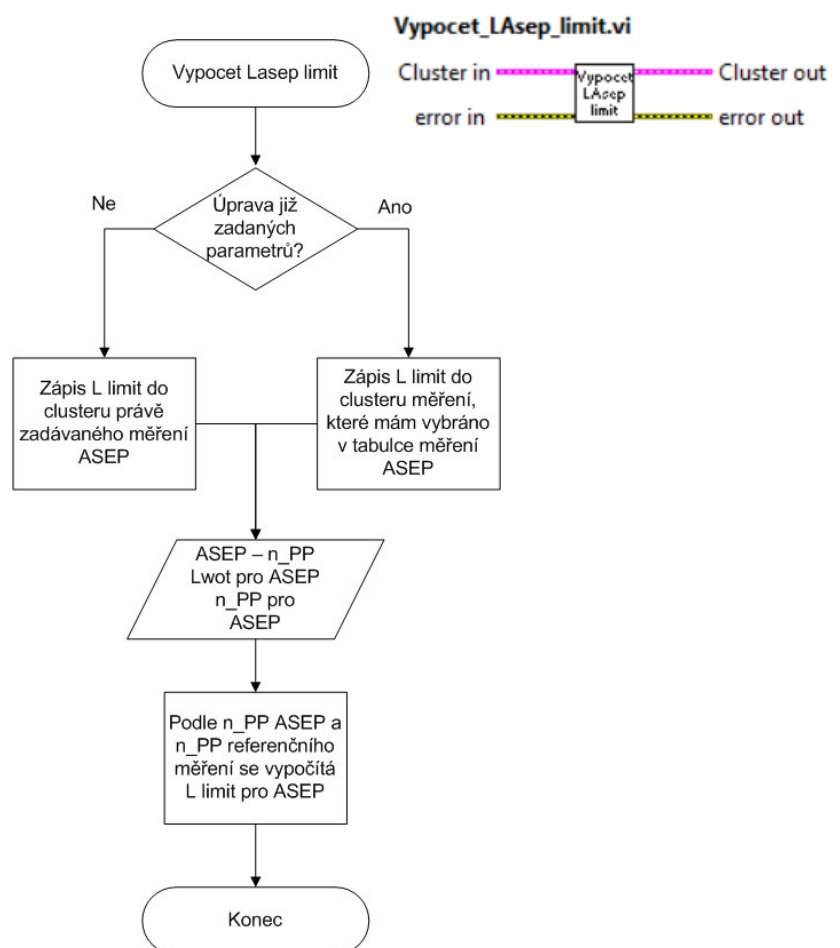
Pro přidání referenčního měření je nutné zjistit, zda je shodný převodový stupeň a převodový poměr s měřením ASEP. Dále je nutné zjistit, zda požadované měření WOT má

uložené otáčky n_{PP} , zjištěnou hodnotu L_{WOT} a zdali je měření platné. Pokud ano, zapíší se tyto data do pomocného clusteru. Zároveň se do clusteru s ASEP měřením uloží index přidávaného měření WOT a jeho název.

S těmito hodnotami již lze spočítat L_{asep_limit} a tím pádem vyhodnotit, zda je měření ASEP platné nebo ne. Proto se pak přejde na stav *Vypocet Lasep limit*.

Výpočet Lasep limit

V tomto VI se nejdříve opět vyhodnotí, zda jde o úpravu stávajícího měření nebo přidání nového. Pomocí hodnot z referenčního měření WOT (L_{wot} pro ASEP, n_{PP} pro ASEP) a hodnot z měření ASEP (n_{PP} ASEP) se vypočte L_{asep_limit} podle rovnice (1.12) nebo (1.13). L_{asep_limit} se následně uloží do *MainCluster*.



Vývojový diagram 35: Vypocet Lasep limit - VI

Závěr

V úvodní a teoretické části práce jsem sepsal nejdůležitější body normy ECE R41.04, sepsal jsem nejdůležitější požadavky na techniku, měřicí stanoviště i okolní podmínky a vypsals hlavní používané vzorce a výpočty.

Dále jsem uvedl dva hlavní dodavatele komerčních a kompletních systémů pro měření hluku motocyklu – Siemens a B&K a popsal jsem jejich metody měření, z kterých se samozřejmě dalo inspirovat při sestavování vlastní měřicí aparatury a i při vyhodnocování naměřených dat.

Zbytek práce byla část praktická a začala ve chvíli, kdy bylo potřeba si stanovit, jak a pomocí čeho se bude testovací aparatura skládat. Zároveň se muselo rozhodnout, od jakého výrobce se nakoupí komponenty pro sestavení aparatury. Zde padlo rozhodnutí na anglického výrobce a to firmu Race Technology. Pořízené komponenty jsem v této části podrobněji popsal a zdůraznil jejich nejdůležitější parametry pro naše účely. Následně jsem mohl vytvořit blokové a situační schéma měřicí aparatury potažmo testovací trati. Po pořízení aparatury bylo nutné ji vyzkoušet a přijít na řadu potíží, které s tím souvisely. Velký problém bylo přijít např. na to, při jakých podmínkách má měřicí aparatura na mobilní části začít logovat data a kdy skončit. To co měly produkty od Race Technology dělat častokrát vůbec nefungovalo.

V další části jsem měl za úkol vytvořit simulaci jízdy motocyklu skrz testovací trať a to z důvodu toho, aby bylo možné předem říci, na jaký převodový stupeň a jakou nájezdovou rychlostí vjet s motocyklem do testovací tratě. Simulace probíhala v prostředí Matlab a Simulink. Součástí je popis uživatelského rozhraní a popis výpočtů. Po reálném změření lze zpětně říci, že simulace celkem přesně dokáže spočítat, s jakými vstupními hodnotami se musí do tratě vjet. Simulace je volně a lehce modifikovatelná pro jakýkoliv typ motocyklu, stačí upravit vstupní parametry jako váha, výkon atd.

Předposlední a zároveň největší část jsem věnoval popisu a vysvětlení vytvořeného SW v prostředí NI LabView. Vytvoření vyhodnocovacího SW mi trvalo nejvíce času z této práce. V úvodu této části jsem popsal vytvořené uživatelské rozhraní, které je samozřejmě součástí programu a v zásadě je pro uživatele nejdůležitější. Dále jsem do práce vložil příklad vytvořeného reportu z měření, který je vlastně hlavním hmatatelným výstupem.

Zbytek práce byl věnován popisu samotného programu. Popis je tvořen sestavou nejdůležitějších vývojových diagramů a komentářů, z kterých by mělo být jednodušší pochopit to co se vlastně děje na pozadí celé aplikace.

Do poslední části jsem vložil fotky z měření, které proběhlo v polovině roku 2018, a ze kterého jsem mohl použít naměřená data pro tvorbu svého SW. Při reálném měření jsme samozřejmě přišli na řadu problémů a omezení, s kterými jsme dříve nepočítali.

Největším problémem celé práce bylo to, že celá aparatura se nacházela ve firmě Jawa a tedy v Týnci nad Sázavou, kam jsme se s vedoucím práce museli přesouvat. Bylo to tím pádem časově a organizačně náročnější.

Seznamy

Seznam použité literatury

- [1] Proposal for the 04 series of amendments to Regulation No. 41 (Noise emissions of motorcycles). R41.04. Geneva: Economic Commission for Europe, 2011.
- [2] BRESS, Thomas J. Effective labview programming. Allendale, NJ, 2013. ISBN 19 - 348 - 9108 - 8.
- [3] Community.PLM [online]. [cit. 2018 - 12 - 10]. Dostupné z: <https://community.plm.automation.siemens.com/t5/Simcenter - Blog/Interior - and - exterior - pass - by - noise - PBN - testing - covered/ba - p/386205>
- [4] Siemens automation PLM [online]. [cit. 2018 - 12 - 10]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/products/simcenter/simcenter - physical - testing.html>
- [5] Brüel & Kjør [online]. [cit. 2019 - 05 - 08]. Dostupné z: <https://www.bksv.com/en/>
- [6] *CDAQ - 9137* [online]. [cit. 2019 - 05 - 09]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/psp/app/doc/p/id/psp - 1221/lang/cs>
- [7] WL100L - F2131 [online]. [cit. 2019 - 05 - 09]. Dostupné z: <https://www.sick.com/de/en/w100 - laser/wl100l - f2131/p/p221851>
- [8] WL100L - F2131 [online]. [cit. 2019 - 05 - 09]. Dostupné z: <https://www.sick.com/de/en/w100 - laser/wl100l - f2131/p/p221851>
- [9] *RaceTechnology - hardware* [online]. [cit. 2019 - 05 - 09]. Dostupné z: <https://www.race - technology.com/wiki/index.php/Hardware>
- [10] DA - 1000 - J19 [online]. [cit. 2019 - 05 - 09]. Dostupné z: http://www.cincoze.com/goods_info.php?id = 62
- [11] Kinematika [online]. Zlín [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Nákres testovací dráhy	11
Obrázek 2: Tolerance přesnosti pro měřící mikrofony	12
Obrázek 3: Měřící aparatura Siemens – track based [3]	22
Obrázek 4: LMS SCADAS mobile 01 [3]	23
Obrázek 5: Track based systém [3]	23
Obrázek 6: Vehicle based systém [3]	24
Obrázek 7: Siemens Driver's aid [3]	25
Obrázek 8: Jednotlivé zdroje hluku a jejich příspěvky na celkový hluk [3]	26
Obrázek 9: Průběhy hluku jednotlivých zdrojů v závislosti na ujeté vzdálenosti [3]	27
Obrázek 10: Systém pass by noise Brüel & Kjær – multi vehicle [5]	29
Obrázek 11: Schéma multi - vehicle systému [5]	30
Obrázek 12: SW pro zobrazení výsledků a nastavení hodnot vozidla [5]	31
Obrázek 13: Situační schéma navrhovaného systému	33
Obrázek 14: Část stacionární měřící aparatury	34
Obrázek 15: NI cDAQ - 9133 [6]	35
Obrázek 16: Reflexní závora WL100L - F2131 [7]	36
Obrázek 17: Rozměry a způsob uchycení [8]	36
Obrázek 18: Mikrofon a předzesilovač Brüel & Kjær [5]	37
Obrázek 19: Schéma zapojení mobilní aparatury [9]	39
Obrázek 20: Přední a zadní panel Speedbox [9]	40
Obrázek 21: Umístění DASHPRO na motocyklu	42
Obrázek 22: Přednastavené zobrazení 1 z 5. [9]	42
Obrázek 23: Způsob uchycení displeje [9]	43
Obrázek 24: Přední a zadní panel DL2 [9]	44
Obrázek 25: Cincoze DA - 1000 - J19 [10]	46
Obrázek 26: Měřící kufr - mobilní část	47
Obrázek 27: Uchycení měřícího kufru na motocyklu	47
Obrázek 28: RaceTechnology Analysis	49
Obrázek 29: Export dat z mobilní části do formátu csv	50
Obrázek 30: Adresář simulace	52
Obrázek 31: Schéma modelu simulace - Simulace_Jawa1.mdl	53
Obrázek 32: Report simulace	56

Obrázek 33: Vstupní parametry pro tvorbu simulace	61
Obrázek 34: Výsledek simulace, 3. stupeň, $v_{AA} = 42$ km/h, $m = 245$ Kg	62
Obrázek 35: Výsledek simulace, 3. stupeň, $v_{AA} = 42$ km/h, $m = 235$ Kg	62
Obrázek 36: Hlavní obrazovka	66
Obrázek 37: Zadání parametrů motocyklu WOT	67
Obrázek 38: Okno pro zadání průměru kola a přev. poměru.....	68
Obrázek 39: Vložení souboru s hlukem okolí	69
Obrázek 40: Vložení souboru s daty ze stacionární části	69
Obrázek 41: Vložení souboru s daty z mobilní části	69
Obrázek 42: Hlavní obrazovka – zadané měření	70
Obrázek 43: Výběr referenčního měření WOT	72
Obrázek 44: Záložka výsledky	73
Obrázek 45: Struktura projektu v LV	76
Obrázek 46: Struktura SW	78
Obrázek 47i: Block diagram stavu Vyber hluku okolo	81
Obrázek 48: Struktura clusteru pro měření WOT.....	82
Obrázek 49: Část MainClusteru.....	83
Obrázek 50: Block diagram Timeout - event.....	85
Obrázek 51: Vytvoření pole LEQ - VI	104

Seznam vývojových diagramů

Vývojový diagram 1: SW pro sběr dat na stacionární části.....	38
Vývojový diagram 2: Základní struktura 1. část.....	79
Vývojový diagram 3: Základní struktura 2. Část.....	80
Vývojový diagram 4: Event struktura.....	84
Vývojový diagram 5: Timeout - event.....	86
Vývojový diagram 6: Menu selection - event.....	87
Vývojový diagram 7: Menu pro tabulku měření – event.....	89
Vývojový diagram 8: Report výsledků - event.....	91
Vývojový diagram 9: Vyčištění tabulek pro report - event	92
Vývojový diagram 10: Case Init	93
Vývojový diagram 11: Shoda zkousky – VI.....	94
Vývojový diagram 12: Kopie vlastnosti – VI.....	95
Vývojový diagram 13: Zadani parametru – VI.....	96

Vývojový diagram 14: Zvýšení indexu a zápis ID – VI.....	97
Vývojový diagram 15: Výběr hluku okolí - stav	98
Vývojový diagram 16: Vyber okolního hluku tdms – VI.....	99
Vývojový diagram 17: Sloučení dat kanálu – VI	100
Vývojový diagram 18: Detekce průjezdu – VI.....	101
Vývojový diagram 19: Zápis max okolního hluku – VI.....	102
Vývojový diagram 20: Vytvoření pole LEQ – VI	103
Vývojový diagram 21: Vyber souboru stat.cast - stav	105
Vývojový diagram 22: Zápis hluku left right - VI.....	106
Vývojový diagram 23: Vyber souboru mobilni cast – stav	107
Vývojový diagram 24: Vyber dat mobilni cast – VI	108
Vývojový diagram 25: Detekce sprav. prujezdu -VI.....	109
Vývojový diagram 26: Úprava mobilních dat – VI	110
Vývojový diagram 27: Interpolace mobilních dat - VI.....	111
Vývojový diagram 28: Zápis rychlosti a otacek - VI.....	112
Vývojový diagram 29: Výpočet a_wot – VI.....	113
Vývojový diagram 30: Výsledky testu boolean - VI.....	114
Vývojový diagram 31: Zápis hodnot do tabulky výsledku - VI.....	115
Vývojový diagram 32: Vybarvení bunek – VI	116
Vývojový diagram 33: Přidat do reportu – VI.....	117
Vývojový diagram 34: Vyber referencni WOT - VI	118
Vývojový diagram 35: Výpočet Lasep limit - VI.....	119

Seznam tabulek

Tabulka 1: Korekce na hluk v pozadí	13
Tabulka 2: Zkratky.....	14
Tabulka 3: Podmínky ASEP	17
Tabulka 4: Limitní hodnoty hluku L_{urban}	20
Tabulka 5: Seznam komponent.....	32
Tabulka 6: Klíčové vlastnosti WL100L - F2131 [7]	36
Tabulka 7: Specifikace SPEEDBOX 1 [9]	40
Tabulka 8: Specifikace SPEEDBOX 2 [9]	41
Tabulka 9: Specifikace DASH4PRO [9]	43

Tabulka 10: Specifikace DL2 [9].....	45
Tabulka 11: Porovnání výsledků simulace s reálným měřením	64

Seznam příloh

Příloha A – foto z měření 27.8.2019.....	127
--	-----

Příloha A – foto z měření 27.8.2019









