

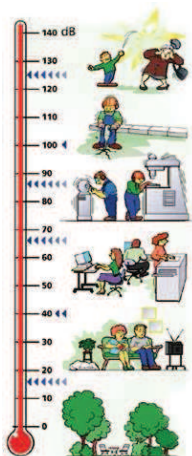
## Hlučnost povrchů pozemních komunikací

Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.  
Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.  
E-mail: [vitezslav.krivanek@cdv.cz](mailto:vitezslav.krivanek@cdv.cz)  
Mob.: +420 601 321 681

Únor – březen 2015

## Způsoby měření a hodnocení hlučnosti povrchů vozovek (úvod, legislativa, metody)

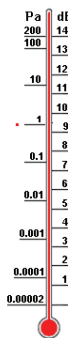
## Hluk - zvuk



▶ **Hluk - směs zvuků, mají proměnlivou hlasitost a kmitočet.**

▶ **Intenzita hluku se vyjadřuje v decibelech [dB]. Nárůst není symetrický jako jednotky hmotnosti, délky...**

▶ **Decibel je logaritmická veličina – nárůst hluku o 3 dB znamená zdvojnásobení objemu hluku. Při nárůstu o 10 dB je hluk desetinásobný, při nárůstu o 20 dB stonásobný. Pak rozdíl mezi 20 dB a 40 dB je mnohem menší, než rozdíl mezi 60 dB a 80 dB.**



## Legislativa – ochrana veřejného zdraví

- ▶ **Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.**
- ▶ **Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví v platném znění.**
- ▶ **Metodický návod Ministerstva zdravotnictví ČR pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí č.j. HEM-300-11.12.01-34065 ze dne 11. 12. 2001.**

## Hygienické limity

### ČR:

- ▶ Limity jsou stanoveny závazným právním předpisem a jsou pod sankcí právně vymahatelné.

### EU:

- ▶ Limity pro hluk z dopravy ve venkovním prostoru jsou doporučené, právně nevymahatelné, ale dodržované - používány pro územní plánování.

5

## Hygienické limity

- ▶ Imisní limity lze považovat za mez přijatelného rizika, nikoliv za bezpečný práh. Jsou určitým společenským kompromisem a jejich překročení neznamena akutní poškození zdraví.
- ▶ Rozhodování o limitu v rámci politického normativního procesu jen zčásti vychází z vědeckých podkladů, ale bere v úvahu i ekonomická omezení a sladění konkurujících si zájmů ve společnosti.

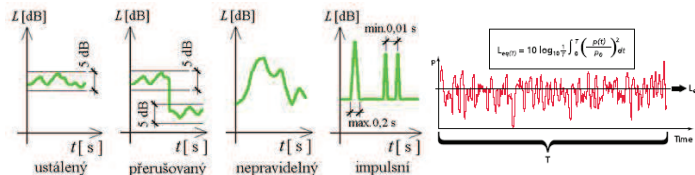
### Kompromis hledisek

- ▶ Ochrana veřejného zdraví
- ▶ Restrikce vůči provozovatelům zdrojů hluku
- ▶ Uvážení reálné situace
- ▶ Protihluková opatření technicky realizovatelná a finančně dostupná

6

## Hygienické limity ČR

- ▶ Ve smyslu platné legislativy je jediným závazným deskriptorem pro popis stavu akustické situace v území ekvivalentní hladina akustického tlaku A ( $L_{Aeq}$ ). Nejvyšší přípustné hodnoty hluku nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací stanoví se součtem základní hladiny hluk  $L_{Aeq,T} = 50\text{dB}$  a příslušné korekce pro denní nebo noční dobu a místo.



Průběh a trvání zvuku v čase -> definována ekvivalentní hladina akustického tlaku zvuku ustáleného, který by měl v daném časovém intervalu stejný energetický obsah jako daný zvuk proměnný a tedy i předpokládané stejné škodlivé účinky. Stanoví se jako energetický průměr z hladin akustického tlaku A vyskytujících se v daném intervalu.

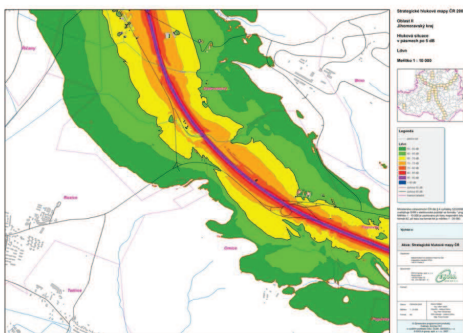
7

## Strategické hlukové mapování - legislativa

- ▶ Směrnice EU 2002/49/EC – o snižování hluku v životním prostředí.
- ▶ Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví v platném znění.
- ▶ Zákon č. 222/2006 Sb., o integrované prevenci v platném znění.
- ▶ Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 523/2006 Sb., o hlukovém mapování.
- ▶ Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj ČR č. 561/2006 Sb., o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku.

8

## Strategické hlukové mapování - výstupy



### Strategické hlukové mapy - Ministerstvo zdravotnictví

- ▶ [http://www.mzcr.cz/obsah/strategicke-hlukove-mapy\\_1070\\_5.html](http://www.mzcr.cz/obsah/strategicke-hlukove-mapy_1070_5.html)

### Akcční plány – Ministerstvo dopravy

- ▶ [http://www.mdcr.cz/cs/Strategie/Akcni\\_plany/akcni\\_plany.htm](http://www.mdcr.cz/cs/Strategie/Akcni_plany/akcni_plany.htm)

9

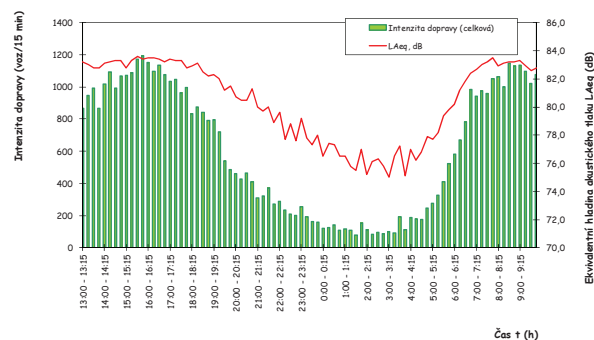
## Další

- ▶ BARTOŠ, L., Technické podmínky 189 – Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích (II. vydání), EDIP s.r.o. Plzeň, 2012, 76 s., ISBN 978-80-87394-06-9.
- ▶ BARTOŠ, L., Technické podmínky 225 – Prognóza intenzit automobilové dopravy (II. vydání), EDIP s.r.o. Plzeň, 2012, 28 s. 2012, ISBN 978-80-87394-07-6.
- ▶ KOZÁK, J., LIBERKO, M. Novela metodiky pro výpočet hluku ze silniční dopravy, Příloha zpravodaje Ministerstva životního prostředí, 1996, č.3, kap. Metodika měření hluku silniční dopravy, s. 11-16.
- ▶ LIBERKO, M., LÁDYŠ, L., Výpočet hluku z automobilové dopravy, Manuál 2011, Enviconsult Praha, Ekola group, s.r.o., Praha 2011, 79 s.
- ▶ Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb, ze dne 1. 11. 2010 vydaný pod č.j. 62545/2010-OVZ-32.3-1. 11. 2010.
- ▶ Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí).

10

## Hygienická měření hluku

- ▶ ČSN ISO 1996-1 akustika, Popis a měření hluku prostředí, část 1: Základní veličiny a postupy, 2004.
- ▶ ČSN ISO 1996-2 akustika, Popis a měření hluku prostředí, část 2: Určování hladin hluku prostředí, 2009.



Časový průběh ekvivalentní hladiny akustického tlaku LAeq a intenzity dopravy  
km 195,5 D1

11

## Hygienická měření hluku



Ukázka měření dle ISO 1996-2.

12

## Nejistota měření

Jedná se o odhad intervalu hodnot přiřazený výsledku měření, o němž se tvrdí, že uvnitř leží správná hodnota.

### Nejistota a limit

- Použití dvou rozhodovacích limitů (horní a dolní)
- Použití jednoho rozhodovacího limitu (horní **nebo** dolní)



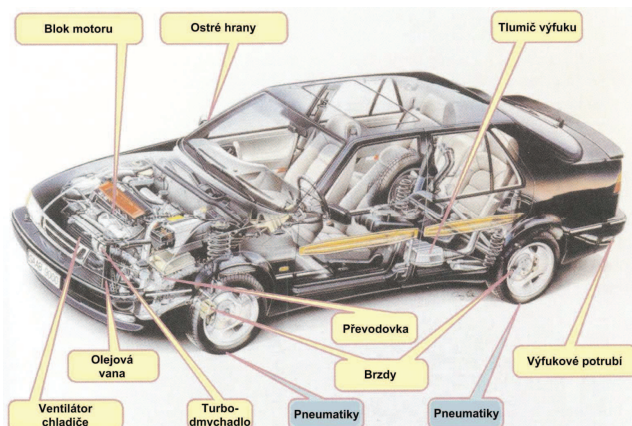
13

## Metody měření a hodnocení hlučnosti povrchů vozovek

Název metody	Princip metody
CB (Coast-By)	Testovací automobil s testovanými pneumatikami má mikrofon s motorem vypnutým při různých rychlostech. Obvykle se měří maximální hladina zvuku, pomocí regrese se zjišťuje hladina hluku pro referenční rychlosti (80 km/h pro osobní, 70 km/h pro nákladní).
CPB (Controlled Pass-By)	Dva vybrané automobily (jeden malý a jeden velký) s vybranými pneumatikami (na každé auto dvě sady) mají mikrofon se zapnutým motorem. Měří se maximální hladina hluku, dále se počítá průměrná hodnota pro konkrétní rychlosti.
OBSI (On Board Sound Intensity)	Podobná CPX metodě, používá však místo mikrofonů sondy akustické intenzity => není citlivá na okolní hluk, nepotřebuje speciální přívěs.
SPB (Statistical Pass-By)	Normální vozidla v dopravním proudu mají postranní mikrofon. Zjišťuje se typ vozidla, jeho rychlost a maximální hladina hluku. Za použití více než 100 osobních a 80 nákladních vozidel a následně regrese se počítá normalizovaná hladina hluku pro 50, 80 a 110 km/h (osobní vozidla), 50, 70, 85 km/h (těžká vozidla). Konečným výsledkem je Statistical Pass-By Index (SPBI).
CPX (Close-Proximity)	Referenční pneumatika na speciálním přívěsu či upraveném automobilu se nechá odvalovat po testované dráze s mikrofony připevněnými v její blízkosti. Pro referenční rychlosti 40, 50, 80 a 100 km/h je zaznamenávána průměrná hladina akustického tlaku pro každý segment silnice.

14

## Zdroje automobilového hluku

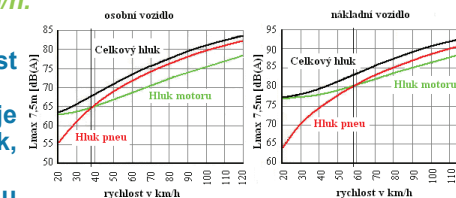


15

Zdroj: Sandberg U., Ejsmont J. A.: Tyre/Road Noise Reference Book.

## Dominantní složka hluku z automobilové dopravy

- Nízká rychlost (cca do 40 km/h u OA a cca do 60 km/h u NA) je u vozidel vybavených spalovacím motorem dominantním zdrojem hluku hnací jednotka.
- Střední rychlost převládá hluk od pneumatik, způsobený jejich odvalováním po vozovce, je dominantní přibližně do rychlosti 200 km/h.
- Vysoká rychlost dominantním zdrojem hluku je aerodynamický hluk, způsobený obtékáním vzduchu kolem vozidla.



16

## Statistická metoda při průjezdu - SPB

- ▶ Popsána normou *ISO 11819-1* a *ISO 11819-4*
- ▶ **Statická metoda.** (Pouze bodová metoda - není zřejmé, jak vypadá hluková situace o několik metrů dále.)
- ▶ **Velmi náročná na měřicí místo.** (Podmínka volného akustického pole – problém svodidla, PHS, budovy.)
- ▶ **Vyšší nejistota měření.** (Vyšší vliv okolí komunikace.)
- ▶ **Nutnost práce se skladbou dopravního proudu.** (Nutné je velmi obezřetně vybírat průjezdy automobilů z dopravního proudu – musí být vybírány průjezdy jednotlivých vozidel. Měří se pouze jednotlivá projíždějící vozidla – musí jednoznačně spadat do některé z požadovaných kategorií. Měřit se mohou pouze vozidla, u nichž je zaručen pohyb konstantní rychlostí – problém s akcelerací vozidla. = Kategorizace vozidel, měření rychlosti, dostatečně velký statistický soubor dat.)

17

## Statistická metoda při průjezdu - SPB

- ▶ Problém na některých komunikacích je i jízdní rychlost dopravního proudu vůči potřebné rychlosti v rámci metody SPB a kalibrací na referenční rychlost.
- ▶ Pro dlouhodobé porovnání je problém **neustálá obměna pneumatik** jejich velikostí a dezénu.
- ▶ Při vysokých intenzitách provozu představuje **jasné akustické rozlišení samostatně jedoucího vozidla** značný problém, při nízkých intenzitách trvá velmi dlouho nasbírání potřebného počtu průjezdů aut.
- ▶ *Bere v úvahu nejenom hluk způsobený odvalováním pneumatiky, ale i další vlivy.* (Např. absorpce hluku motorem vozovkou, šíření hlučnosti do nejbližšího okolí.)
- ▶ *Dobře zahrnuje vliv všech typů vozidel.* (Lehkých i těžkých.)

18

## Statistická metoda při průjezdu - SPB

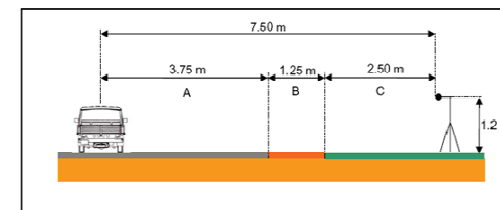
### Závěr:

- ▶ **Vyšší organizační i časová náročnost měření.**
- ▶ **VYŠŠÍ CENA MĚŘENÍ.**
- ▶ **Její použití je téměř nemožné i nevhodné v městské zástavbě.**
- ▶ **Metoda SPB není vhodná pro přesný srovnávací monitoring hlučnosti povrchů komunikací z více měřicích míst popřípadě pro dlouhý časový monitoring.**
- ▶ *Metoda SPB je vhodnější pro aktuální hodnocení vlivu hluku šířícího se v okolí komunikace (větší vzdálenost).*

19

## Statistická metoda při průjezdu - SPB

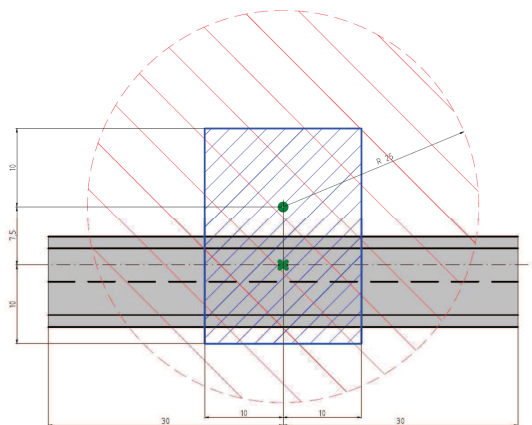
ISO 11819-1 - Acoustics -Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1: Statistical Pass-By method, 1997, (od r. 2013 v revizi).



ISO/PAS 11819-4 - Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 4: SPB method using backing board, 2013.

20

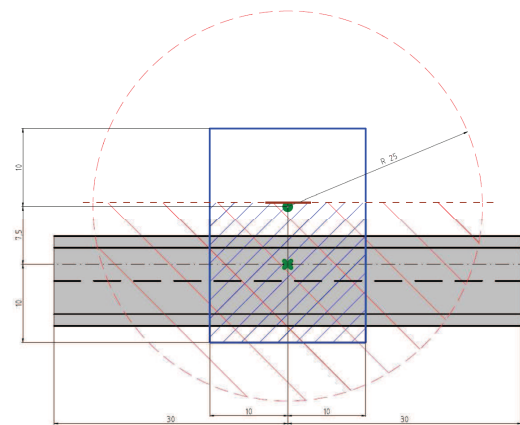
## Statistická metoda při průjezdu - SPB



21

Požadavky na místo měření u metody SPB ISO 11819-1, kde se nesmí nacházet odrazivé objekty.

## Statistická metoda při průjezdu - SPB



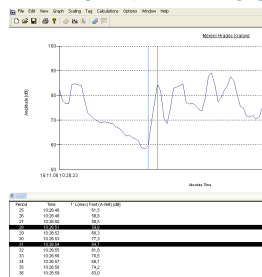
22

Požadavky na místo měření u metody SPB ISO 11819-4, kde se nesmí nacházet odrazivé objekty.

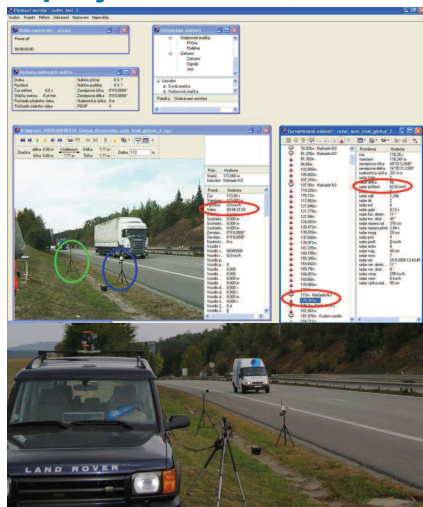
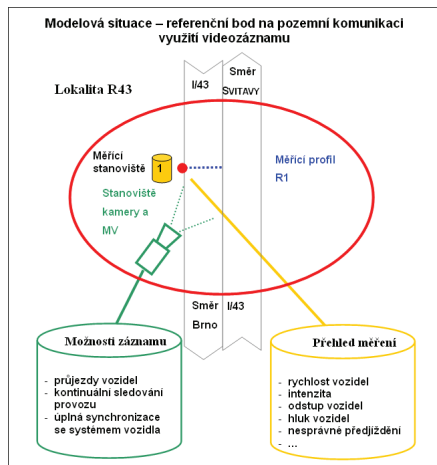
## Statistická metoda při průjezdu - SPB

Měří se současně maximální hladiny akustického tlaku A statisticky významného počtu jednotlivých vozidel při průjezdu na určeném místě vozovky spolu s jejich rychlostí.

- ▶ 3 kategorie vozidel.
- ▶ 3 referenční rychlosti.
- ▶ Výpočet regrese.
- ▶ Normování k ref. rychlosti.
- ▶ Získání celkové hladiny vlivu povrchu vozovky na dopravní hluk pro danou skladbu vozidel: určení statistického indexu při průjezdu SPBI.



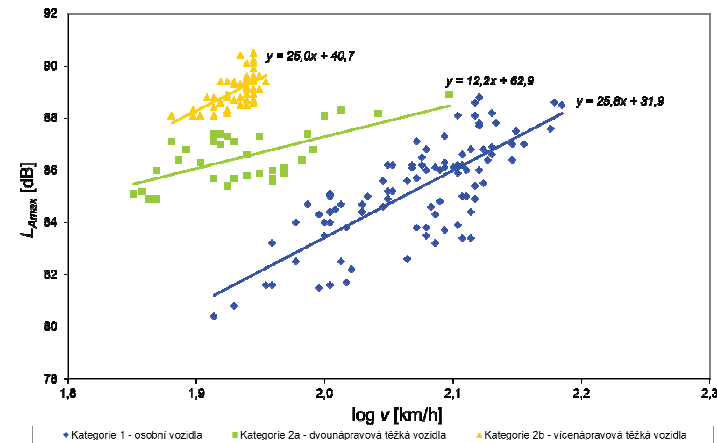
## Statistická metoda při průjezdu - SPB



25

## Statistická metoda při průjezdu - SPB

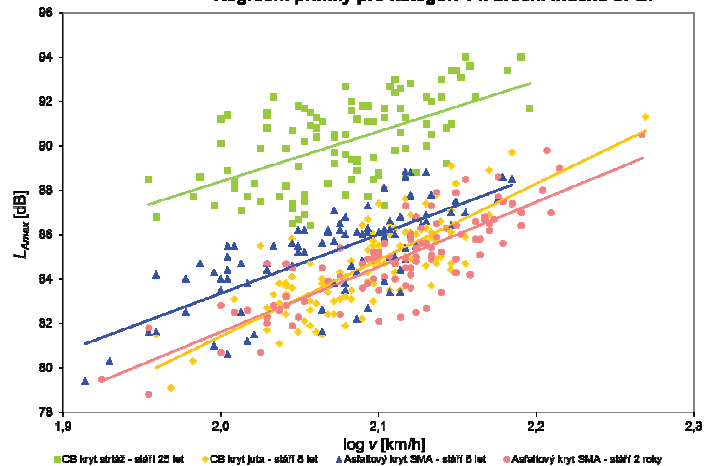
Regresní přímky pro jednotlivé kategorie k určení Indexu SPBI  
(povrch asfalt - SMA, stáří 10 let)



26

## Statistická metoda při průjezdu - SPB

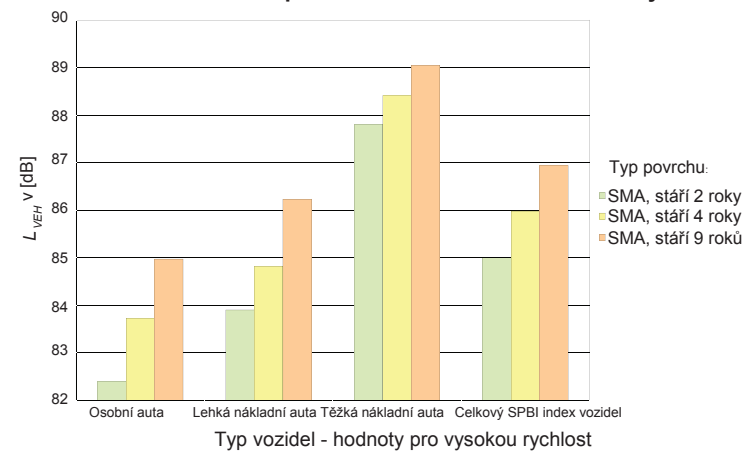
Regresní přímky pro kategori 1 k určení Indexu SPBI



27

## Statistická metoda při průjezdu - SPB

Srovnání hlučnosti povrchu SMA různého stáří z různých míst



28

## Metoda malé vzdálenosti - CPX

- ▶ Popsána normou *ISO 11819-2* a *ISO 11819-3*
- ▶ **Zaznamenává pouze hluk pneumatika/vozovka.** (Měření ve vzdálenosti cca 0,3 – 0,6 m od pneumatiky, tedy měření nepostihuje okolí komunikace.)
- ▶ **Hůře postihuje vliv těžkých nákladních vozidel.** (SRTT pneumatika spíše odpovídá osobním automobilům.)
- ▶ **Potřeba větší minimální délka úseku.** (Na rozdíl od statických metod.)
- ▶ *Dynamická i rychlá, přesná metoda umožňující měřit dlouhé úseky komunikací.*
- ▶ *Oproti metodě SPB nižší nejistota měření.*
- ▶ *Nezávislá na skladbě dopravního proudu.* (Lze měřit i na uzavřených komunikacích.)

29

## Metoda malé vzdálenosti - CPX

- ▶ *Není náročná na požadavky okolí měřené pozemní komunikace.* (Lze použít pro měření v zastavěné oblasti, na mostech, v tunelech aj.)
- ▶ *Využití SRTT pneumatiky.* (Jednotná referenční pneumatika vyráběná speciálně pro testy v automobilovém průmyslu pouze jediným pracovištěm v USA, se stále stejnými parametry již několik desítek let - a tedy získané výsledky budou vždy lépe opakovatelné a srovnatelné s měřeními v zahraničí, či využitelné pro dlouhodobější sledování i porovnání.)
- ▶ *Lze aktivně ovlivnit referenční rychlost.* (U metody CPX můžeme aktivně ovlivňovat rychlost měřicí soustavy, u metody SPB nelze přímo ovlivňovat chování řidičů.)
- ▶ *Využívána ve většině zemí Evropy pro posuzování hlučnosti povrchů vozovek.*

30

## Metoda malé vzdálenosti - CPX

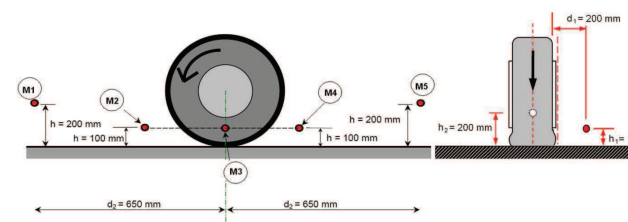
### Závěr:

- ▶ **Vyšší požadavky na měřicí vybavení a přísnější požadavky normy.**
- ▶ *Nižší organizační i časová náročnost měření.*
- ▶ **NIŽŠÍ CENA MĚŘENÍ.**
- ▶ *Díky méně náročným požadavkům na okolí je možnost využití v terénu je daleko vyšší.*
- ▶ *Metoda CPX je vhodná pro přesný srovnávací monitoring hlučnosti povrchů komunikací a to i z více měřících míst popřípadě pro dlouhý časový monitoring.*

31

## Metoda malé vzdálenosti - CPX

ISO/DIS 11819-2 Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The close-proximity method, (final draft, 2014-10-29).

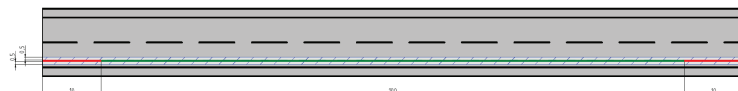


Uniroyal Tigerpaw  
225/60-R16

ISO/TS 11819-3, Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 3: Reference Tyres, (návrh 2014).

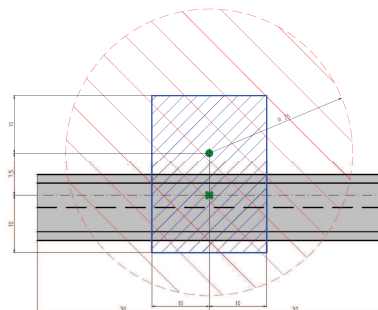
32

## Metoda malé vzdálenosti - CPX



Požadavky na povrch měřeného úseku u metody CPX dle ISO 11819-2.

Vpravo, opětovně: Požadavky na místo měření u metody SPB ISO 11819-1, kde se nesmí nacházet odrazivé objekty.

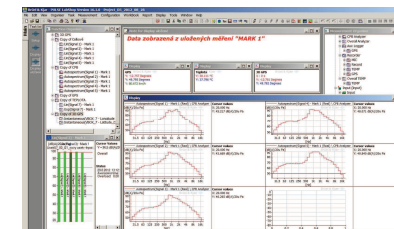


33

## Metoda malé vzdálenosti - CPX

Hlavním výstupem z měření je ekvivalentní hladina akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka a třetinooktávové frekvenční spektrum daného úseku.

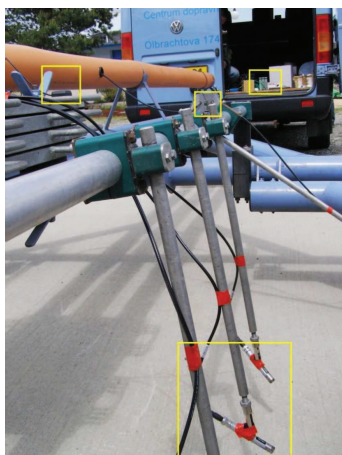
- ▶ 4 referenční rychlosti.
- ▶ Normování k ref. rychlosti a teplotě.



- ▶ Výsledné hladiny akustického tlaku se určí na základě získaných hodnot pro každý mikrofon a dílčí segment. Pro hodnocení úseku se průměrují platné měřící segmenty úseku komunikace. Na závěr se vypočte průměr všech opakovaných měření daného úseku.

34

## Metoda malé vzdálenosti - CPX



Měřicí vybavení umístěné na přívěsu.

35

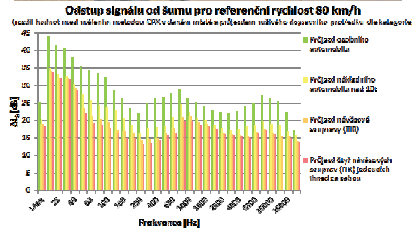
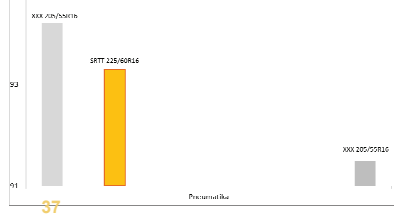
## Metoda malé vzdálenosti - CPX



Měřicí vybavení umístěné na přívěsu, detaily.

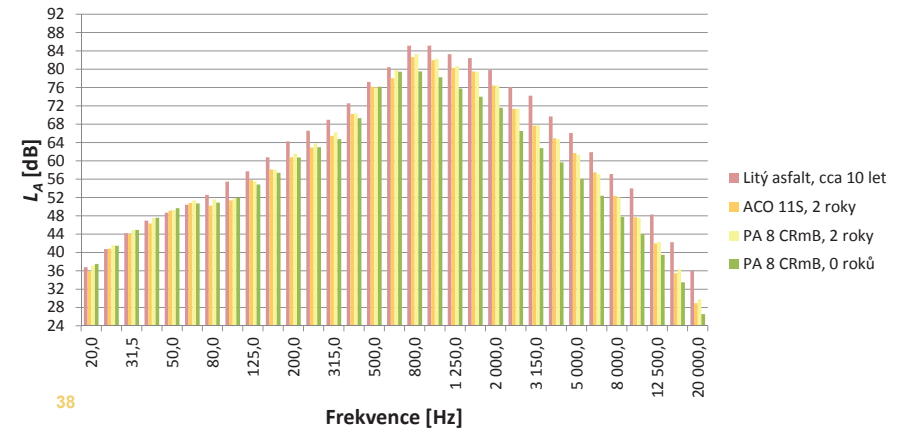
36

## Metoda malé vzdálenosti - CPX



## Metoda malé vzdálenosti - CPX

Třetinooktávové frekvenční spektrum akustického tlaku při použití filtru A  
povrchů vozovek, 50 km/h



## Metoda malé vzdálenosti - CPX

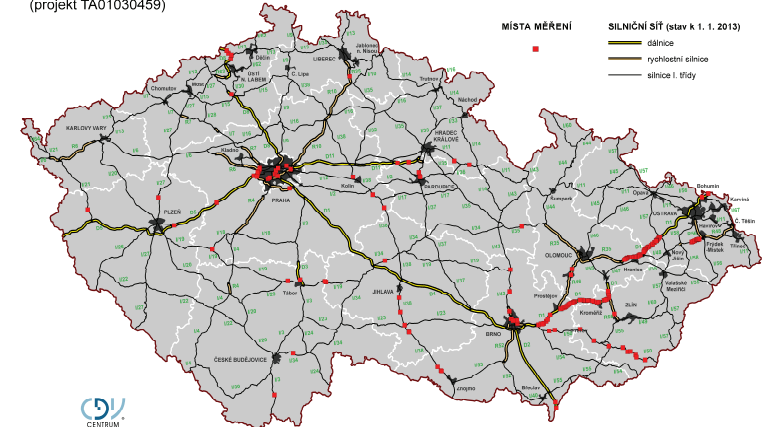
Povrch	Stáří povrchu v době měření	Referenční rychlost [km/h]	Ref. teplota [°C]	Skutečná rychlost [km/h]	Skutečná teplota [°C] povrchu	Skutečná teplota [°C] vzduchu	Změřená $L_{Aeq}$ [dB]	Korigovaná $L_{Aeq}$ na ref. hodnoty [dB]
Litý asfalt	cca 10 let	50,00	20,0	50,25	28,2	23,4	92,2	<b>92,5 ± 1,0</b>
ACO 11	2 roky	50,00	20,0	50,29	31,2	24,2	89,4	<b>89,8 ± 1,0</b>
PA 8 CRmB	2 roky	50,00	20,0	50,34	25,1	22,6	89,1	<b>89,3 ± 1,0</b>
PA 8 CRmB	0 roků	50,00	20,0	49,82	27,7	23,9	85,9	<b>86,3 ± 1,0</b>

## Metoda malé vzdálenosti - CPX

**KŘIVÁNEK, V., a kol. Metodika pro měření a hodnocení komunikací z hlediska hlukové zátěže, 55 s. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno, prosinec 2014, ISBN 978-80-86502-82-3. (Certifikovaná metodika Ministerstvo dopravy, Odbor kosmických aktivit a ITS – osvědčení o uznání uplatněné certifikované metodiky č. j. 104/2014-710-VV/1 ze dne 15. 12. 2014.)**

## Příklady vývoje hlučnosti na jednotlivých typech povrchů vozovek - včetně nízkohlučných (výsledky měření metodou CPX)

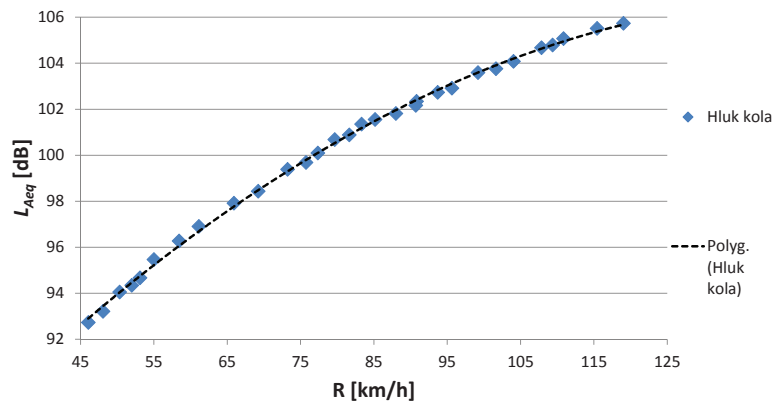
### PŘEHLED MĚŘENÝCH ÚSEKŮ MEZI LETY 2012 - 2014 (projekt TA01030459)



42

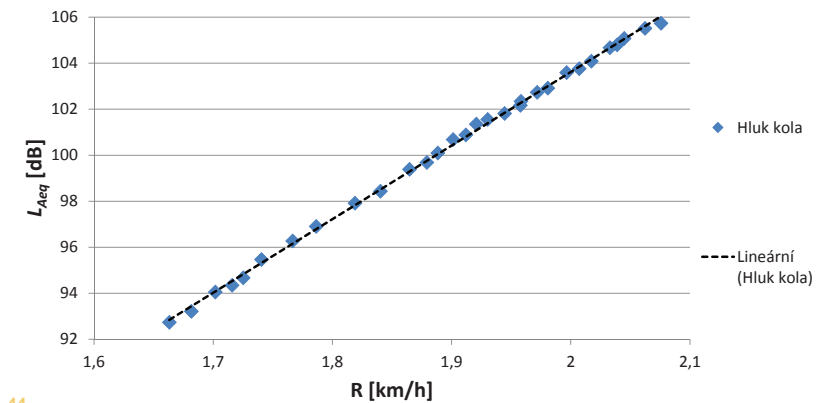
Za dobu projektu celková změřená délka komunikací cca 800 km (TA01030459).

### Metoda malé vzdálenosti (CPX) - výsledky Závislost hlučnosti styku kolo/vozovka na rychlosti (varianta většího rozpětí rychlosti)



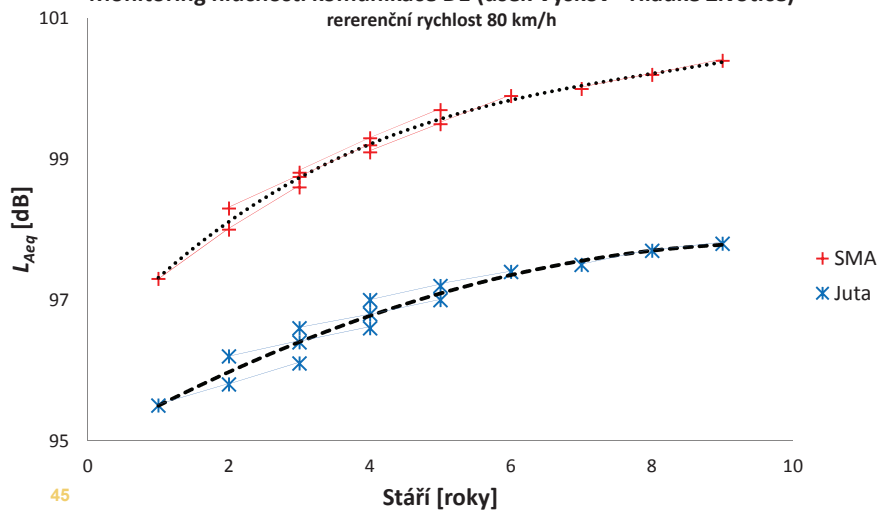
43

### Metoda malé vzdálenosti (CPX) - výsledky Závislost hlučnosti styku kolo/vozovka na rychlosti (varianta většího rozpětí rychlosti)

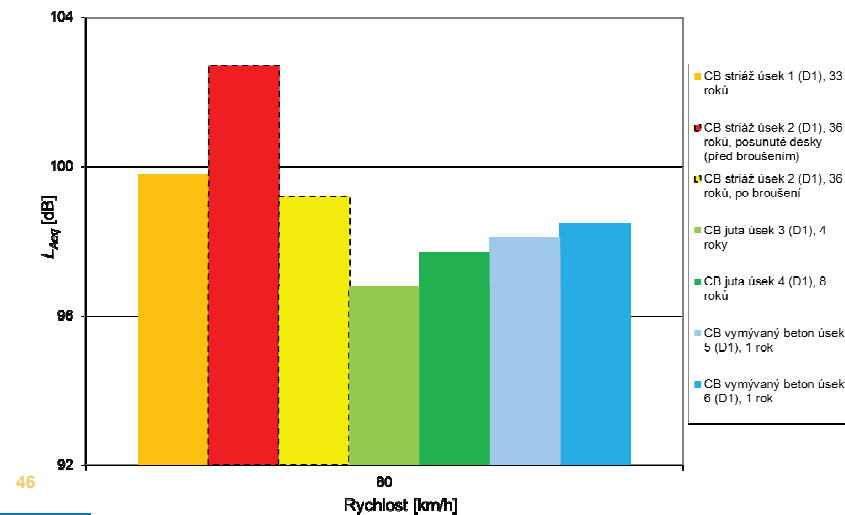


44

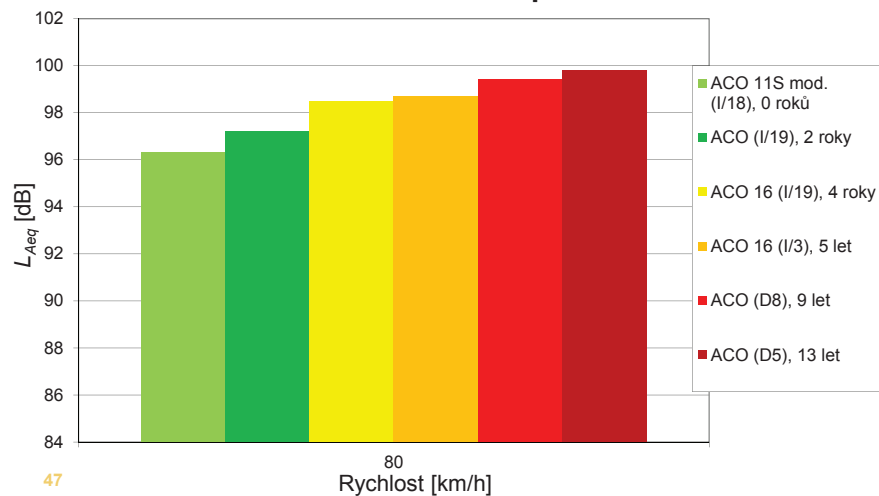
Monitoring hlučnosti komunikace D1 (úsek Vyškov - Hladké Životice)  
rererenní rychlost 80 km/h



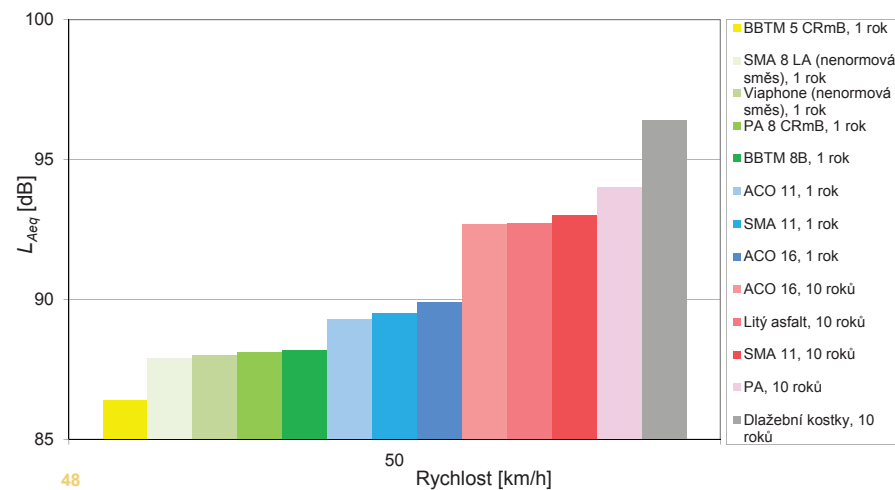
Srovnání hlučnosti vozovek s povrchem CB



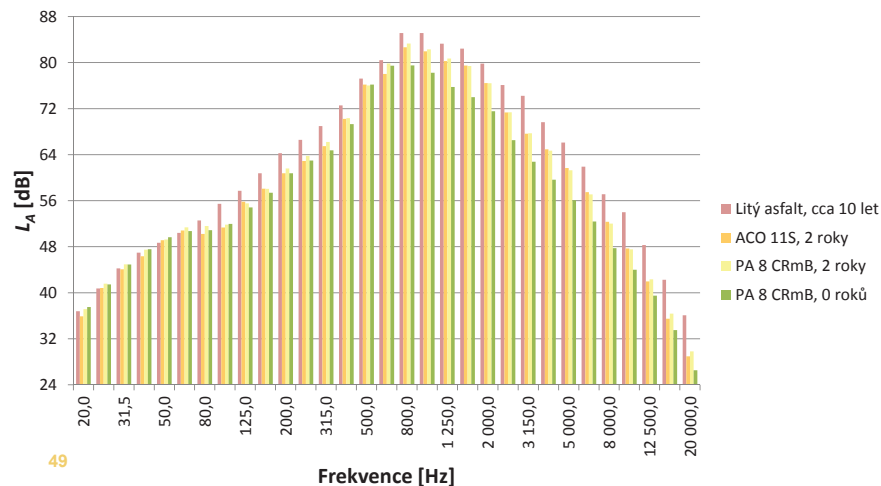
Srovnání hlučnosti vozovek s povrchem ACO



Srovnání hlučnosti vozovek v zastavěném území obcí

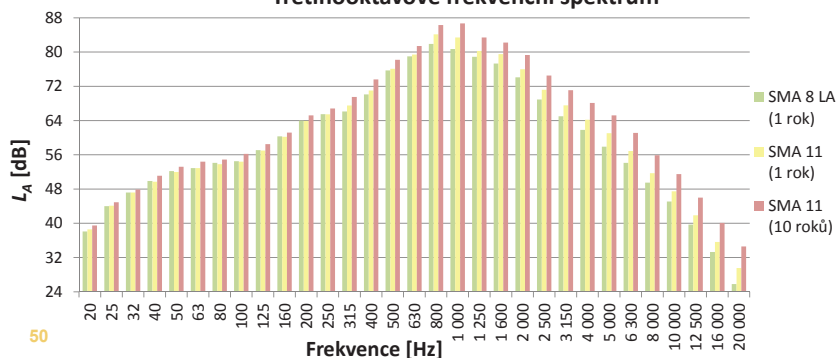


Třetinooktávové frekvenční spektrum akustického tlaku při použití filtru A  
povrchů vozovek, 50 km/h

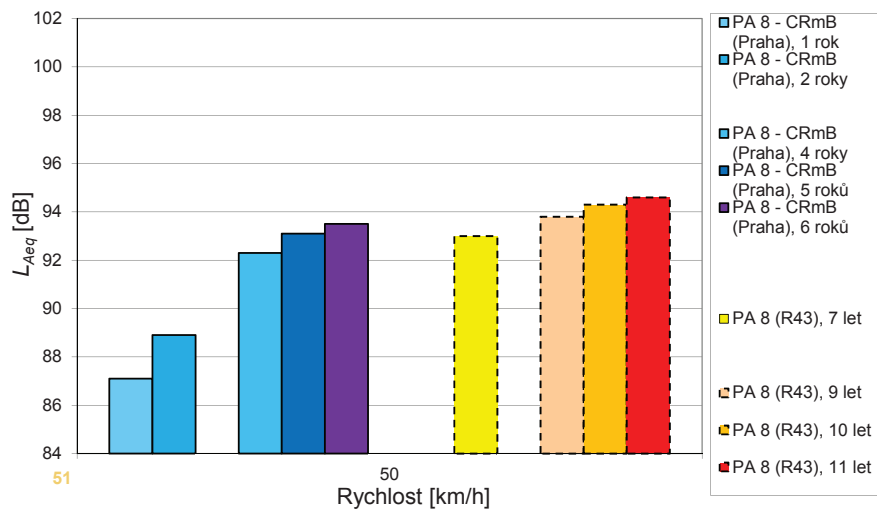


Povrch	Stáří povrchu v době měření [rok]	Ref. rychlost [km/h]	Skutečná rychlost [km/h]	Ref. teplota [°C]	Skutečná teplota [°C] vzduch	Skutečná teplota [°C] povrch	Změřená $L_{Aeq}$ [dB]	Korigovaná $L_{Aeq}$ na ref. hodnoty [dB]
SMA 8 LA	1	50,00	49,67	20,0	21,3	31,0	87,4	87,8± 1,0
SMA 11	1	50,00	50,81	20,0	19,4	26,2	89,8	89,7± 1,0
SMA 11	10	50,00	49,86	20,0	20,7	29,6	92,6	93,0± 1,0

Třetinooktávové frekvenční spektrum



Srovnání hlučnosti vozovek s povrchem PA



**Problém zanášení povrchů vozovek!**

**V ČR se neprovádí specializovaná údržba povrchů!**



Specializovaný čistící vůz SR (čištění vysokotlakým proudem vody)

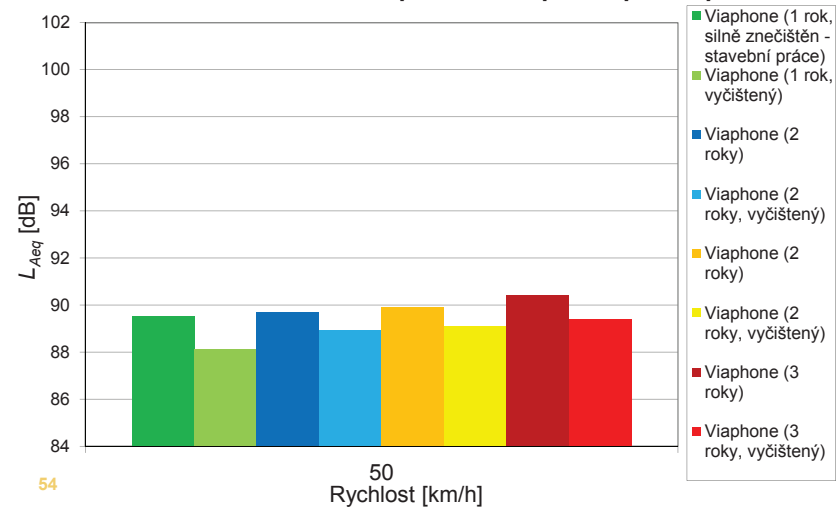
**Týká se hlavně vozovek s vysokou mezerovitostí vrchní obrusné vrstvy povrchu**



Znečištění cca týden po pokládce

53

### Srovnání hlučnosti povrchu Viaphone před a po čištění



54

**Děkuji za pozornost!**

*Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.*

*Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.*

*E-mail: [vitezslav.krivanek@cdv.cz](mailto:vitezslav.krivanek@cdv.cz)*

*Mob.: +420 601 321 681*