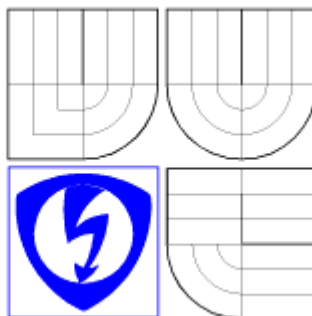


FAKULTA
ELEKTROTECHNIKY
A INFORMATIKY



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

NEZÁVISLÉ SROVNÁVACÍ MĚŘENÍ GSM SÍTÍ V ČESKÉ REPUBLICCE

Ing. Dalimil Gala
Michal Zápeca

Ústav Radioelektroniky, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 118, 612 00 Brno
Tel. +420-5-41149-150, E-mail: gala@urel.fee.vutbr.cz, zapeca2@kn.vutbr.cz

Brno 2001

Úvod

V České republice jsou v současné době ve veřejném komerčním provozu tři sítě GSM 900 / 1800 MHz, které provozují tři operátoři. Účelem projektu bylo provést nezávislé měření kvality těchto mobilních sítí systémem QVoice, následně výsledky měření zpracovat, porovnat a prezentovat RadioMobilu. V dalším textu jsou tyto sítě rozlišeny takto:

- 230-01 síť Paegas, provozovatel RadioMobil a.s.
- 230-02 síť Eurotel GSM Global, provozovatel Eurotel Praha, spol. s r.o.
- 230-03 síť Oskar, provozovatel Český Mobil a. s.

1. Metodika

Měřicí systém QVoice je v Radiomobilu používán v anglické verzi. Terminologie v angličtině je v oboru mobilních komunikací obvyklá a budeme se jí pro srozumitelnost držet i v naší zprávě.

1.1 Přístrojové vybavení

Měření se provádělo běžnými měřicími vozy firmy RadioMobil vybavenými automatickým systémem Ascom Qvoice s měřicími telefony Sagem OT 75. Jednotliví operátoři byli měřeni současně a nezávisle na sobě. Pro každého operátora byl vyhrazen jeden telefon (s příslušnou SIM kartou), kabel a anténa. Měření se týkalo pouze hlasových volání.

Typ antén	Cellwave Cell Top MKII 385275
Zisk antén	0 dBi
Útlumový článek mezi anténou a měřicím telefonem	6 dB ve městech, 0 dB na silnicích
Útlum kabelu mezi anténou a měřicím telefonem	3 dB

Tab. 1. Parametry zařízení použitého k měření

Antény byly umístěny na střeše měřicího vozu. Mezi anténou a telefonem byl při měření ve městech použit útlumový článek 6 dB, mimo města se měřilo bez útlumového článku. Útlum kabelu byl v obou případech přibližně 3 dB, viz tabulka 1.

Automatic Frequency Band Selection	Yes
Call Setup Delay	1 s
Max. Number of Call Reattempts	3
Delay Between Call Reattempts	1 s
Delay After Max. of Call Reattempts	30
Number of MOC Windows	1
Number of MTC Windows	0
Call Window	240 s
Call Duration	210 s
Pause Duration	30 s
Guard Time	10 s
No Connection Shutdown Time	600 s
Minimum Time Left	40 s
Make Calls in No Service Area	Yes
Link Type	Downlink
Speech Samples Language	English

Tab. 2. Nastavení měřicího programu systému QVoice

Volání probíhalo vždy ve směru z měřicích mobilních telefonů na pevnou stanici systému, QVS, která byla připojena k pevným ISDN linkám Českého Telecomu. To znamená, že mobilní telefon vystupoval jako „Master“, který vždy volal stanici „Slave“. Tento způsob volání se označuje zkratkou MOC, na rozdíl od způsobu MTC, kdy „Slave“ volá stanici „Master“.

Vzorky řeči pro měření kvality hovoru vysílal „Slave“ a „Master“ je vyhodnocoval. Tento režim se označuje jako „Downlink“.

V tabulce 2 jsou uvedeny použité parametry měřicího programu systému QVoice. Nejdůležitějším parametrem je délka hovoru. Hovory o délce 210 s se střídaly s přestávkami o délce 30 s. Délku hovorů 210 s jsme zvolili proto, že oproti běžně používané délce 90 s se mohou výrazněji projevit přerušení hovorů vinou neúspěšných handoverů. Na druhou stranu není možné volit délku hovoru velkou, abychom naměřili dostatečný počet hovorů pro statistické zpracování.

1.2 Trasy pro měření

Celé měření jsme rozdělili na dvě části: ve městech a na silnicích mimo města (dále jen „na silnicích“). Trasy pro měření jsme vybrali s ohledem k cíli měření, kterým bylo porovnání českých operátorů takto: měli jsme k dispozici 13 měřicích dnů. Jeden měřicí den jsme vyhradili jako rezervu pro nepředvídané události. Ze zbylých 12 dnů jsme jednu polovinu určili pro měření ve městech a druhou polovinu pro měření silnic.

Výběr měst

Výsledkem výběru byla města: **Brno, Liberec, Ostrava, Plzeň a Praha**. Pro měření měst jsme měli k dispozici 6 dnů. Vybírali jsme největší města v České republice, kde je také

největší počet zákazníků mobilních operátorů. Prahu a Brno jsme určili pro měření pevně. Pro měření Prahy jsme vyhradili 2 až 3 dny, pro měření Brna 1 den. Dále jsme vybrali tato města: České Budějovice, Hradec Králové, Karlovy Vary, Liberec, Olomouc, Ostrava, Plzeň a Zlín. Z těchto měst jsme pro měření určili dvě česká a jedno moravské město tak, aby měřená města byla rovnoměrně rozmístěna po České republice.

Určení tras ve městech

Trasy ve městech jsme náhodně vybírali tak, aby rovnoměrně pokryly zastavěné území a abychom se pokud možno vyhnuli opakovanému měření stejných úseků. Směr měření ve městech byl dán trasou nakreslenou do papírové mapy. Skutečně změřené trasy ve městech jsou v příloze B. Měřicímu týmu byla dána možnost odchytil se od vytyčené trasy v případě neprůjezdnosti ulice s požadavkem co nejkratšího návratu k původní trase. To bylo možné proto, že nešlo o opakované měření a trasy byly vybrány náhodně.

Výběr silnic

Bylo změřeno celkem 2390 km silnic. Největší důraz jsme kladli na měření silnic nejvyšších kategorií (silnice 1. třídy a dálnice), na kterých se pohybuje velké množství zákazníků. Tyto silnice tvořily pět šestin celkové délky měřených silnic. Silnice druhé třídy tvořily zbývající jednu šestinu. Silnice nižších kategorií nebyly měřeny. Podrobný výpis měřených tras se nachází v příloze A.

Silnice I. třídy a dálnice	1970 km
Silnice II. třídy	420 km
Celkem	2390 km

Tab. 3. Přehled měřených silnic podle jejich kategorie

Podobně jako u měst jsme trasy navrhovali tak, aby byly rozmístěny po celém území České republiky a zahrnovaly různé typy terénů. Vybírali jsme jak rovinné trasy, tak hornaté oblasti, např. Vysočinu a rekreační oblasti, jejímž reprezentantem byla oblast Lipna.

1.3 Vlastní měření

Vlastní měření probíhalo ve dnech 12. 11. 2001 až 24. 11. 2001. Plzeň byla měřena v sobotu, všechna ostatní měření se konala v pracovní dny.

1.4 Sledované parametry určující kvalitu sítě GSM

Při vyhodnocování výsledků měření jsme vycházeli z toho, co je pro zákazníka nejdůležitější. Z jeho hlediska je nejhorší pád navázaného hovoru (Call Drop) a špatná srozumitelnost řeči

(PACE Scale, Speech Quality). Dále problémy s kapacitou sítě projevující se nemožností se dovolat nebo pádem hovoru do hlasové schránky. Méně závažná je velká doba navazování hovoru (Setup Time) a případné nezdařené navázání hovoru (Setup Failure). Nejméně závažné pro zákazníka jsou problémy sítě při zavěšování hovoru. Výsledky měření jsou vyhodnoceny odděleně pro měření ve městech a pro měření na silnicích.

2. Výsledky měření ve městech

2.1 Průběh hovorů

Tabulka 4 spolu s obrázkem 1 udávají přehled úspěšně dokončených hovorů (Completed), tedy těch, které trvaly celou definovanou délkou 210 s, neúspěšných pokusů o navázání hovoru (Setup Failed), přerušených hovorů (Dropped) a celkový počet pokusů o hovor (Attempts). Tabulka 5 společně s obrázkem 2 ukazuje stejné veličiny v procentech. Veličina *Call Completed Rate*, zkráceně CCR, udává poměr úspěšně dokončených hovorů k počtu pokusů o hovor. Je definována takto:

$$(1) \quad CCR = \frac{\text{Number of Completed Calls}}{\text{Number of Call Attempts}}.$$

Další veličiny, *Call Drop Rate* a *Call Setup Successful Rate*, zobrazené na obrázcích 3. a 4. jsou vypočítány takto

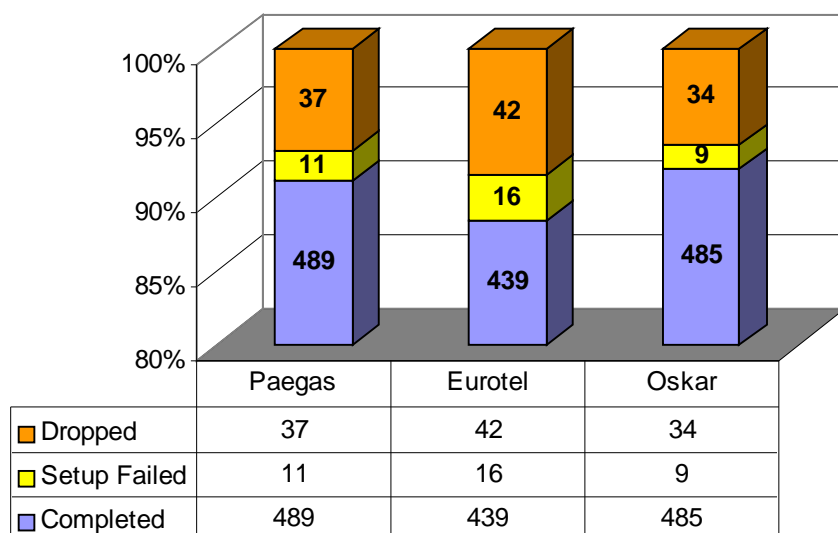
$$(2) \quad CDR = \frac{\text{Number of Dropped Calls}}{\text{Number of Completed Calls} + \text{Number of Dropped Calls}},$$

$$(3) \quad CSSR = \frac{\text{Number of Completed Calls} + \text{Number of Dropped Calls}}{\text{Number of Call Attempts}}.$$

	Completed	Setup Failed	Dropped	Attempts
Paegas	489	11	37	537
Eurotel	439	16	42	497
Oskar	485	9	34	528
Celkem	1413	36	113	1562

Tab. 4. Přehled hovorů (ve městech).
Úspěšně dokončené, nenavázané a přerušené hovory

Přehled hovorů (ve městech)

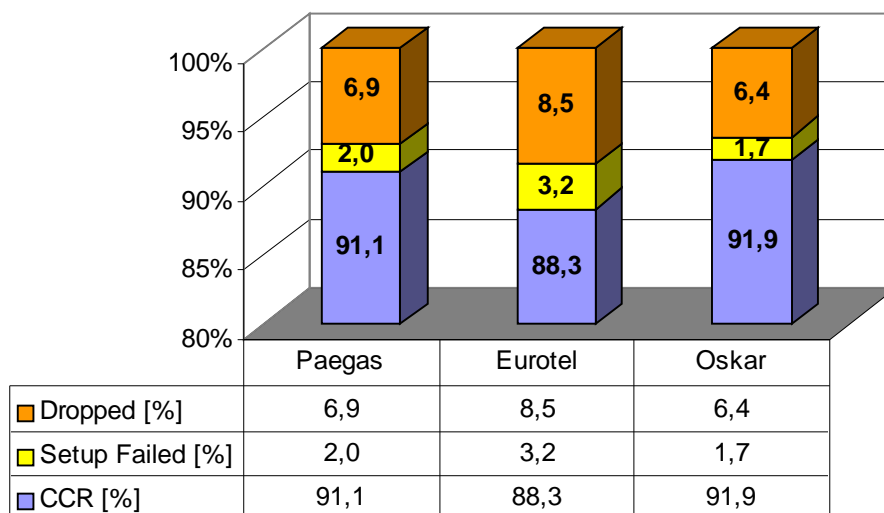


*Obr. 1. Přehled hovorů (ve městech).
Úspěšně dokončené, nenavázané a přerušené hovory.*

	CCR [%]	Setup Failed [%]	Dropped [%]	Attempts
Paegas	91,1	2,0	6,9	537
Eurotel	88,3	3,2	8,5	497
Oskar	91,9	1,7	6,4	528

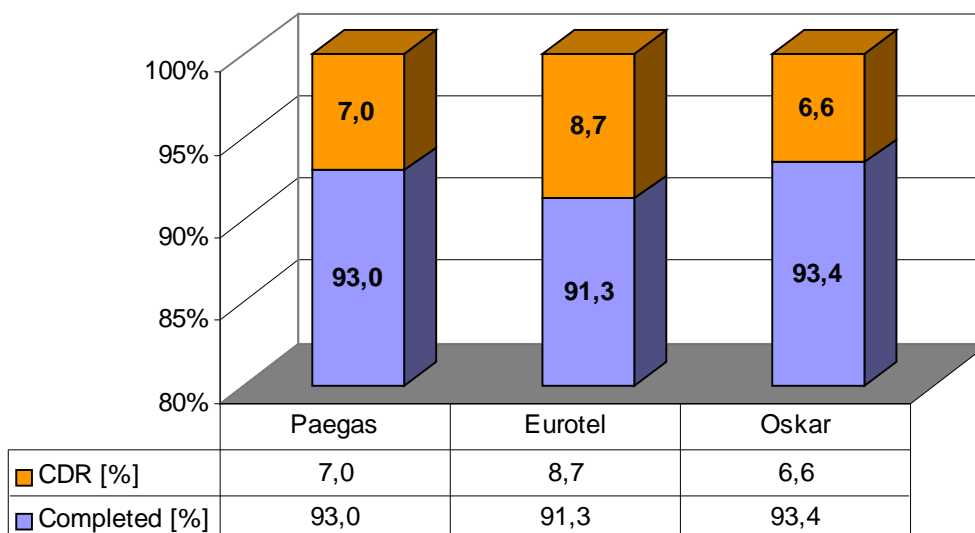
*Tab. 5. Přehled hovorů v procentech (ve městech).
Úspěšně dokončené, nenavázané a přerušené hovory*

Přehled hovorů v procentech (ve městech)
Call Completed Rate CCR

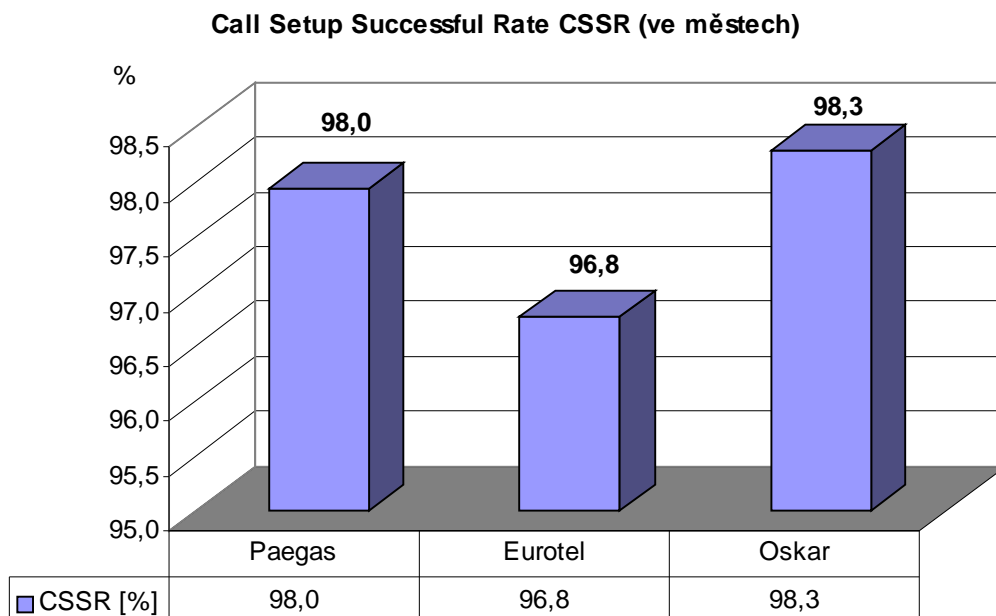


Obr. 2. Přehled hovorů v procentech (ve městech). Procento přerušovaných hovorů, nenavázaných hovorů a CCR (Call Completed Rate) z celkového počtu pokusů o hovor.

Call Drop Rate CDR (ve městech)



Obr. 3. Call Drop Rate (ve městech)



Obr. 4. Call Setup Successful Rate (ve městech)

Při měření ve městech vychází z hlediska navázání a udržení hovoru nejlépe síť Oskar, následovaná s malým odstupem sítí Paegas. Jednoznačně nejhorší zde je síť Eurotel a to zejména v podílu neuskutečněných hovorů (Setup Failure). Přesto není výsledek parametru CDR v žádné síti uspokojivý. I nejlepší dosažená hodnota CDR = 6,6 % v síti Oskar je příliš velká. Je to zřejmě důsledek volby délky hovoru větší, než je běžné při těchto testech. Může to naznačovat problémy s handoverem a interferencemi. K těmto výsledkům je nutné podotknout, že ve všech měřených městech byla síť Oskar duální, vesměs s preferencí pásma 1800 MHz, což se na výsledcích příznivě projevilo. Pokud bychom měli k dispozici více měřicích dnů, došlo by i na měření menších měst, kde má síť Oskar základnové stanice jen v pásmu 900 MHz. Předpokládáme, že v těchto městech by síť Oskar vykazovala horší výsledky.

2.2 Kvalita řeči

V průběhu testovacího hovoru jsou přenášeny vzorky řeči. V našem případě probíhal přenos z pevné stanice na mobilní. Přijaté vzorky jsou porovnány s uloženými referenčními vzorky a ohodnoceny na stupnici *PACE* (*Perceptual Ascom Class Enhanced*) číslem od 1 do 5 podle normy ITU P.800. Maximum dosažitelné pro kodek FR (Full Rate) je 3,5, pro kodek EFR (Enhanced Full Rate) 3,8 a pro ISDN linku 4,3. Dále je každý ohodnocený vzorek označován od 5 (hodnocení „bad“) do 1 (hodnocení „excellent“) a tím zařazen do kategorie stupnice *Ascom Class*.

Průměrné, maximální a minimální hodnoty PACE jsou v tabulce 6. Všechny sítě jsou z hlediska tohoto kvalitativního parametru vyhovující a rozdíl mezi nimi je zanedbatelný. Výsledky odpovídají používanému kodeku EFR.

	Average	Max	Min
Paegas	3,54	(3,90)	1,00
Eurotel	3,53	(3,84)	1,00
Oskar	3,56	(3,83)	1,00

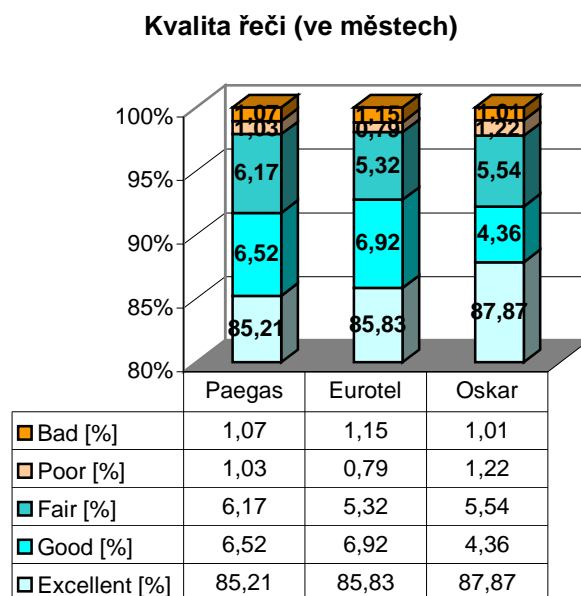
Tab. 6. Statistika PACE, kodek EFR (ve městech)

Stupnice Ascom Class vydává zajímavější výsledky než průměr PACE, viz tabulka 7. Pokud se zaměříme na součet nejhorších dvou kategorií, Poor + Bad, je na tom nejhůře síť Oskar, u které tento součet činí 2,23 % (odpovídá přibližně 80 s špatné kvality jednohodinového hovoru). Nejlepší je síť Eurotel, která se dostala pod 2 %, síť Paegas následuje s hodnotou 2,1 %. Lze říci, jak jsme již konstatovali výše u parametru PACE, že kvalita hovoru ve městech je u všech sítí velmi dobrá a odchylky mezi jednotlivými sítěmi jsou minimální.

	Excellent [%]	Good [%]	Fair [%]	Poor [%]	Bad [%]	celkem vzorků
Paegas	85,21	6,52	6,17	1,03	1,07	20230
Eurotel	85,83	6,92	5,32	0,79	1,15	18206
Oskar	87,87	4,36	5,54	1,22	1,01	20233

Tab. 7. Kvalita řeči; kodek EFR (ve městech)

Podíl vzorků v jednotlivých kategoriích stupnice Ascom Class



Obr. 5. Kvalita řeči podle stupnice ASCOM Class (ve městech)

2.3 Doba sestavení hovoru

Průměrná doba pro sestavení hovoru, uvedená v tabulce 8, byla nejkratší v síti Paegas a pohybovala se těsně pod 7 s. V sítích Eurotel a Oskar byla tato doba delší a téměř shodná.

Pásmo		[s]
Paegas	1800	6,99
	900	6,86
Eurotel	1800	7,67
	900	8,02
Oskar	1800	7,61
	900	8,02

Tab. 8. Průměrná doba sestavení hovoru (ve městech)

3. Výsledky měření na silnicích

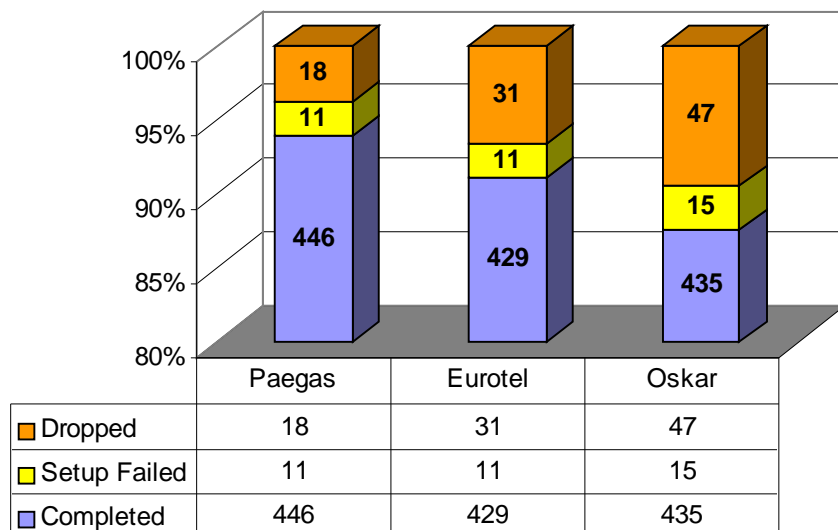
3.1 Průběh hovorů

Stejně jako u výsledků měření ve městech zde tabulka 9 spolu s obrázkem 5 udávají přehled o úspěšně dokončených hovorech, o přerušených hovorech a o celkovém počtu pokusů o hovor. V tabulce 10 a na obrázku 6 jsou tyto veličiny v procentech. Veličina CCR je definována podle (1). Parametry CDR a CSSR definované podle (2) a (3) jsou vyneseny do grafů na obrázcích 7 a 8.

	Completed	Setup Failed	Dropped	Attempts
Paegas	446	11	18	475
Eurotel	429	11	31	471
Oskar	435	15	47	497
Celkem	1310	37	96	1443

Tab. 9. Přehled hovorů (na silnicích).
Úspěšně dokončené, nenavázané a přerušené hovory

Přehled hovorů (na silnicích)

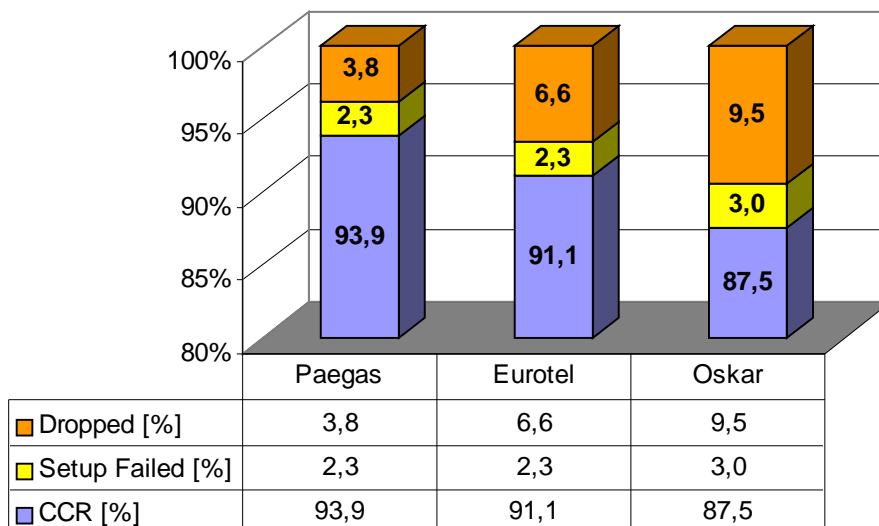


Obr. 5. Přehled hovorů (na silnicích).
Dokončené, nenavázané a přerušené hovory

	CCR [%]	Setup Failed [%]	Dropped [%]	Attempts
Paegas	93,9	2,3	3,8	475
Eurotel	91,1	2,3	6,6	471
Oskar	87,5	3,0	9,5	497

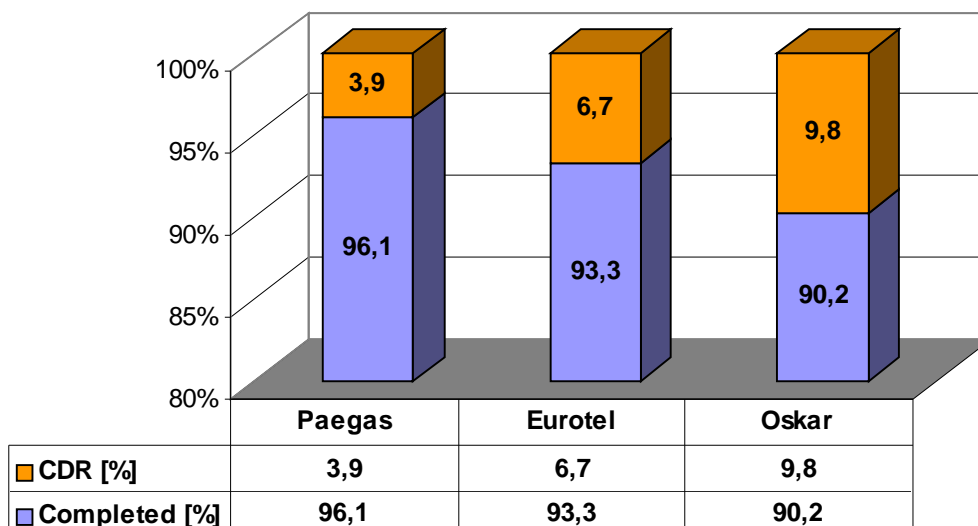
Tab. 10. Přehled hovorů v procentech (na silnicích). Procento přerušovaných hovorů, nenavázaných hovorů a CCR (Call Completed Rate) z celkového počtu pokusů o hovor.

Přehled hovorů v procentech (na silnicích)

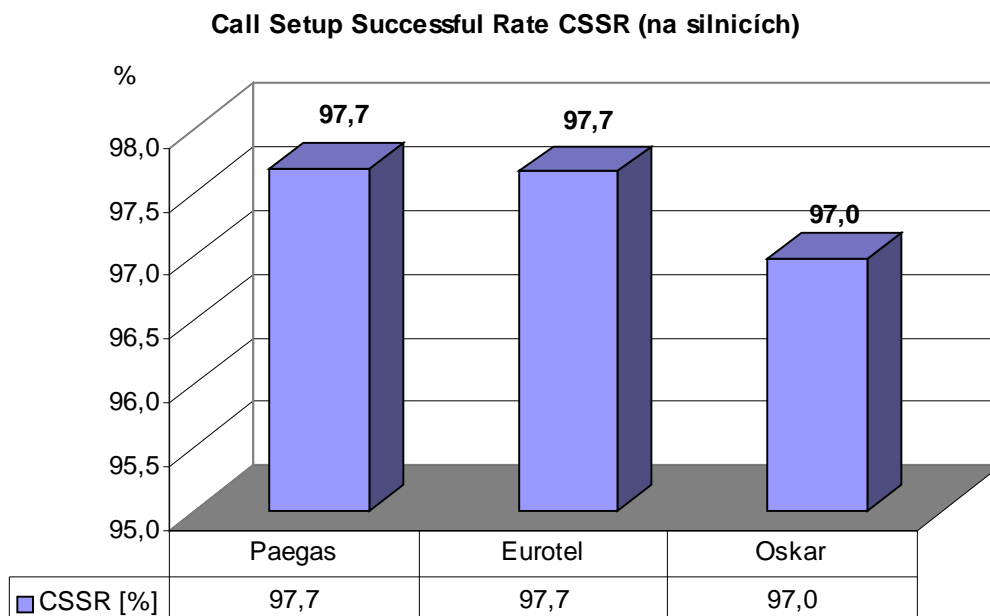


Obr. 6. Přehled hovorů v procentech (na silnicích). Procento přerušených hovorů, nenavázaných hovorů a CCR (Call Completed Rate) z celkového počtu pokusů o hovor.

Call Drop Rate (na silnicích)



Obr. 7. Call Drop Rate (na silnicích)



Obr. 8. Call Setup Successful Rate CSSR (na silnicích)

Při měření na silnicích se projevily mnohem větší rozdíly mezi jednotlivými sítěmi, než tomu bylo ve městech. Z hlediska navázání a udržení hovoru na silnicích vychází nejlépe síť Paegas, u níž CDR činí 3,9 %. Síť Eurotel vykazuje s 6,7 % značně horší výsledky a 9,8 % v síti Oskar je velmi špatná, nicméně ne překvapivá hodnota vzhledem k tomu, že venkov je v síti Oskar až na výjimky pokryt signálem v pásmu 900 MHz. Překvapivější jsou špatné výsledky sítě Eurotel, které jsme nepředpokládali. Podobně jako v případě měst se zde mohla projevit delší doba testovacího hovoru, než je obvyklé. V počtu neuskutečněných hovorů (Setup Failure) jsou si síť Paegas a Eurotel GSM Global rovny, síť Oskar za nimi opět zaostává a to o 0,7 %.

3.2 Kvalita řeči

Průměrné, maximální a minimální hodnoty parametru PACE jsou v tabulce 11. Definice PACE je uvedena u hodnocení měření ve městech. Síť Paegas a Eurotel jsou si opět v tomto parametru rovny a síť Oskar je mírně horší.

	Average	Max.	Min.
Paegas	3,60	(3,90)	1,00
Eurotel	3,60	(3,84)	1,00
Oskar	3,56	3,56	1,00

Tab. 11. Statistika PACE, kodek EFR (na silnicích)

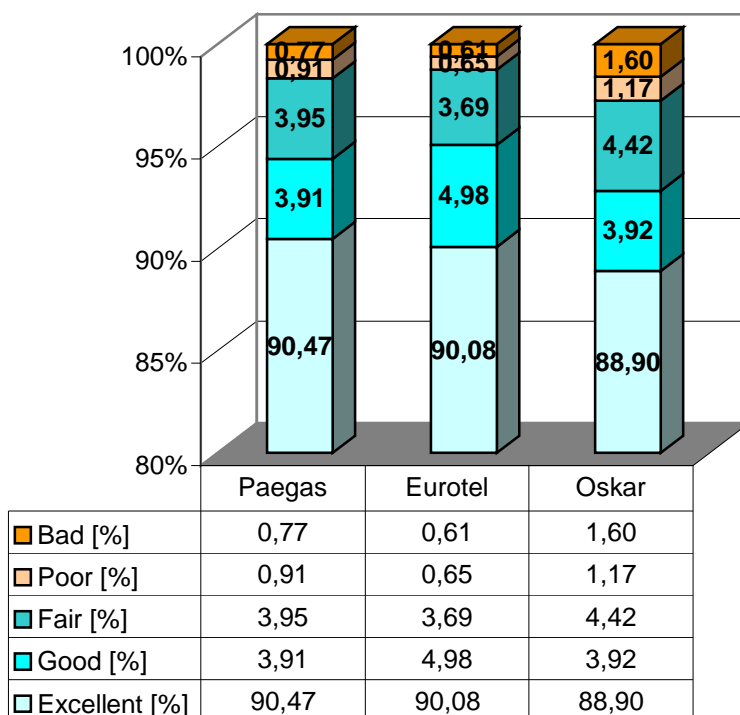
Po vyhodnocení kvality řeči pomocí stupnice Ascom Class, která má vyšší vypovídací hodnotu než prostý průměr PACE, vychází jako nejlepší síť Eurotel. Zde je součet kategorií Poor + Bad roven 1,26 %, což se dá považovat za výborný výsledek. Výsledek sítě Paegas je

s 1,68 % také velmi dobrý. Horší je to u sítě Oskar, kde bylo zařazeno do dvou nejnižších kategorií 2,77 % přenesených vzorků řeči.

	Excellent [%]	Good [%]	Fair [%]	Poor [%]	Bad [%]	celkem vzorků
Paegas	90,47	3,91	3,95	0,91	0,77	18948
Eurotel	90,08	4,98	3,69	0,65	0,61	18634
Oskar	88,90	3,92	4,42	1,17	1,60	18593

Tab. 12. Kvalita řeči; kodek EFR (na silnicích)
Podíl vzorků v jednotlivých kategoriích stupnice Ascom Class

Kvalita řeči (na silnicích)



Obr. 9. Kvalita řeči podle stupnice ASCOM Class (na silnicích)

3.3 Doba sestavení hovoru

Průměrnou dobu pro sestavení hovoru na silnicích (tabulka 13) je možné porovnat jen pro pásmo 900 MHz. Hodnota 11,76 s v síti Eurotel není důvěryhodná, protože vychází z měření příliš malého počtu hovorů (bylo přeneseno jen 82 řečových vzorků). V pásmu 900 MHz tedy vykazuje nejkratší dobu 7,21 s Eurotel, následuje Paegas s přibližně půlsekundovým odstupem, nejhorší je Oskar, který překročil 8 s.

pásmo		[s]
Paegas	1800	7,05
	900	7,76
Eurotel	1800	(11,76)
	900	7,21
Oskar	1800	8,20
	900	8,19

Tab. 13. Průměrná doba sestavení hovoru (na silnicích)

Závěr

Nezávislé srovnávací měření mělo za cíl porovnat kvalitu českých GSM sítí. Rozsah a metodika měření byla přizpůsobena omezenému času, který jsme měli k dispozici a snaze o rovnoměrné změření území České republiky jak z hlediska územního, tak z hlediska terénního, abychom naměřili dostatečně reprezentativní hodnoty. Vzali jsme v úvahu zákaznický pohled na pořadí důležitosti kvalitativních parametrů sítě GSM. Měření bylo rozděleno na dvě části. První část byla zaměřena na měření měst, druhá na měření silnic mimo města. Závěry je nutno interpretovat s ohledem na omezený rozsah měření. Kritickými parametry měřicího zařízení je útlum mezi anténou a měřícím telefonem a délka testovacího hovoru.

Z hlediska navazování hovoru a udržení probíhajícího hovoru byly ve městech sítě Paegas a Oskar srovnatelné ve statistikách CCR i CSSR. Síť Eurotel skončila v těchto statistikách na posledním místě. Na silnicích byly rozdíly mezi sítěmi větší. Výrazně nejlepší výsledky vykazovala síť Paegas následovaná sítí Eurotel a s výrazným odstupem skončila na posledním místě síť Oskar. Z celkového pohledu vychází síť Paegas nejlépe. Síť Oskar má dobrou kvalitu ve velkých městech, kde většina hovorů probíhá v pásmu 1800 MHz, zatímco na silnicích nedokáže v pásmu 900 MHz na pouhých 20 kanálech zajistit dostatečnou kvalitu služby.

Z hlediska kvality řeči byly všechny sítě velmi dobré. Ve městech i na silnicích měly sítě Paegas a Eurotel srovnatelnou kvalitu. Síť Oskar zaostala za ostatními ve městech jen velmi málo, ale na silnicích již výrazně.

Výsledky měření doby navazování hovoru ukazují, že nejrychleji v době měření sestavovala hovory ve městech síť Paegas, síť Eurotel a Oskar byly v tomto parametru vyrovnané. Na silnicích byla statistika v pásmu 1800 MHz zkrácena malým počtem měření v síti Eurotel, na 900 MHz byl Eurotel v tomto parametru nejlepší, síť Paegas druhá a síť Oskar poslední.

Příloha A

č.	Trasa (číslo silnice)	Délka [km]	II. třída [km]
1	BM - AB (D1)	202	
2	BM – OC	78	
3	OC - FM (E462)	82	
4	FM - OV (56)	19	
5	OV - AB (11)	386	
6	AB - LB (10, 35)	102	
7	LB - DC (13)	68	
8	DC - TP (68)	34	
9	TP - KV (13)	103	
10	KV - CH (6)	44	
11	CH - Planá (21)	45	
12	Planá - Stříbro (230) - PM (605)	55	55
13	CB - Č Krumlov (3, 39) - Vyšší Brod (160, 163)	54	32
14	Vyšší Brod - Černá v Podšumaví (163)	28	28
15	Černá v Podšumaví - Lenora (39) - Vimperk (4)	52	
16	Vimperk - Kašperské Hory (145) – Sušice	42	42
17	Sušice - Bešiny (171) - Klatovy (27) – PM	75	24
18	AB - CB (3)	140	
19	PM - AB (D5)	94	
20	KT – ST	43	
21	Exit (D1) Kývalka - TR (23)	43	
22	TR - JH (23)	75	
23	JH - Kardaš. Rečice - Dráčov (23)	21	
24	Dráčov - Týn n.Vltavou (159)	25	25
25	Týn n.Vltavou - Milevsko (105)	31	31
26	Milevsko - Votice (121)	36	36
27	Votice - Benešov - D1 Exit Mnichovice (3)	36	
28	BM - SY (43)	77	
29	SY - Ždírec n.Doubravou (34)	55	
30	Ždírec n.Doubravou - PU (37)	37	
31	PU - Sezemice (36) - Třebechovice p.Orebem (298)	25	19
32	Týniště n.Orlicí - Choceň (317) - Zábřeh (315) - Bludov (44)	95	87
33	BM - Pohořelice, Velký Dvůr (52)	25	
34	Pohořelice - Žarošice (381, 419)	42	42
35	Žarošice - Slavkov (54) - Holubice (50)	22	
Celkem		2391	421

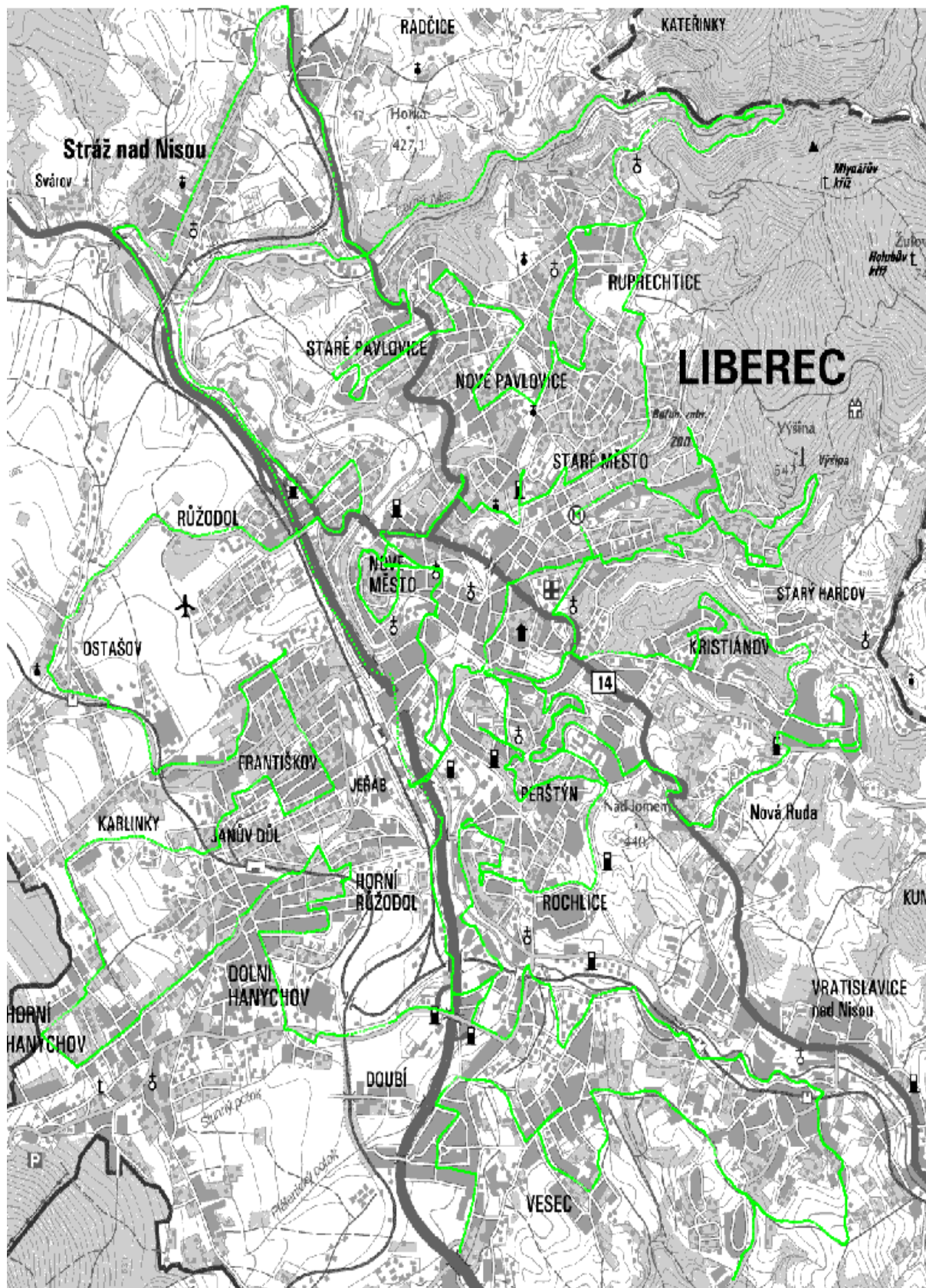
Tab. 14. Podrobný seznam měřených silnic. Max. chyba měření délek je +5 %

PŘÍLOHA B

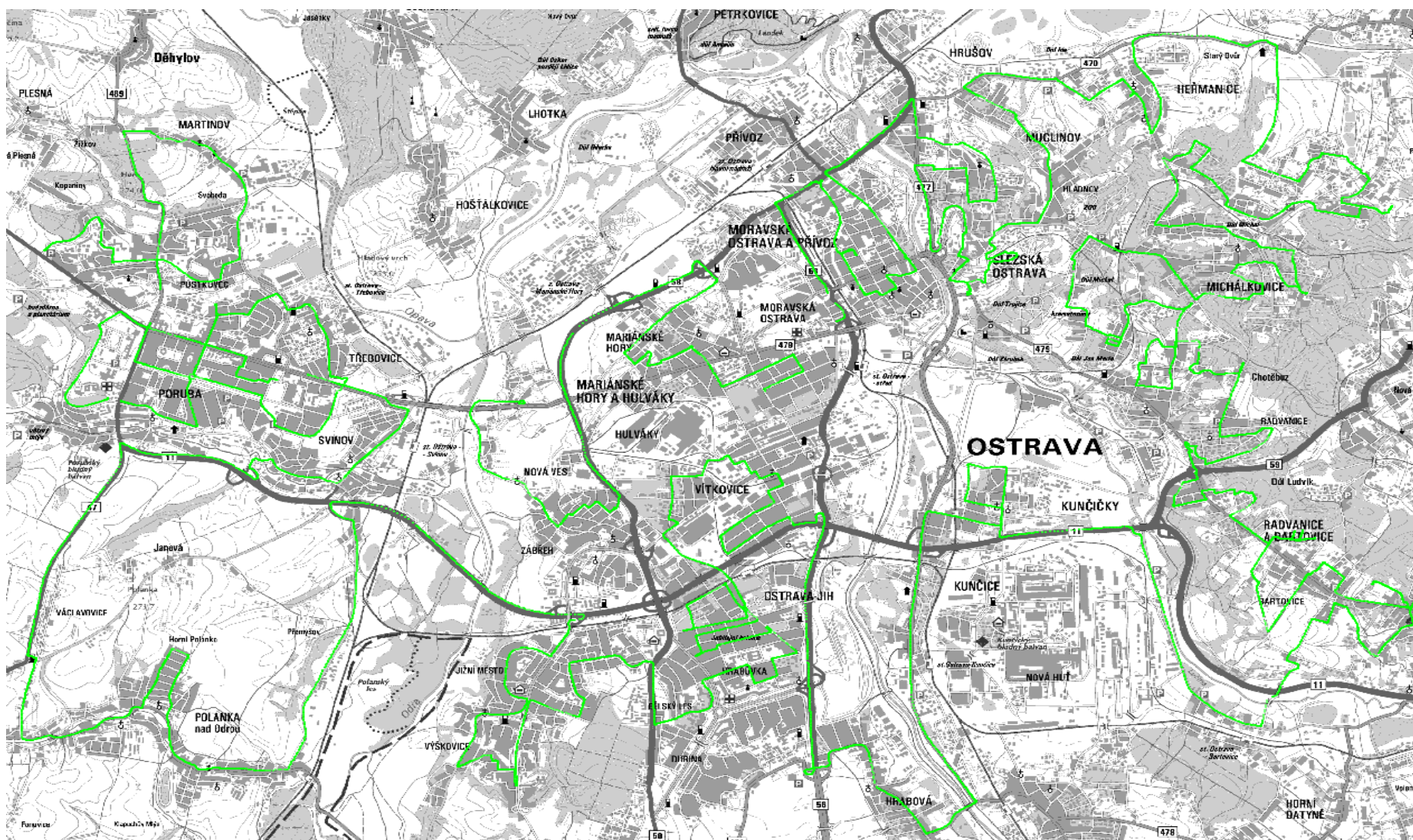
Mapy tras ve městech



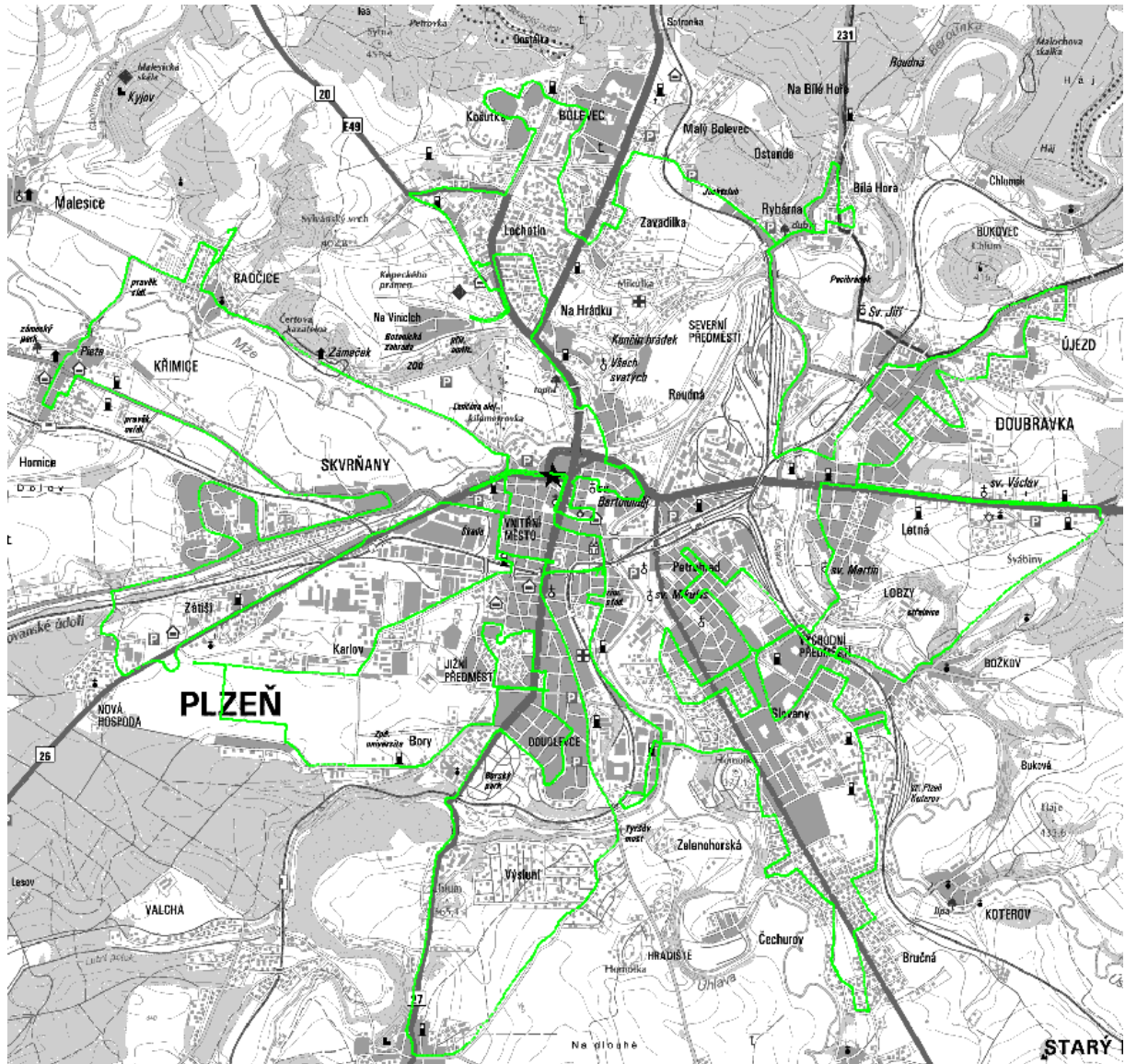
Obr. 10. Trasa v Brně



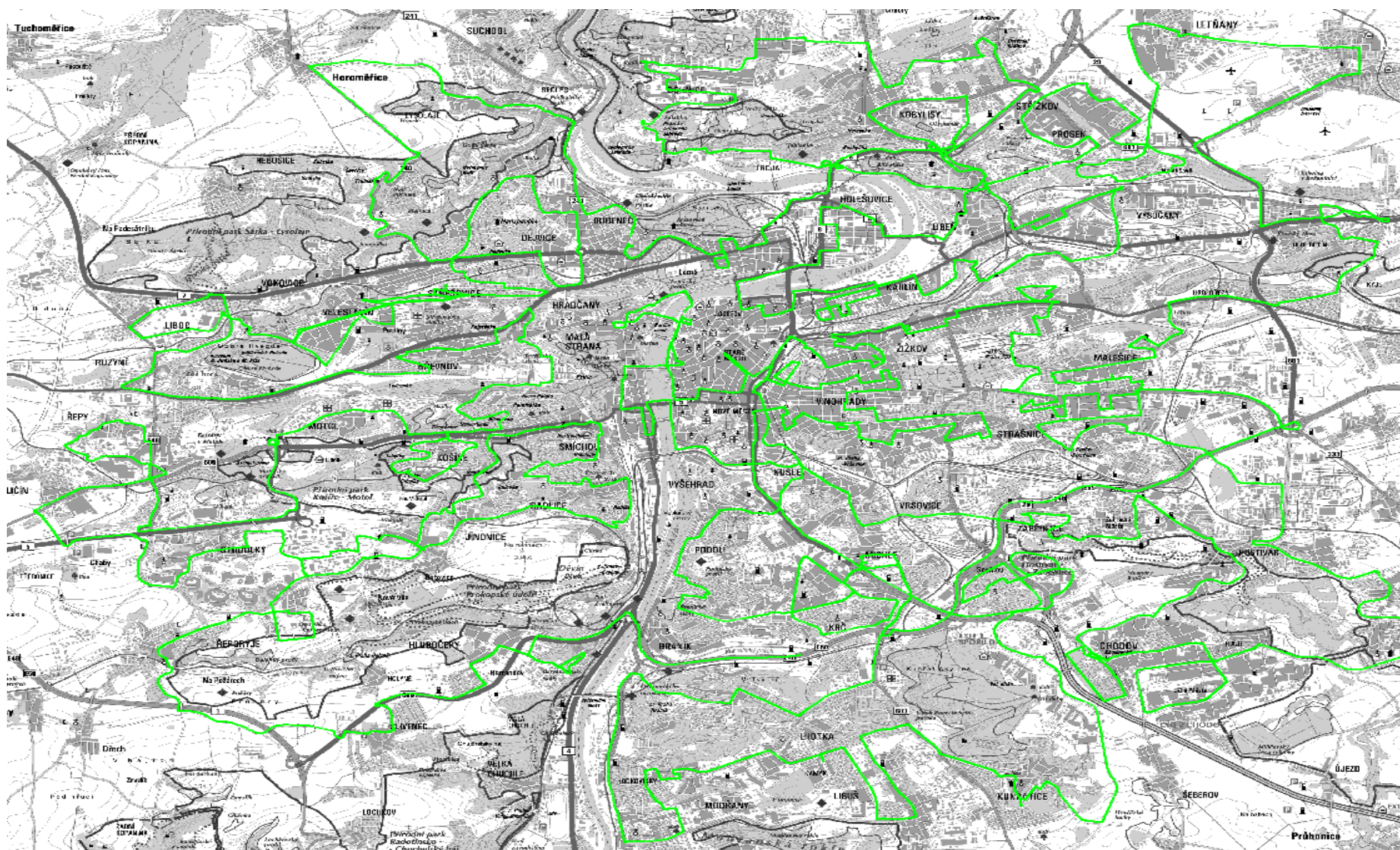
Obr. 11. Trasa v Liberci



Obr. 12. Trasa v Ostravě



Obr. 13. Trasa v Plzni



Obr. 14. Trasa v Praze