

Elektromobilita v městské hromadné přepravě osob

Elektrobusy – hromadné dopravní prostředky pro 21. století

Ing. Jan Černý, hlavní konstruktér
Ing. Lukáš Pech



OBSAH

Cíle MHD pro 21. století

Realizované E-busy SOR

- 1. Realizované projekty trolejbusů
- 2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě
- 3. Hybridní kloubový autobus
- 4. Typová řada elektrobusů

Ekonomický pohled na alternativní pohony autobusů
Dosavadní zkušenosti s provozem elektrobusů
Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů
Závěr



Cíle MHD pro 21. století

	Tramvaj	Autobus	Hybridní autobus	Trolejbus	Elektrobus	
					nyní	další vývoj
Flexibilní	-	++	++	-	++	++
Lokálně bezemisní	+	--	-	+	+	+
Snížená hlučnost	-	--	-	+	++	++
Pohodlná pro cestující	+	+	+	+	(-)	+
Dostatečně kapacitní	++	++	+	+	-	+
Ekonomická	-	+	-	-	(-)	+

Řešení: elektrobus bude po bouřlivém vývoji v trvání cca pěti let nejlépe splňovat zvýšené požadavky pro MHD



1. Realizované projekty trolejbusů











1. Realizované projekty trolejbusů

1.1. Trolejbus TN12 A v karoserii autobusu SOR BN12

Hlavní koncepční znaky

- Trakční motor SKD 120 kW
- Dvoustupňová převodovka PRAGA s neutrálem
- Trakční měnič v motorovém prostoru (firma EP Pintr + Czetro)
- Bez měniče pro pomocné pohony
- Pohon vzduchového kompresoru a čerpadla servořízení od předního konce trakčního motoru



1. Realizované projekty trolejbusů

1.1. Trolejbus TN12 A

Přínosy

- Lehká karoserie
- Lehká elektrovýzbroj

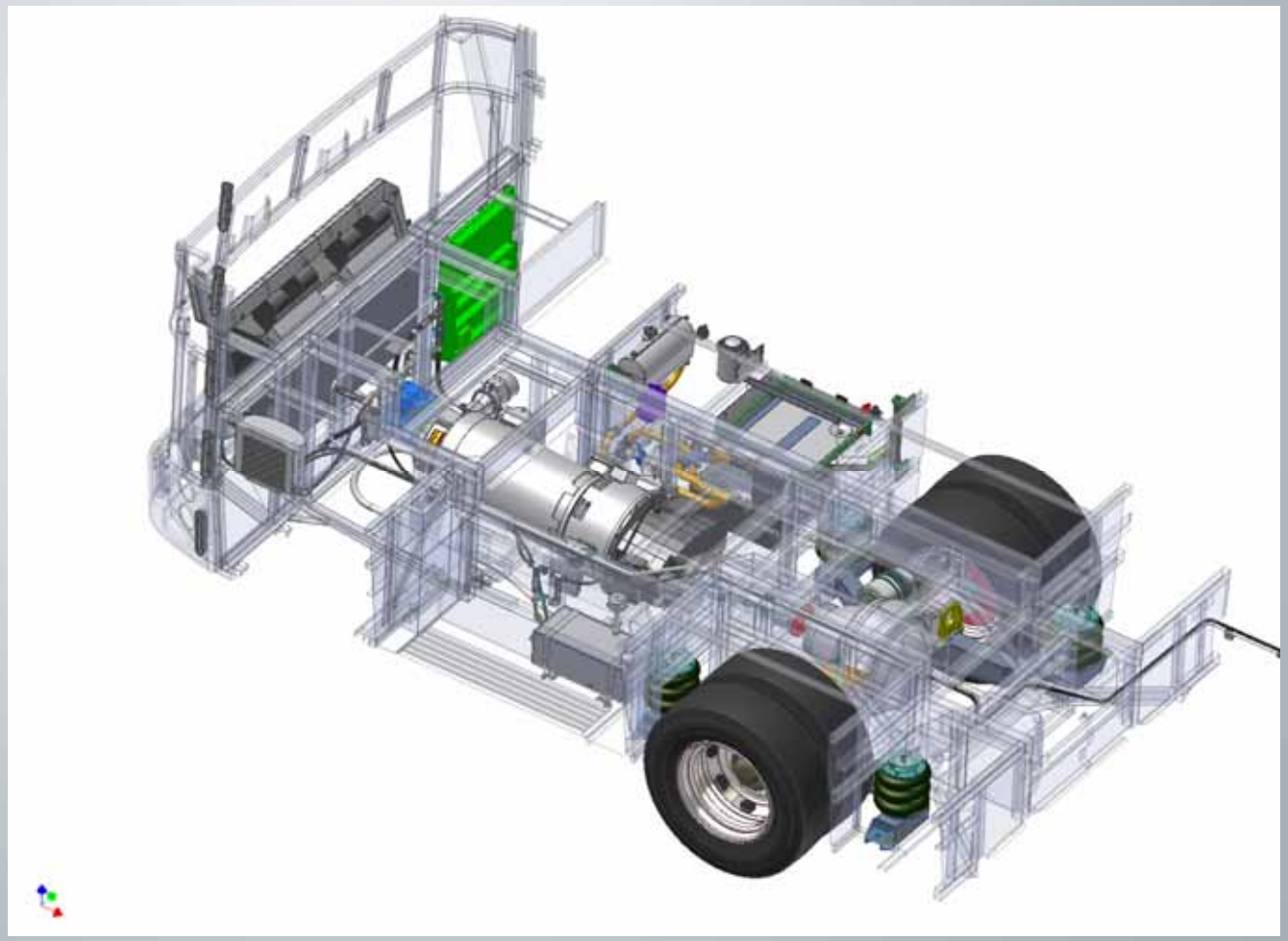
⇒pohotovostní hmotnost 9 300 kg

⇒ úspora hmotnosti 400 kg

1. Realizované projekty trolejbusů

1.1. Trolejbus TN12 A

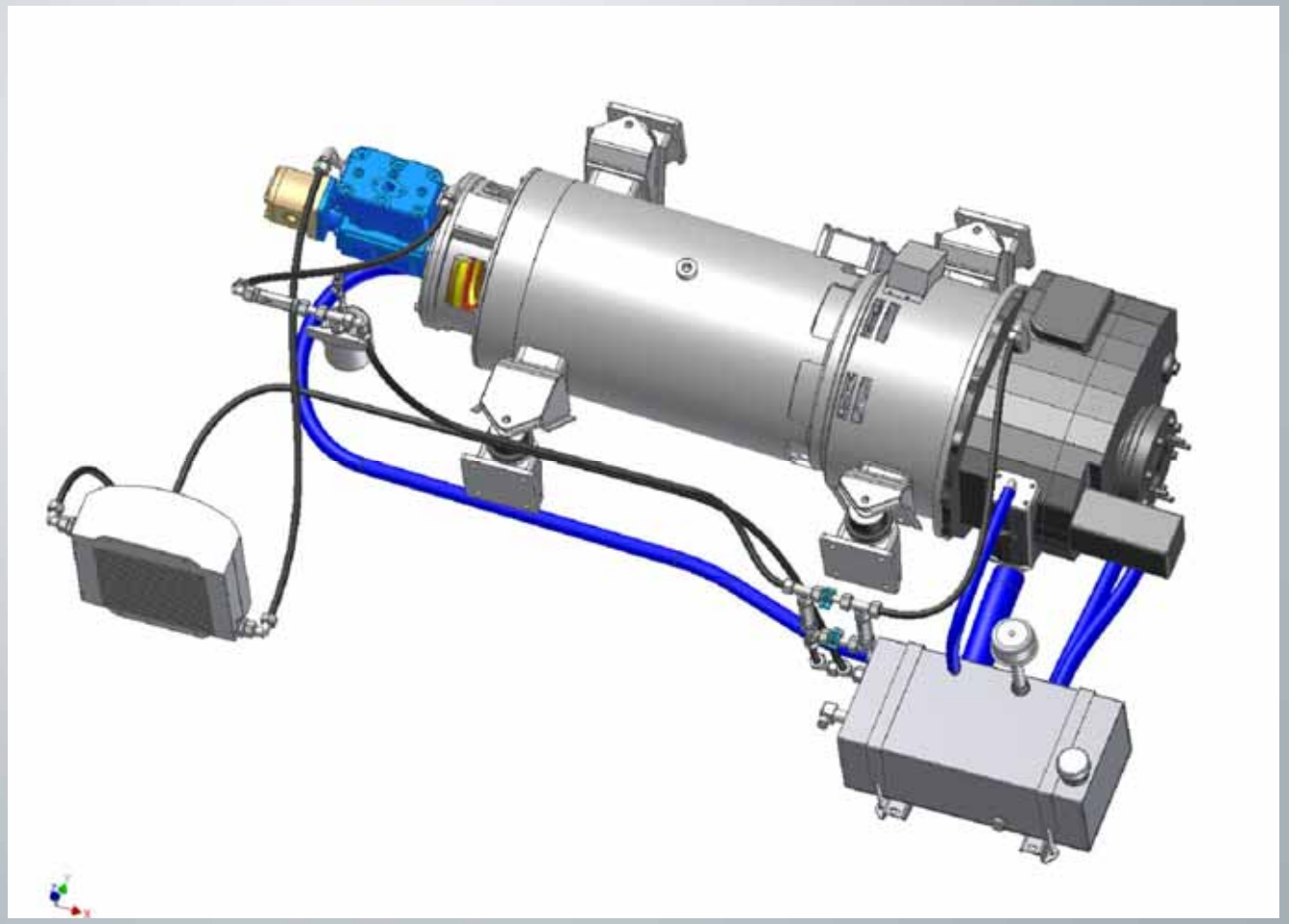
Zástavba agregátu



1. Realizované projekty trolejbusů

1.1. Trolejbus TN12 A

Trakční agregát



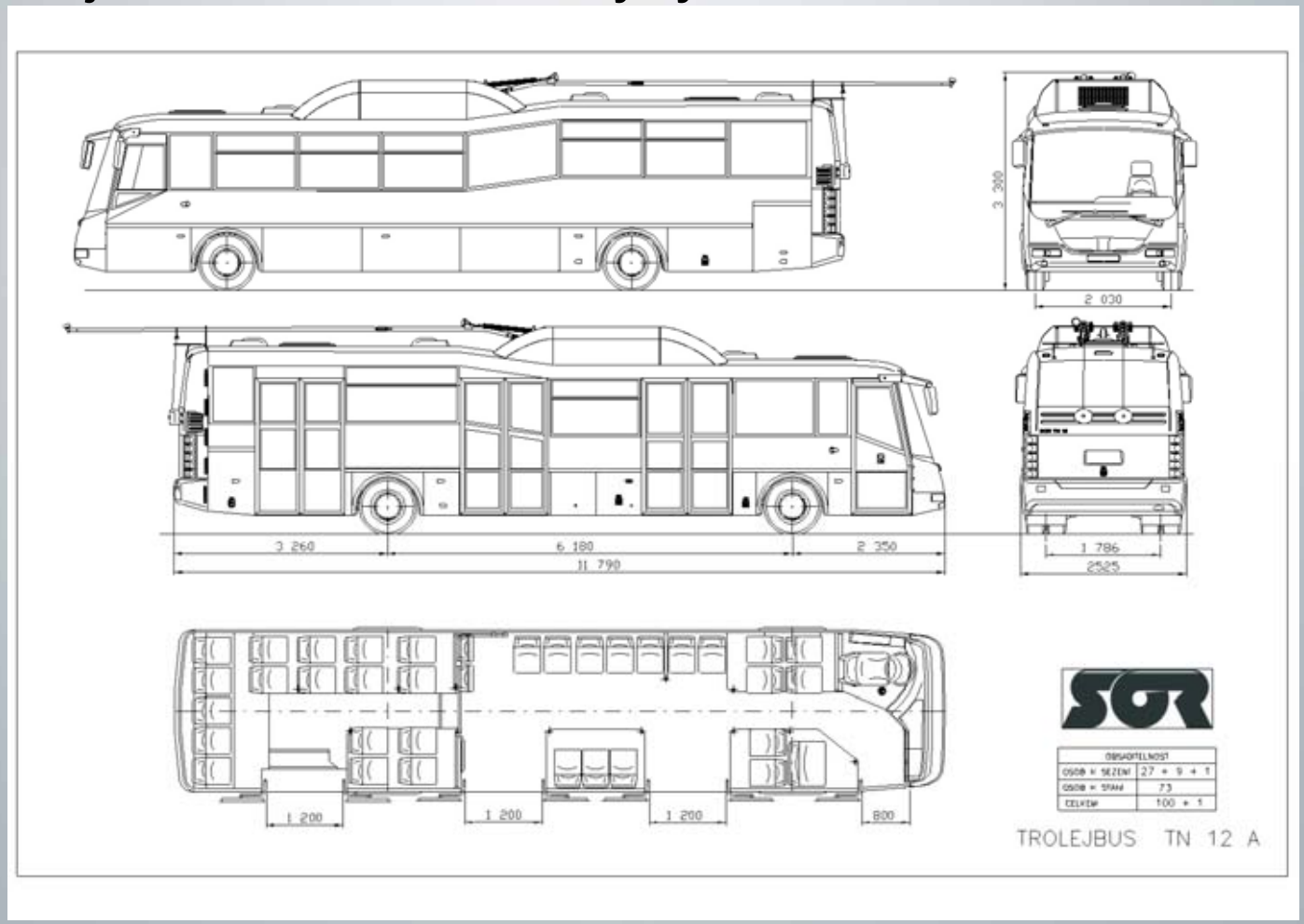
1. Realizované projekty trolejbusů

1.1. Trolejbus TN12 A



1. Realizované projekty trolejbusů

1.1. Trolejbus TN12 A – zástavbový výkres





1. Realizované projekty trolejbusů

1.5. Hlavní technická data trolejbusů SOR

TECHNICKÉ PARAMETRY TROLEJBUSU SOR TN 12 A

typ	TN 12 A		městský trolejbus	
	provedení dveří		čtyřdveřové	třídveřové
rozměry	délka	mm	11 790	11 790
	šířka	mm	2 525	2 525
	výška	mm	3 300	3 300
	rozvor náprav	mm	6 180	6 180
	přední převis	mm	2 350	2 350
	zadní převis	mm	3 260	3 260
karoserie	počet dveří		4	3
	šířka předních dveří	mm	810	810
	šířka středních dveří	mm	1210	- - -
	šířka středních dveří	mm	1210	1210
	šířka zadních dveří		1210	1210
	nástupní výška	mm	320	320
	výška podlahy vpředu	mm	340	340
	výška podlahy vzadu	mm	800	800
hmotnost	provozní	kg	9 600	9 600
	maximální techn. přípustná	kg	16 500	16 500
obsaditelnost	k sezení		27	30
	k stání		73	70
	celkem		100	100
vlastnosti	konstr. rychlost	km/h	75	75
	vnější obrysový poloměr	mm	11 100	11 100
	nájezdový úhel vpředu	°	9	9
	nájezdový úhel vzadu	°	8	8



1. Realizované projekty trolejbusů

1.5. Hlavní technická data trolejbusů SOR

TECHNICKÉ PARAMETRY TROLEJBUSU SOR TN 12 A

trakční motor	SKD Trade a.s.	ATM 120 WO1, 120 kW
převodovka	Praga	2PS / 120.00
přední náprava	SOR BN 004	nezávislé zavěšení
zadní náprava	DANA G150	tuhá, jednostupňová redukce, i=6,50
sběrač	Esko s.r.o. / Elerpro s.r.o.	750 V DC, 600 A, zdvih 3.7 - 6.2 m
trakční měnič	Pintr EP s.r.o.	SBC 10
pérování	pneumatické	vlnovcové pružiny, vpředu 2 / vzadu 4
	ovládání	elektronické, Wabco ECAS
tlumiče	Brano	kapalinové, vpředu 2 / vzadu 4
kola	pneumatiky	285 / 70- R19,5
	disk	19,5x7,5"
brzdy	Alfa Union	elektrodynamická, brzdový odporník OR35
	Wabco PAN19-1	kotoučové, vzduchem ovládané
ABS/ASR	Wabco	systém 4S/4M, verze E
řízení	RBL C 500V	hydraulické monoblokové
topení	elektrický bojler	výměník olej/voda, 28 kW
elektroinstalace	standardní	elektrická výbava vozu
	CAN-bus SAE 1939	komunikace elektronických systémů vozu
akumulátory	Varta	24V / 170 Ah
výbava na přání	- klimatizace řidiče - informační a odbavovací systém dle specifikace zákazníka	

1. Realizované projekty trolejbusů

1.2. Trolejbus TN12 C v karoserii autobusu SOR BN12

- Standardní elektrovýzbroj CEGELEC
- Šestipólový asynchronní elektromotor PRAGOIMEX 175 kW
- Měnič pro pomocné pohony pro pohon:
  - hydraulického čerpadla servořízení
  - rotačního lamelového kompresoru

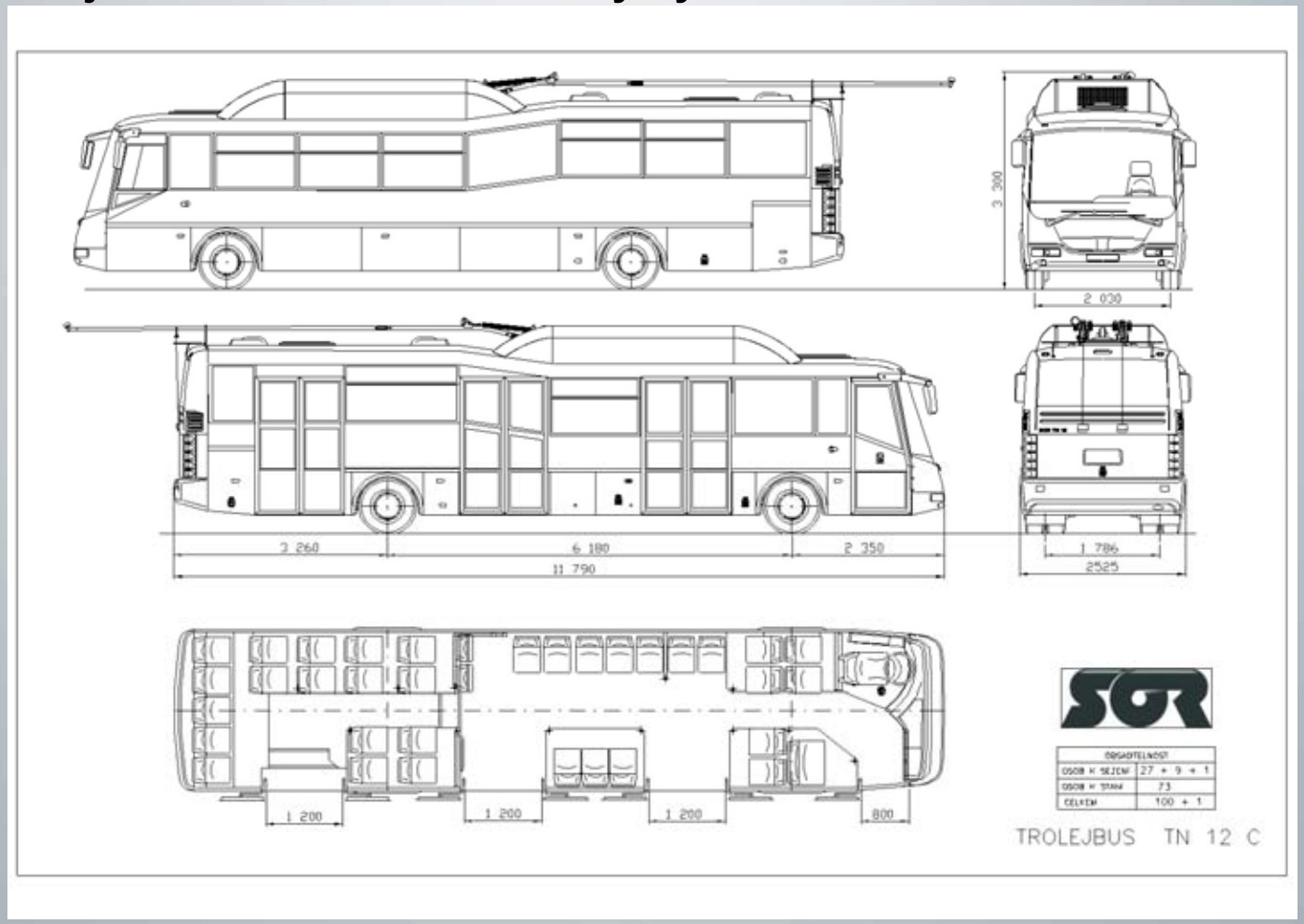
1. Realizované projekty trolejbusů

1.2. Trolejbus TN12 C



1. Realizované projekty trolejbusů

1.2. Trolejbus TN12 C – zástavbový výkres





1. Realizované projekty trolejbusů

1.3. Trolejbus TNB12 v karoserii autobusu SOR NB12

- Standardní elektrovýzbroj CEGELEC
- Šestipólový asynchronní elektromotor PRAGOIMEX 175 kW
- Měnič pro pomocné pohony

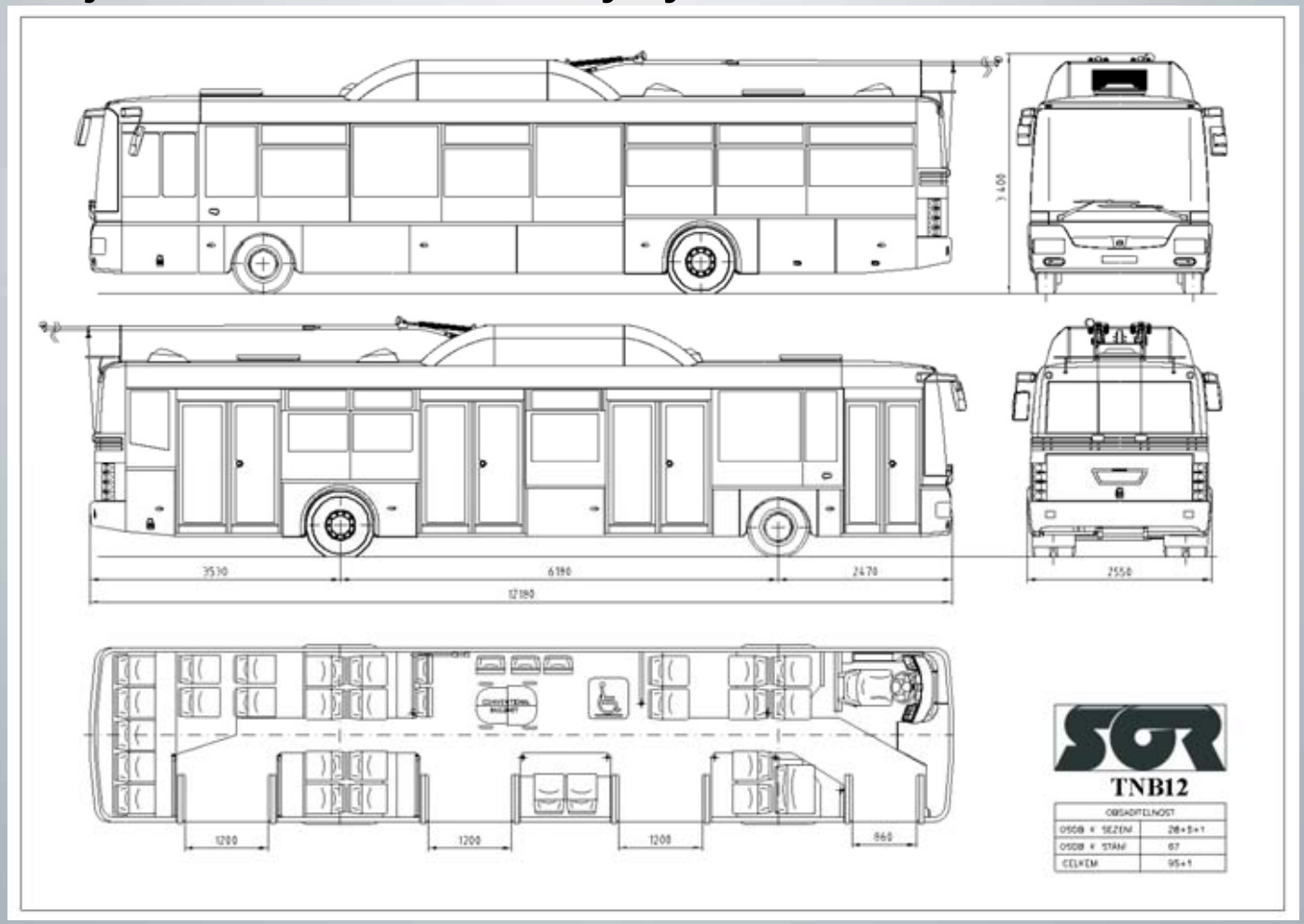
1. Realizované projekty trolejbusů

1.3. Trolejbus TNB12



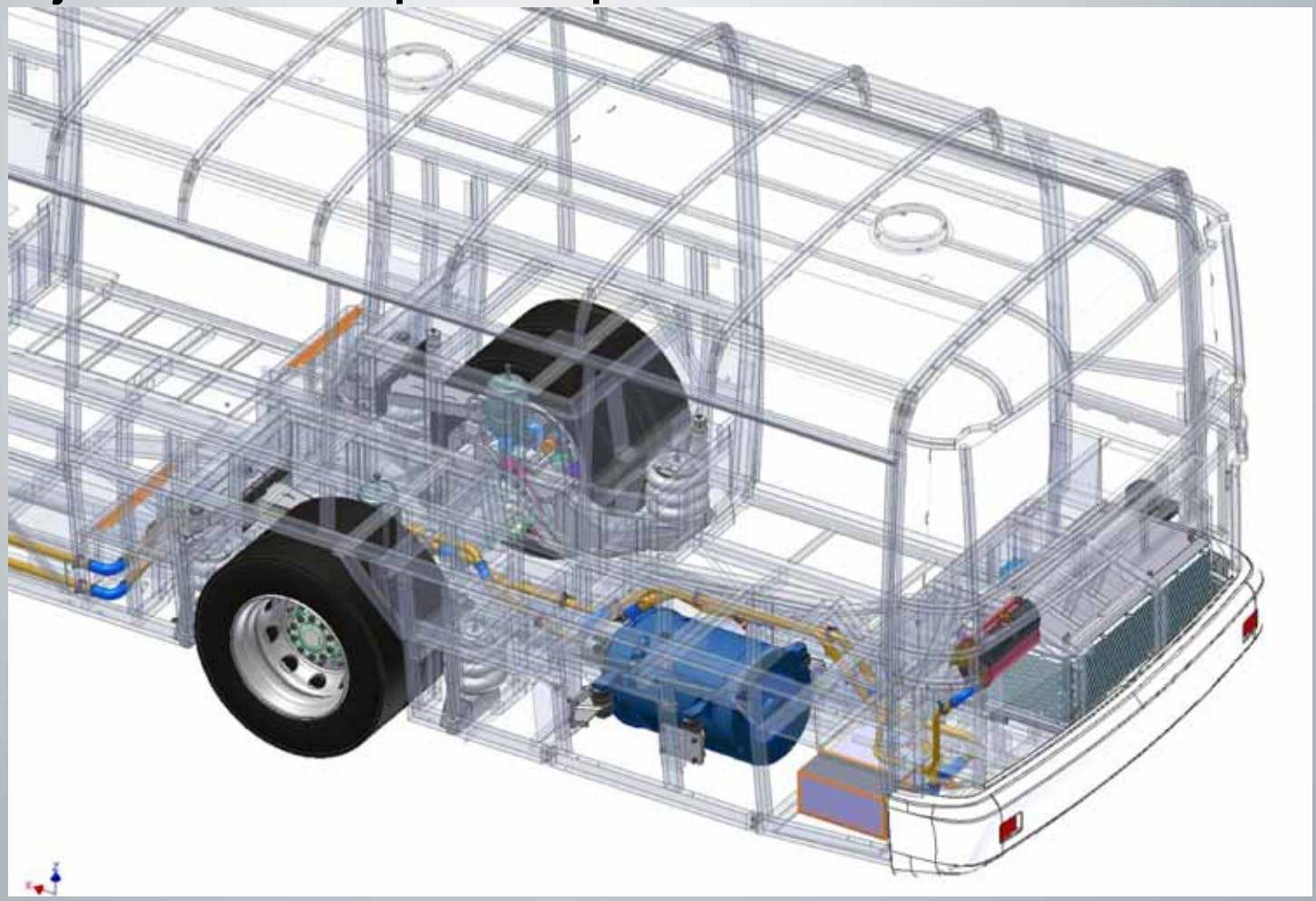
1. Realizované projekty trolejbusů

1.3. Trolejbus TNB12 – zástavbový výkres



1. Realizované projekty trolejbusů

1.3. Trolejbus TNB12 – uspořádání pohonu



1. Realizované projekty trolejbusů

1.3. Trolejbus TNB12 zástavba měniče a sběračů





1. Realizované projekty trolejbusů

1.4. Kloubový trolejbus TNB18 – v karoserii kloubového autobusu SOR NB18

- Standardní elektrovýzbroj CEGELEC
- Šestipólový asynchronní elektromotor PRAGOIMEX 250 kW
- Měnič pro pomocné pohony

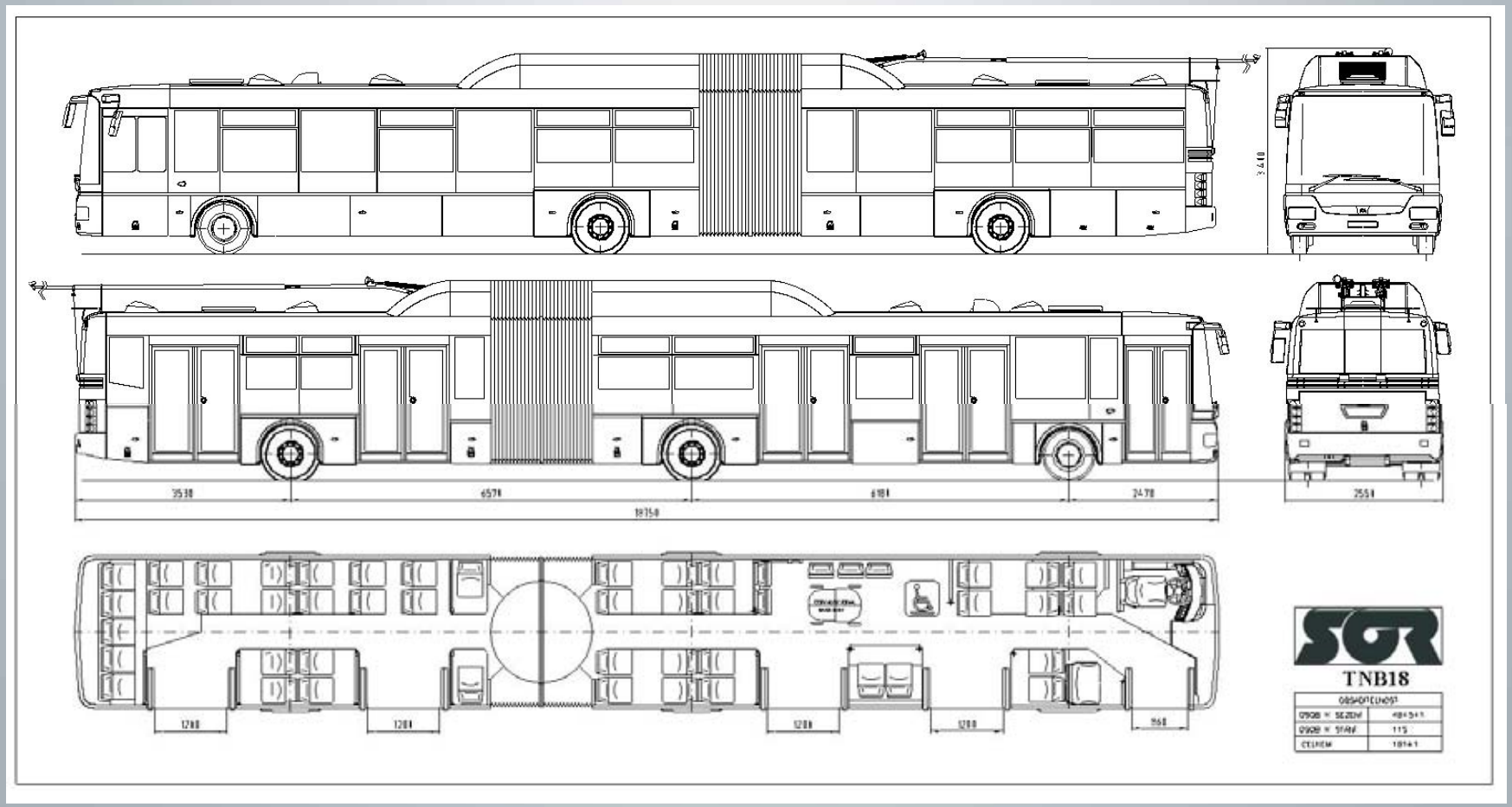
1. Realizované projekty trolejbusů

1.4. Kloubový trolejbus TNB18



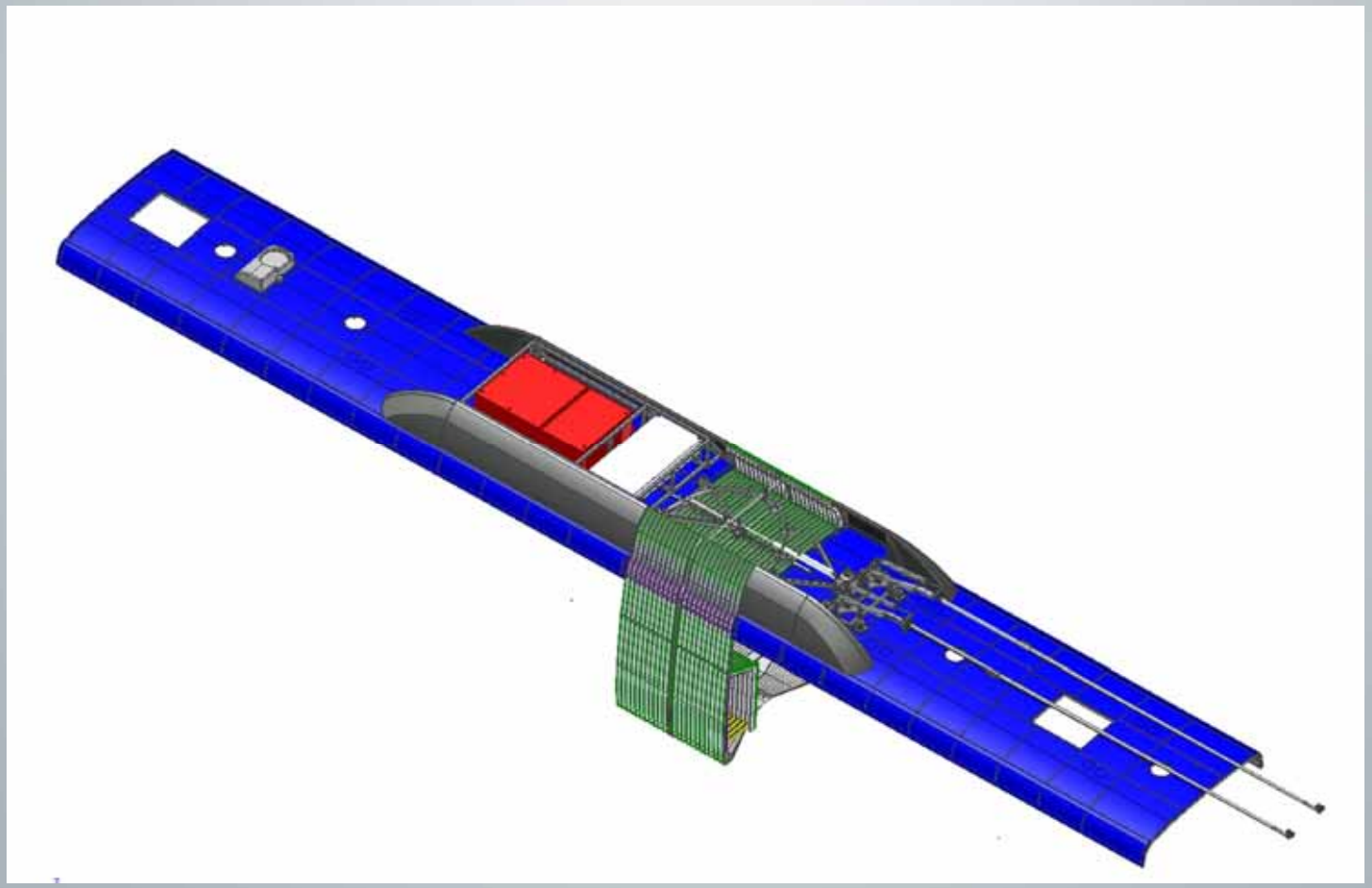
1. Realizované projekty trolejbusů

1.4. Kloubový trolejbus TNB18 – zástavbový výkres



1. Realizované projekty trolejbusů

1.4. Kloubový trolejbus TNB18 – zástavba trakčního měniče a sběračů





1. Realizované projekty trolejbusů

1.5. Hlavní technická data trolejbusů SOR

TROLEJBUSY SOR s výzbrojí CEGELEC

typ			SOR TN 12 C		SOR TNB 12		SOR TNB 18
	provedení dveří		čtyřdveřové	třídveřové	čtyřdvéřové	třídvéřové	pětidvéřové
rozměry	délka	mm	11 790	11 790	12 180	12 180	18 750
	šířka	mm	2 525	2 525	2 550	2 550	2 550
	výška	mm	3 300	3 300	3 400	3 400	3 400
	rozvor náprav	mm	6 180	6 180	6 180	6 180	6 180/6 570
	přední převis	mm	2 350	2 350	2 470	2 470	2 470
	zadní převis	mm	3 300	3 300	3 530	3 530	3 530
karoserie	počet dveří		4	3	4	3	5
	šířka předních dveří	mm	810	810	860	860	800
	šířka středních dveří	mm	1210	- - -	1200	- - -	1 200
	šířka středních dveří	mm	1210	1210	1200	1 200	1 200
	šířka zadních dveří		1210	1210	1200	1 200	1200 / 1200
	nástupní výška	mm	320	320	320	320	320
	výška podlahy vpředu	mm	360	360	360	360	360
	výška podlahy vzadu	mm	800	800	360	360	360
hmotnost	provozní	kg	9 700	9 700	10 200	10 200	14 900
	maximální techn. přípustná	kg	16 500	16 500	16 700	16 700	25 500
obsaditelnost	k sezení		27	30	28	32	46
	k stání		70	68	67	63	115
	celkem		97	98	95	95	161
vlastnosti	konstr. rychlost	km/h	70	70	70	70	70
	vnější obrysový poloměr	mm	11 100	11 100	11 250	11 250	11 250
	nájezdový úhel vpředu	°	9	9	7	7	7
	nájezdový úhel vzadu	°	8	8	7	7	7



1. Realizované projekty trolejbusů

1.5. Hlavní technická data trolejbusů SOR

TROLEJBUSY SOR s výzbrojí CEGELEC

trakční motor	Pragoimex a. s.	TAM 1050 C6B - 175 kW	TAM 1050 C6B - 175 kW	TAM 1056 C6 - 250 kW
provedení	asynchronní	třífázový, šestipólvý	třífázový šestipólový	třífázový šestipólový
přední náprava	SOR BN 004	nezávislé zavěšení	nezávislé zavěšení	nezávislé zavěšení
zadní náprava	tuhá hnací	RÁBA i = 6,14	VOITH i = 6,29, portálová	VOITH i = 6,29, portálová
sběrač	Lekov	TSS 5.4 - 750 VDC, 600A	TSS 5.1 V - 750 VDC, 600 A	TSS 5.1 V - 750 VDC, 600 A
trakční měnič	Cegelec a. s.	CAC 250 - 750 VDC, 350 A	CAC 250 NF - 750 VDC, 350 A	CAC 201 NF - 750 VDC, 500 A
pérování	pneumatické	vlnovcové pružiny, vpředu 2 / vzadu 4	vlnovcové pružiny, vpředu 2 / vzadu 4	vlnovcové pružiny, vpředu 2 / vzadu 4
ovládání	Wabco - ECAS	elektronické	elektronické	elektronické
tlumiče	Brano a. s. - kapalinové	vpředu 2 / vzadu 4	vpředu 2 / vzadu 4	vpředu 2 / vzadu 4
kola	pneumatiky	285 / 70 - R19,5	vpředu - 285 / 70 - R19,5 vzadu - 275 / 70 - R22,5	vpředu - 285 / 70 - R19,5 vzadu - 275 / 70 - R22,5
	disk	19,5 x 7,5"	vpředu - 19,5 x 7,5" vzadu - 22,5 x 7,5"	vpředu - 19,5 x 7,5" vzadu - 22,5 x 7,5"
brzdy	Cegelec - elektrodynamická	brzdový odporník 300 kW	brzdový odporník 300 kW	brzdový odporník 270 kW
	vzduchové, kotoučové	Wabco PAN 19 - 1	vpředu - Wabco PAN 19 - 1 vzadu - Knorr SN7	vpředu - Wabco PAN 19 - 1 vzadu - Knorr SN7
ABS/ASR	Wabco	systém 4S/4M, verze E	systém 4S/4M, verze E	systém 4S/4M, verze E
řízení	hydraulické monoblokové	RBL C 500V	RBL C 500V	RBL C 500V
topení	elektrický bojler	28,8 kW	28,8 kW	36,9 kW
elektroinstalace	standardní	elektrická výbava vozu	- - -	- - -
	CAN-bus SAE 1939	komunikace elektronických systémů vozu	plně multiplexový systém	plně multiplexový systém
akumulátory	Varta	24V / 170 Ah	24V / 170 Ah	24V / 170 Ah
výbava na přání	klimatizace	Autoklima Frisco 3000	Autoklima Frisco 3000	Autoklima Frisco 3000

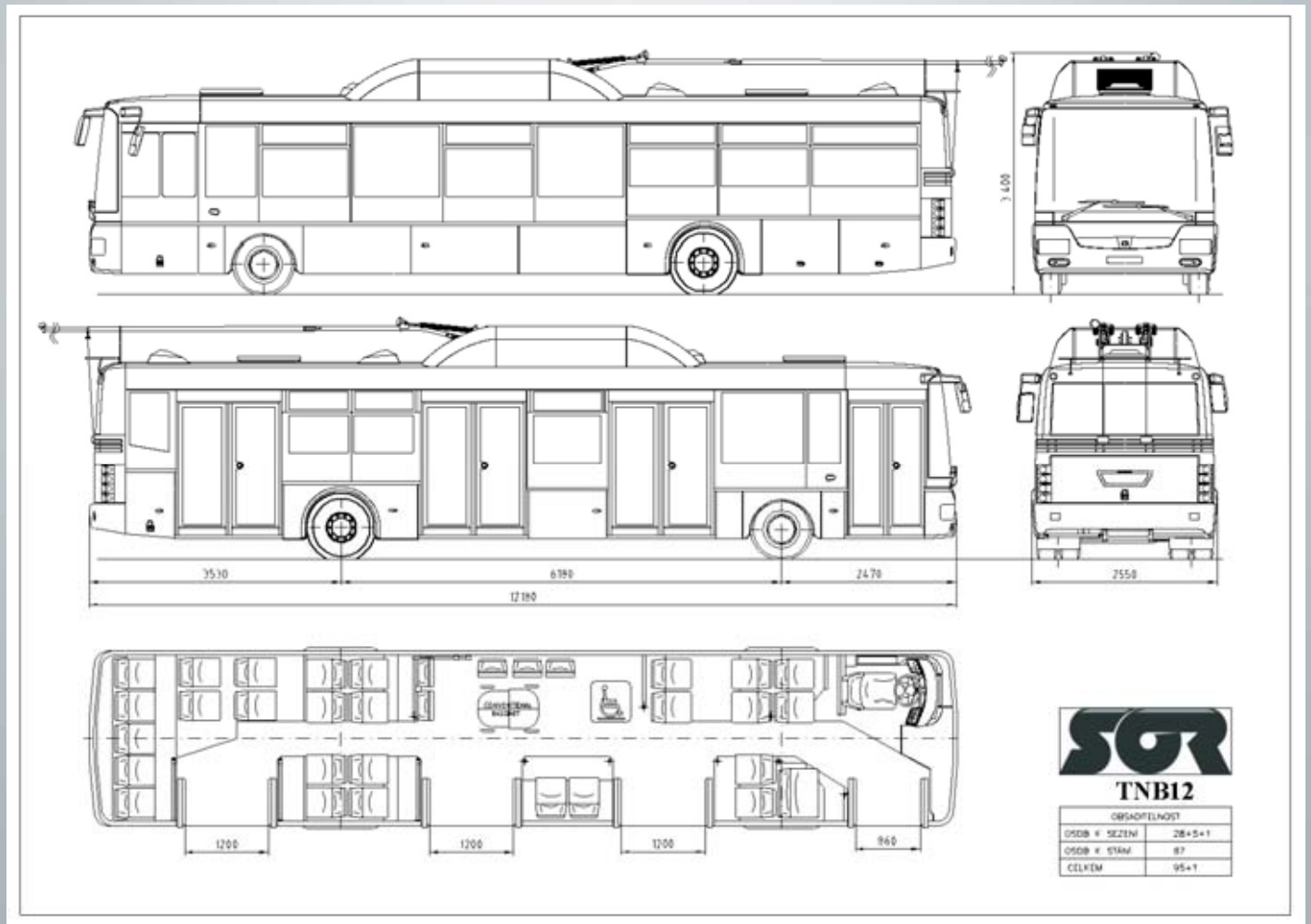
2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.1. Trolejbus SOR TNB12 – Škoda Tr 30



2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.1. Trolejbus SOR TNB12 – Škoda Tr 30 – zástavbový výkres



2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.1. Trolejbus SOR TNB12 – Škoda Tr 30 – trolejbusy v provozu

- Bánská Bystrica 19
- Hradec Králové 10

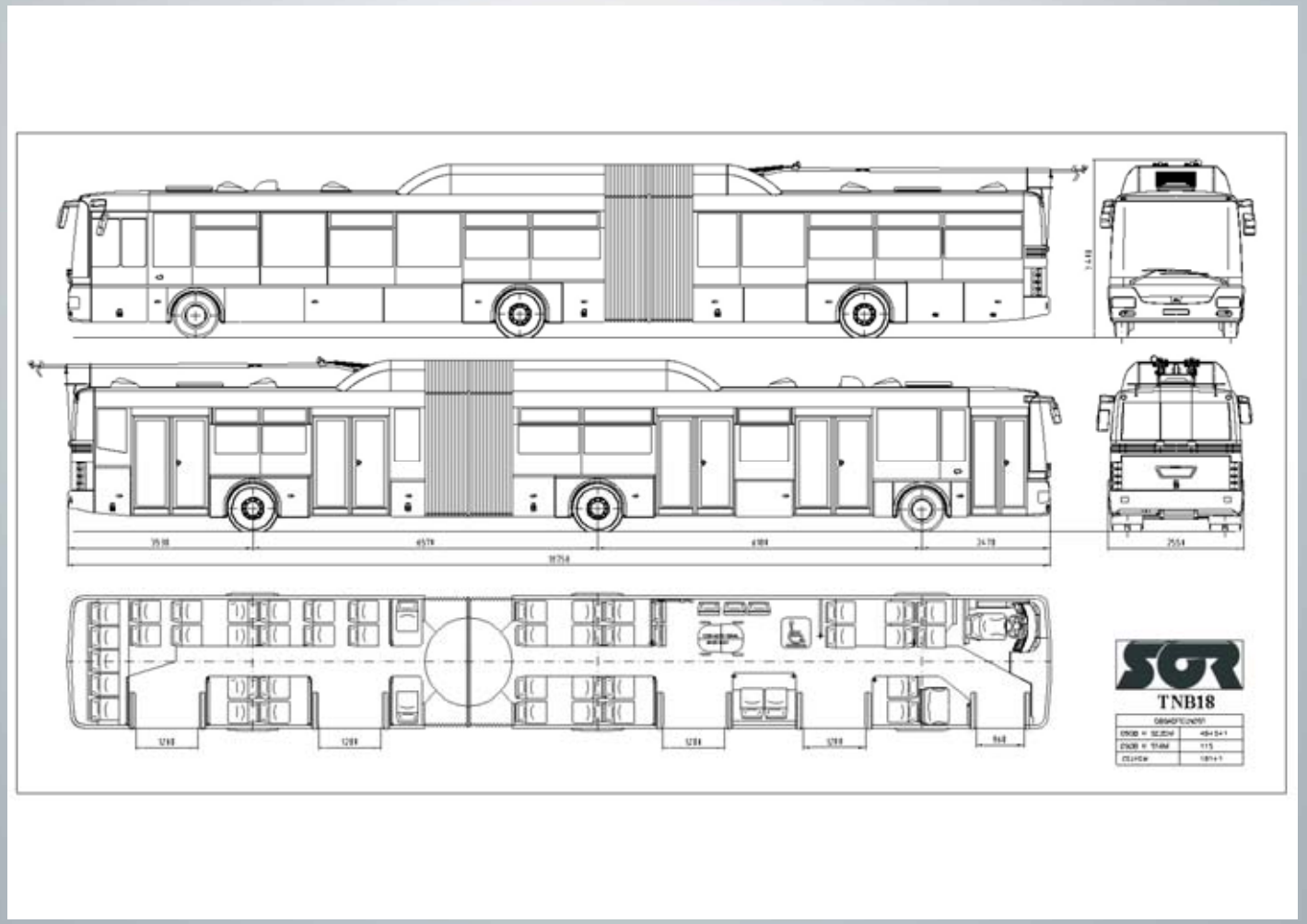
2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.2. Kloubový trolejbus SOR TNB18 – Škoda Tr 31



2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.2. Kloubový trolejbus SOR TNB18 – Škoda Tr 31 – zástavbový výkres



2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.2. Kloubový trolejbus SOR TNB18 – Škoda Tr 31 – trolejbusy v provozu

- Hradec Králové 11
- Prešov 2 (další 4 ks. v roce 2012)

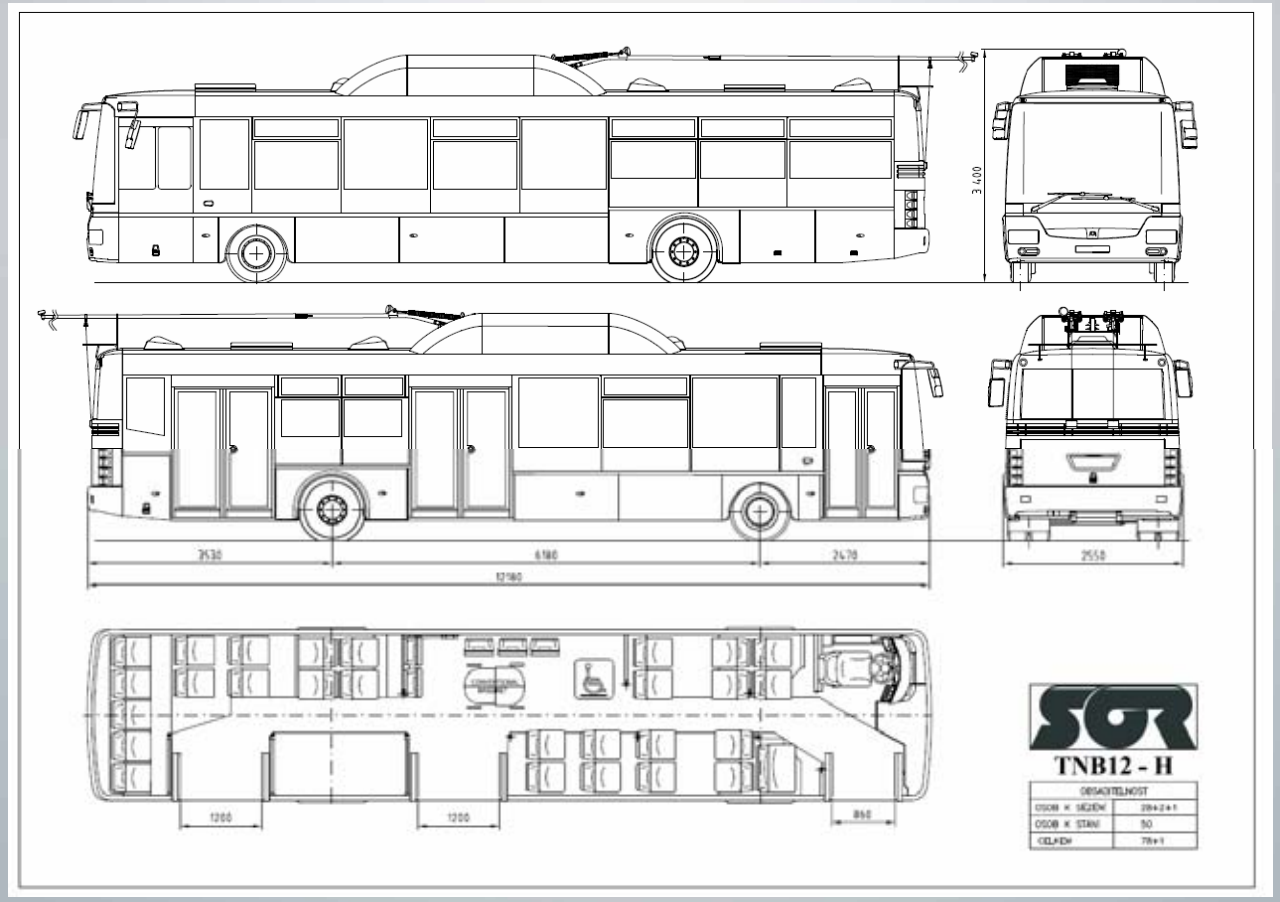
2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.3. Hybridní trolejbus SOR TNBH12 – Škoda Tr 30 DG



2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.3. Hybridní trolejbus SOR TNBH12 – Škoda Tr 30 DG – zástavbový výkres





2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.3. Hybridní trolejbus SOR TNBH12 – Škoda Tr 30 DG – trolejbusy v provozu

- dva hybridní trolejbusy objednány pro DP Hradec Králové



2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

2.4. Hlavní technická data trolejbusů SOR s výzbrojí Škoda

typ			TNB12	TNBH 12	TNB18
rozměry	délka	mm	**12 180**	**12 180**	**18 750**
	šířka	mm	**2 550**	**2 550**	**2 550**
	výška	mm	**3 400**	**3 400**	**3 400**
	rozvor náprav	mm	**6 180**	**6 180**	**6 180/6 570**
	přední převis	mm	**2 470**	**2 470**	**2 470**
	zadní převis	mm	**3 530**	**3 530**	**3 530**
karoserie	počet dveří		**4**	**4**	**5**
	šířka předních dveří	mm	**800**	**800**	**800**
	šířka ostatních dveří	mm	**1 200**	**1 200**	**1 200**
	nástupní výška	mm	**320**	**320**	**320**
	výška podlahy	mm	**360**	**360**	**360**
hmotnost	provozní	kg	**10 500**	**11 800**	**16 000**
	maximální techn. přípustná	kg	**17 300**	**17 300**	**27 500**
obsaditelnost	k sezení		**32**	**28**	**50**
	k stání		**66**	**50**	**116**
	celkem		**98**	**78**	**166**
vlastnosti	konstr. rychlost	km/h	**70**	**70**	**70**
	vnější obrysový poloměr	mm	**11250**	**11 250**	**11 250**
	nájezdový úhel vpředu	°	**7**	**7**	**7**
	nájezdový úhel vzadu	°	**7**	**7**	**7**



2. Trolejbusy SOR v sériové výrobě

motor	**ŠKODA**	4 ML3444 K/4 - 160 kW	2ML 3846 K/6 - 250 kW
provedení	**asynchronní**	třífázový, čtyřpólový	třífázový, šestipólový
přední náprava	**SOR NB 004**	nezávislé zavěšení	nezávislé zavěšení
střední náprava	**ZF AVN 132**		portálová, nehnaná
zadní náprava	**ZF AV 132/80°-7°**	portálová, hnací, i = 9,84	portálová, hnací, i = 6,2
sběrač	**Lekov**	TSS 5.1 - DC 750V, 500A	TSS 5.7 - DC 750V, 600A
trakční měnič	**Skoda**	střešní jednotka SJ 3.1	střešní jednotka SJ 4.3
pérování	**pneumatické**	vlnovce, přední 2/ střední 4/ zadní 4	
	ovládání	elektronické, Wabco ECAS	
tlumiče	**Brano**	kapalinové, přední 2 / střední 4/ zadní 4	
kola	**pneumatiky přední**	285/70 - R19,5	
	disk přední	19,5x7,5"	
	pneumatiky střední/ zadní	275/70 - R22,5	
	disk střední/ zadní	22,5x8,25"	
brzdy	**elektrodynamická**	odporník GINO GmbH 3PQ4-B00456	odporník Heine Resistors GmbH, BWD138
	kotoučové, vzduchem ovládan	vpředu Knorr SN6	
		střední / zadní Knorr SB7	
EBS	**Wabco**	systém 4S/4M	systém 6S/6M
řízení	**RBL C 500V**	hydraulické monoblokové	
topení	**Eltop**	elektrické, výkon 36,9 kW	
elektroinstalace	**CAN-bus SAE 1939**	plně multiplexový systém	
akumulátory	**Varta**	24V / 225 Ah	
výbava na přání	- klimatizace řidiče		
	- centrální mazání přední nápravy		
	- informační a odbavovací systém dle specifikace zákazníka		

3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.1. Zástavbový výkres



3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.2. Hlavní technická data

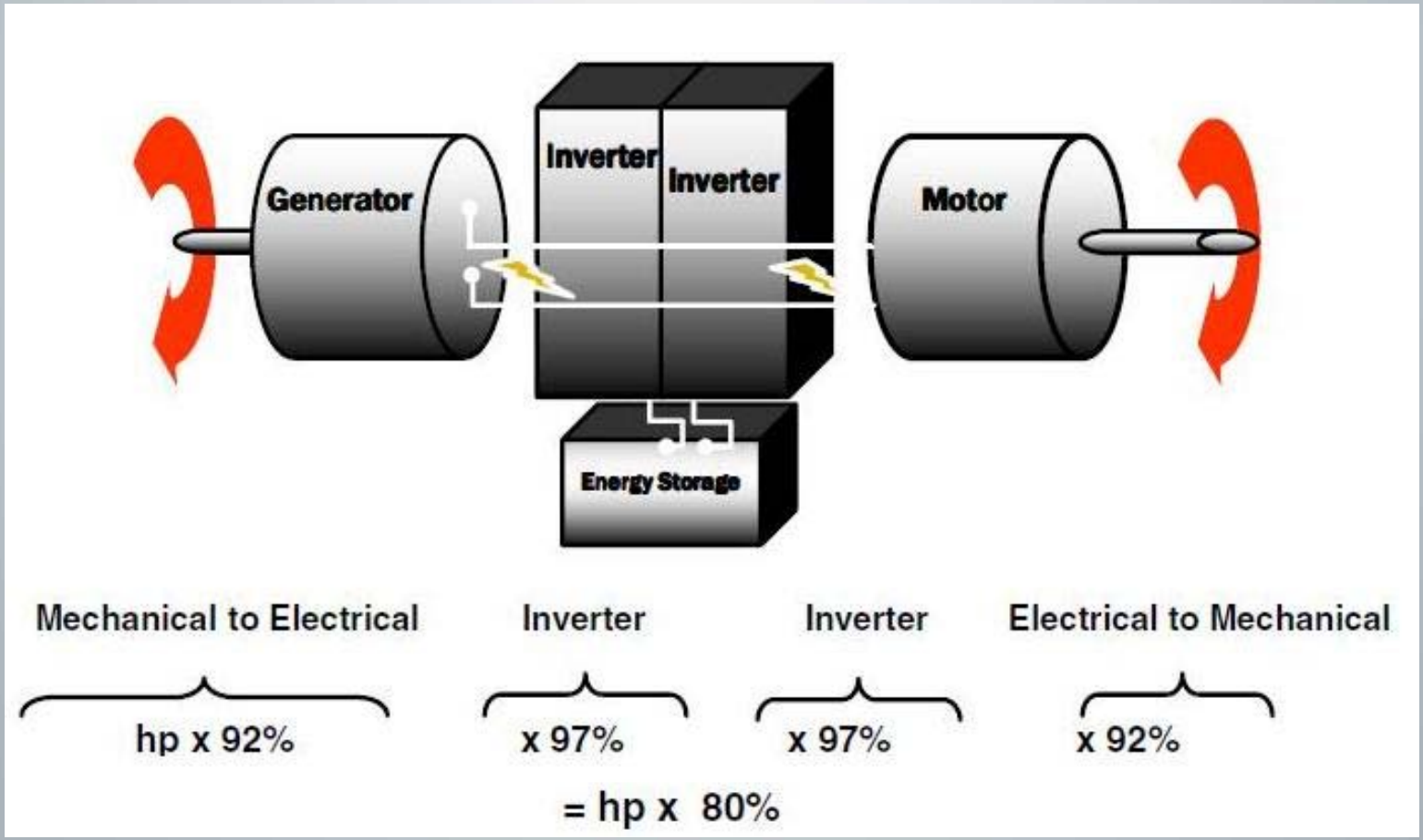
typ	NBH 18			
rozměry	délka	mm	18 750	
	šířka	mm	2 550	
	výška	mm	3 300	
	rozvor náprav	mm	6 180/6 570	
	přední převis	mm	2 470	
	zadní převis	mm	3 530	
karoserie	počet dveří		5	
	šířka předních dveří	mm	800	
	šířka ostatních dveří	mm	1200	
	nástupní výška	mm	320	
	výška podlahy	mm	340	
hmotnost	provozní	kg	16 500	
	maximální techn. přípustná	kg	25 500	
obsaditelnost	k sezení		44	
	k stání		88	
	celkem		132	
vlastnosti	konstr. rychlost	km/h	80	
	vnější obrysový poloměr	mm	11 250	
	nájezdový úhel vpředu	°	7	
	nájezdový úhel vzadu	°	7	

3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

motor	**Cummins ISB 6.7 E5 250B**	Euro 5, 184 kW/2300 min^{-1}; 1020 Nm/1500 min-1
Hybridní systém Allison	**Hnací jednotka (Drive unit - DU) EP 50**	Allison EP 50, 2 integrované elektormotry, chlazen olejem společně s DPIM
	Akumulátory (Energy storage system-ESS)	NiMH, nominální napětí DC - 600V
	AC/DC převodník napětí (Dual power inventer module-DPIM)	převod z AC na DC proud pro Allison EP 50, chlazen olejem společně s DU
přední náprava	**SOR NB 004**	nezávislé zavěšení
střední náprava	**Voith BDA 115**	portálová, nehnaná
zadní náprava	**Voith BRA 132 DC80**	portálová, hnací, i=5,19
pérování	**pneumatické**	vlnovce, přední 2/ střední 4/ zadní 4
	ovládání	elektronické, Wabco ECAS
tlumiče	**Brano**	kapalinové, přední 2 / střední 4/ zadní 4
kola	**pneumatiky přední**	285 / 70- R19,5
	disk přední	19,5x7,5"
	pneumatiky střední/ zadní	2 x 275/70 R 22,5
	disk střední/ zadní	2 x 22,5 x 8,25"
brzdy	**přední Wabco PAN19-1**	kotoučové, vzduchem ovládané
	střední/ zadní Knorr SN7	kotoučové, vzduchem ovládané
ABS/ASR	**Wabco**	systém 6S/6M, verze E
řízení	**RBL C 500V**	hydraulické monoblokové
nezávislé topení	**Eberspaecher Hydronic 24**	naftové, výkon 30 kW
elektroinstalace	**CAN-bus SAE 1939**	plně multiplexový systém
akumulátory	**Varta**	24V / 225 Ah
výbava na přání	- klimatizace řidiče	
	- informační a odbavovací systém dle specifikace zákazníka	
	- brzdový systém EBS	

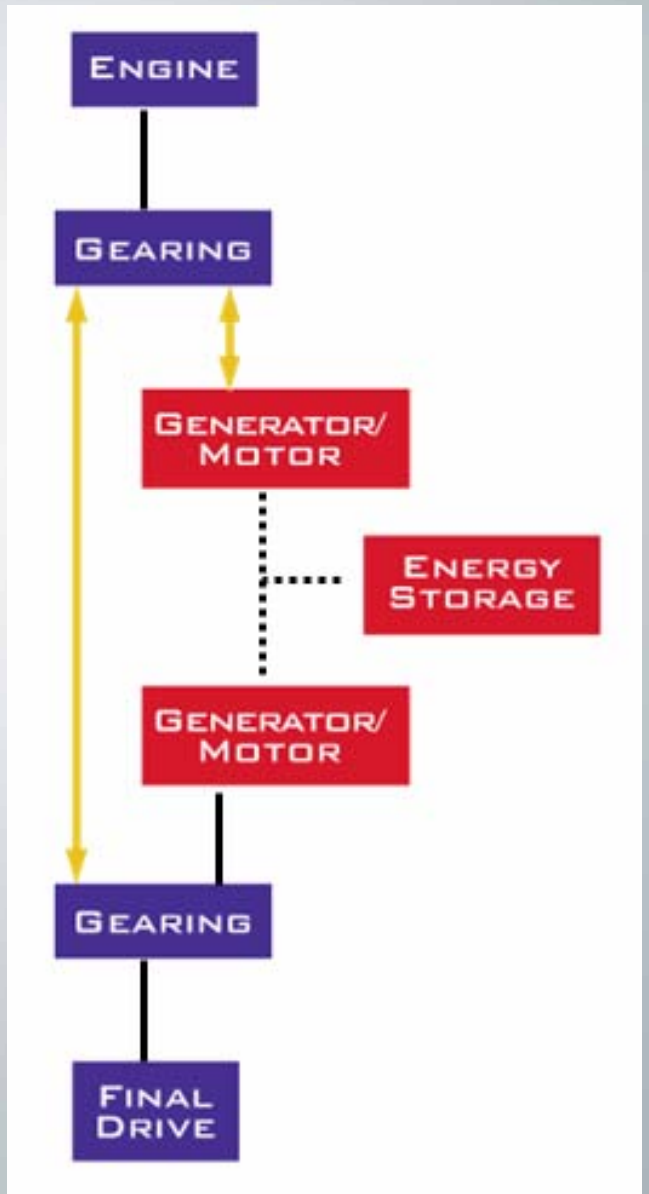
3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.3. Sériový hybrid



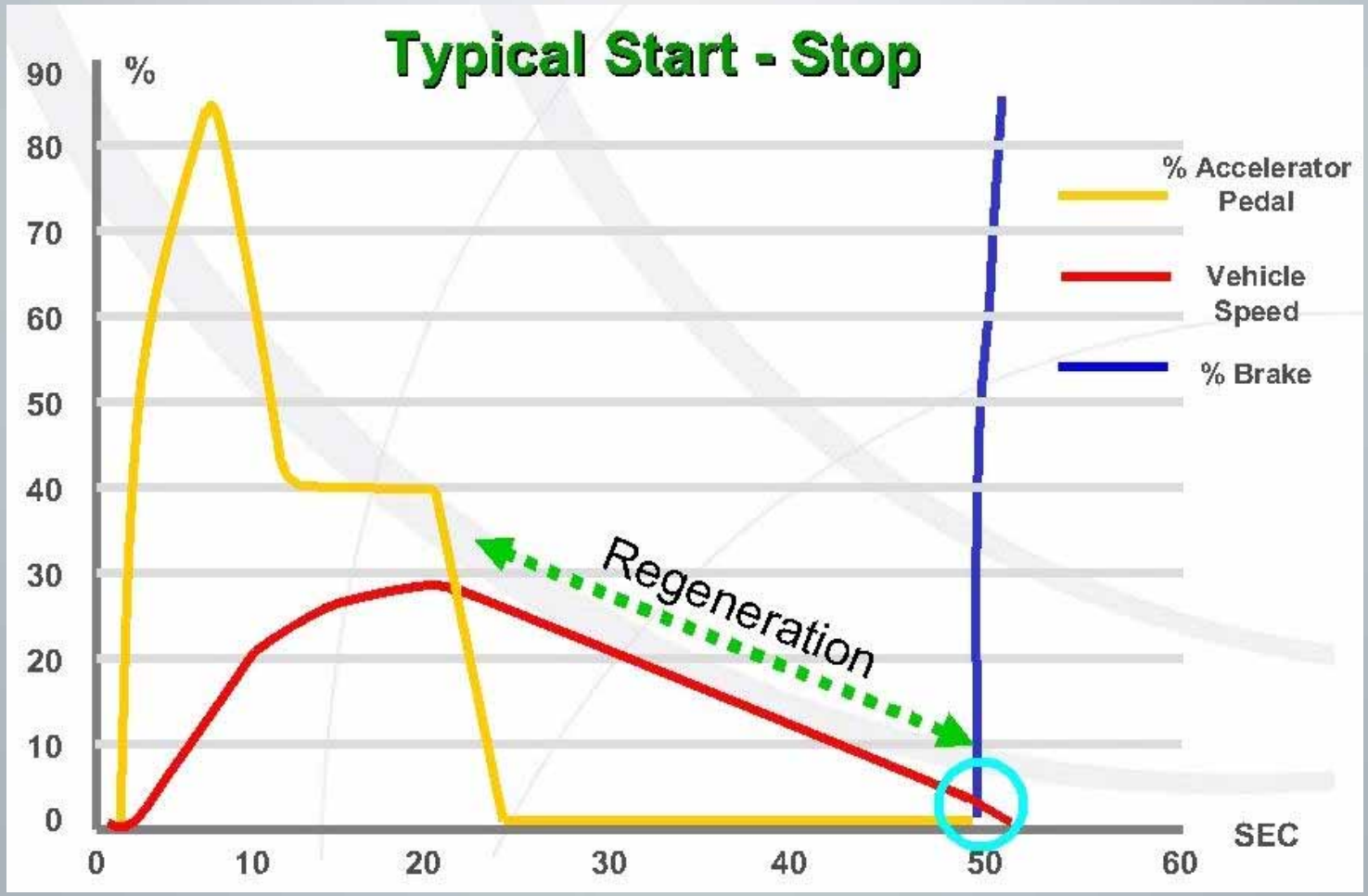
3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.4. Paralelní hybrid Allison



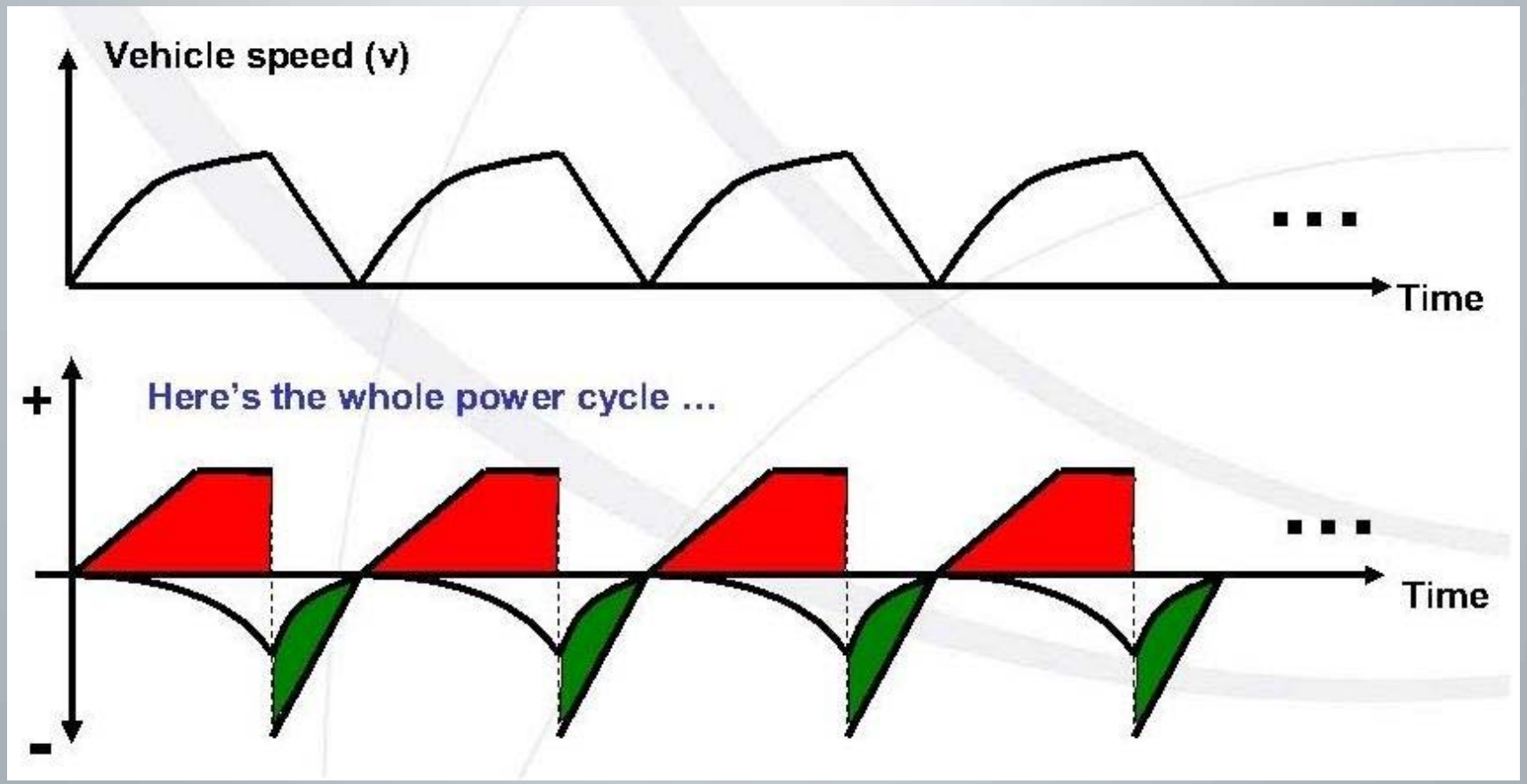
3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.5. Rekuperace



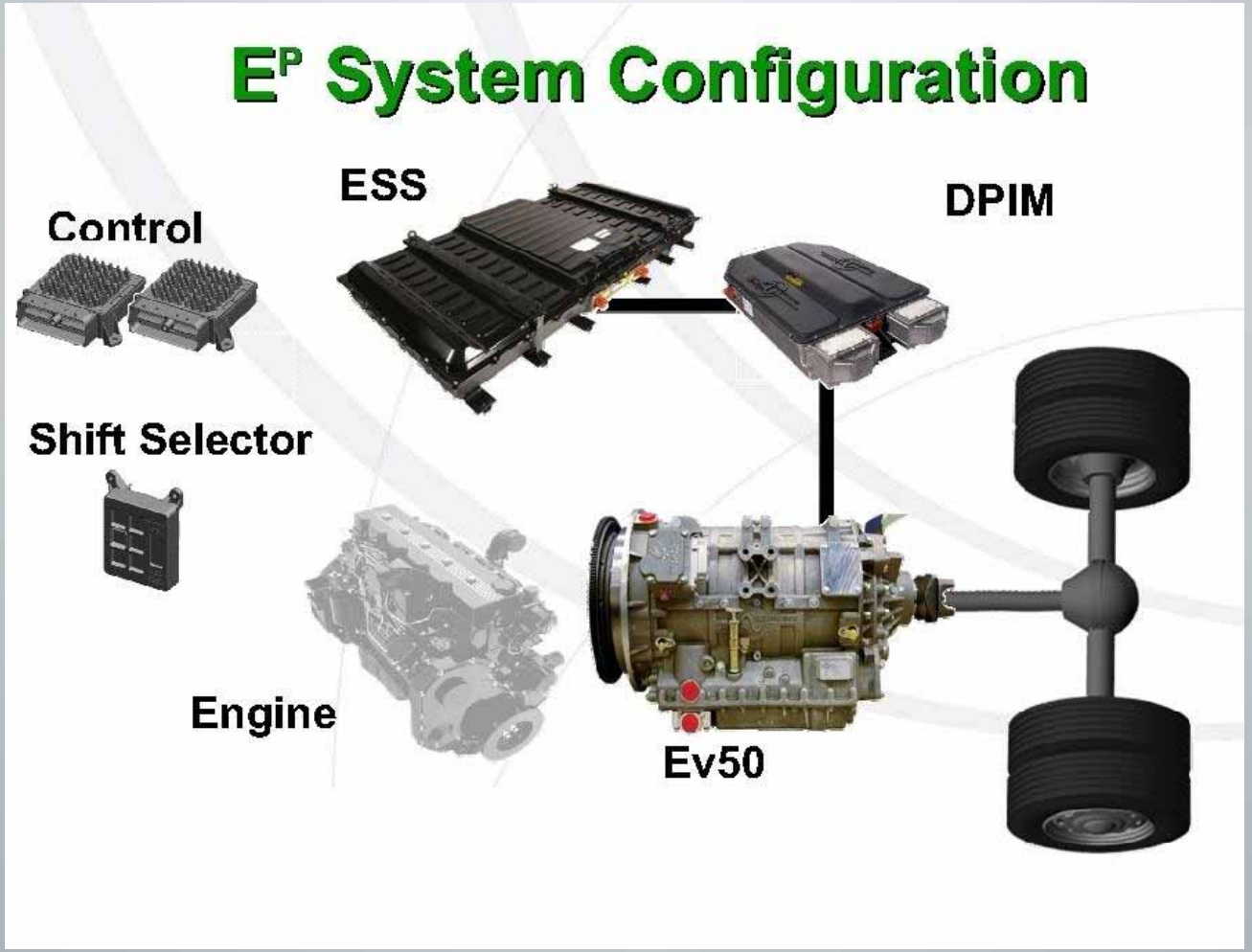
3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.6. Jízdní cykly



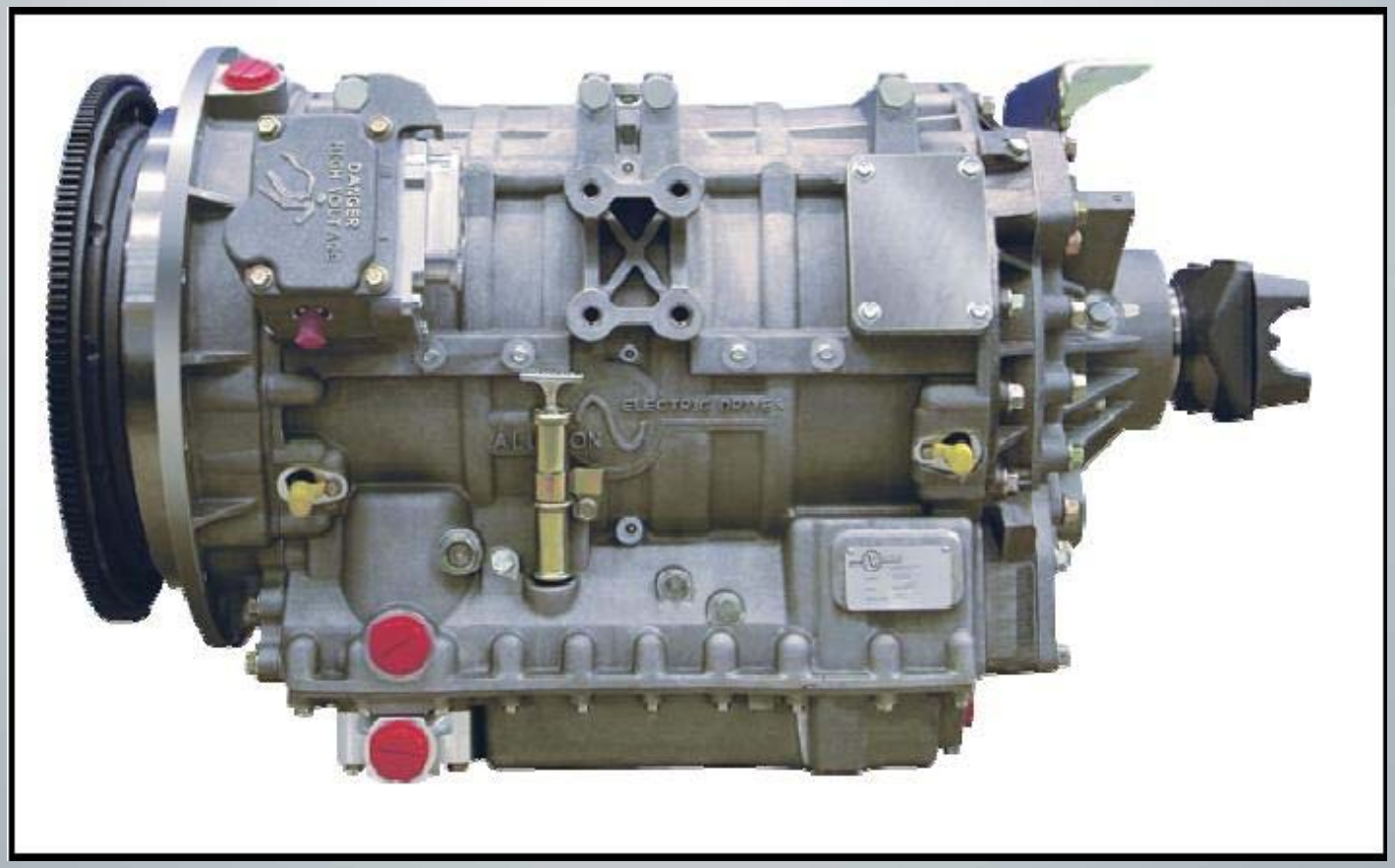
3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.7. Blokové schéma



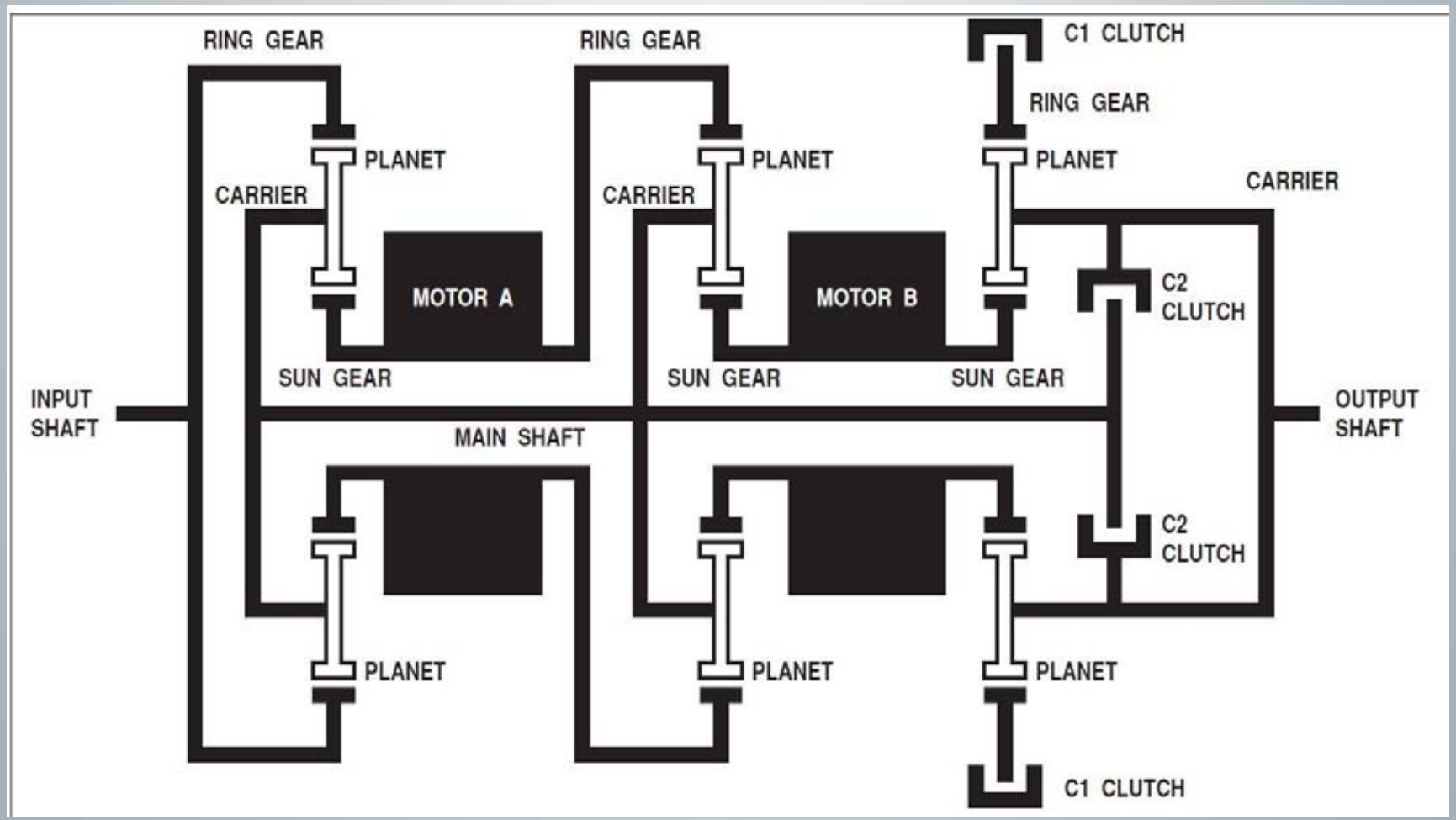
3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.8. Převodovka Allison



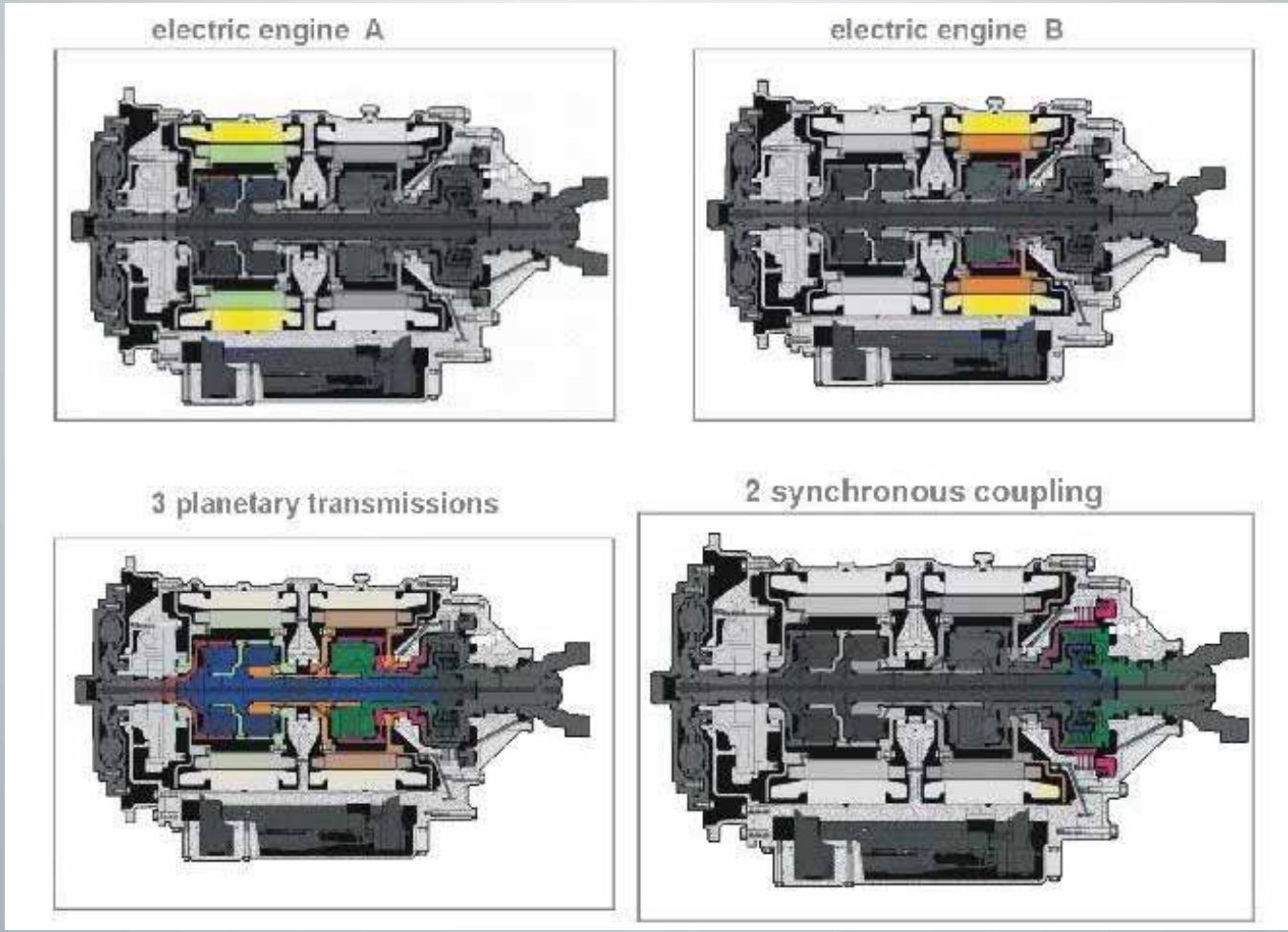
3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.9. Schéma převodovky Allison



3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.10. Řez převodovkou Allison



3. Hybridní kloubový autobus NBH 18

3.11. Dva realizované vozy pro DP Praha





4. Typová řada elektrobusů

4.1 Elektrobus SOR EBN 10,5

První prototyp v roce 2010, dosud 6 vyrobených elektrobusů



4.1 Elektrobus EBN 10,5

Základní hlediska pro volbu koncepce

- Zkušenosti s stavbou a provozem trolejbusů
- Hledání prostoru pro trakční baterie
- Redukce hmotnosti
- Optimální rozložení hmotností na nápravy
- Konstrukčním základem je karoserie řady BN
- Maximální obsaditelnost pro celkovou hmotnost 16t.

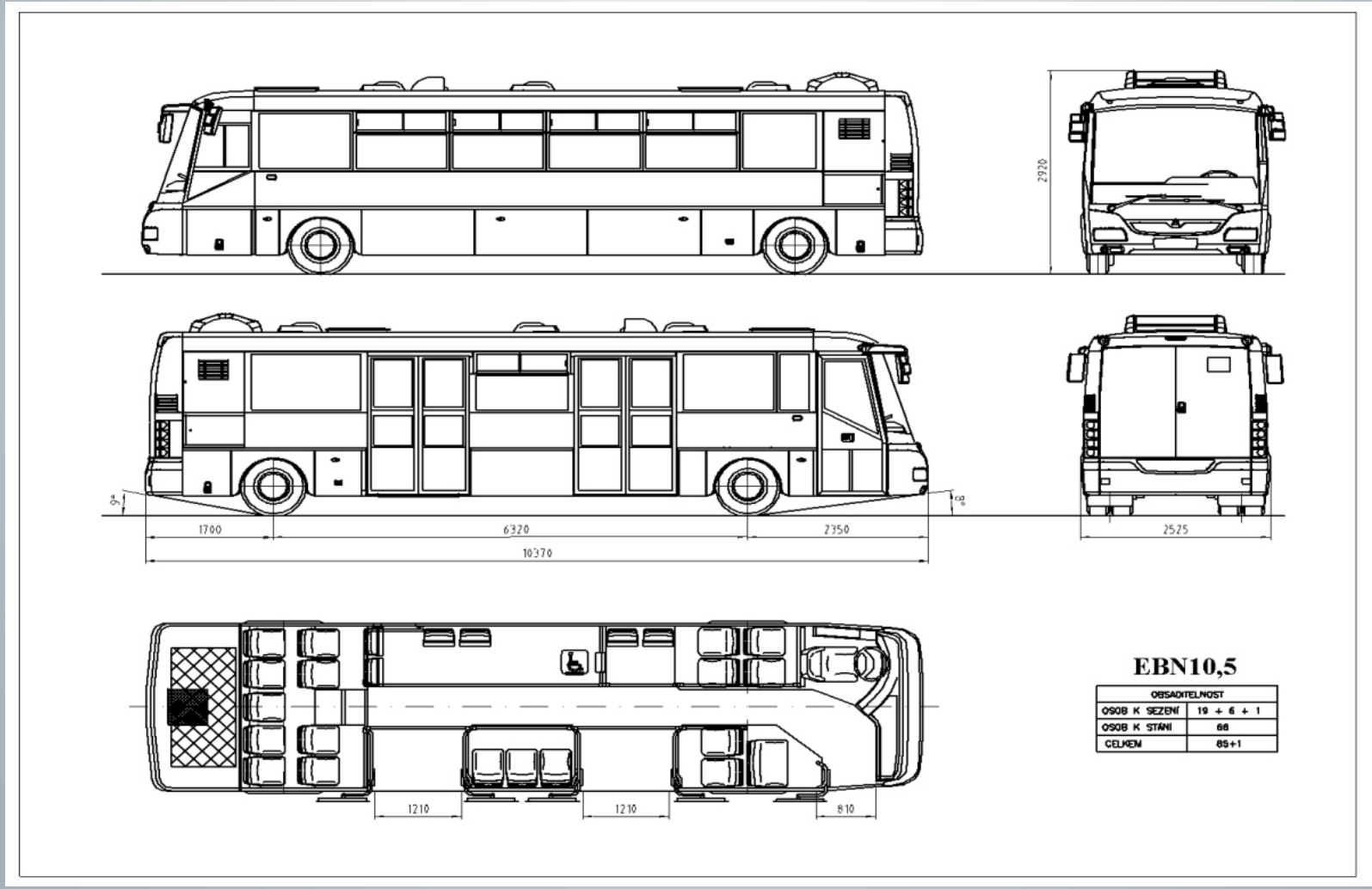
4.1 Elektrobus EBN 10,5

Řešení

- Zkrácený zadní převis se všemi zastavěnými prvky trakčního řetězce a pomocných agregátů
- Oddělení těchto prvků od interiéru jedinou přepážkou (výhodné z hlediska hlučnosti vozidla)
- Maximální prodloužení nízkopodlažní části vozidla
- Pouze dvě řady sedadel na zvýšené části u zadní nápravy
- Snížená střecha v celé délce
- Snížená hmotnost

4.1 Elektrobus EBN 10,5

Zástavbový výkres

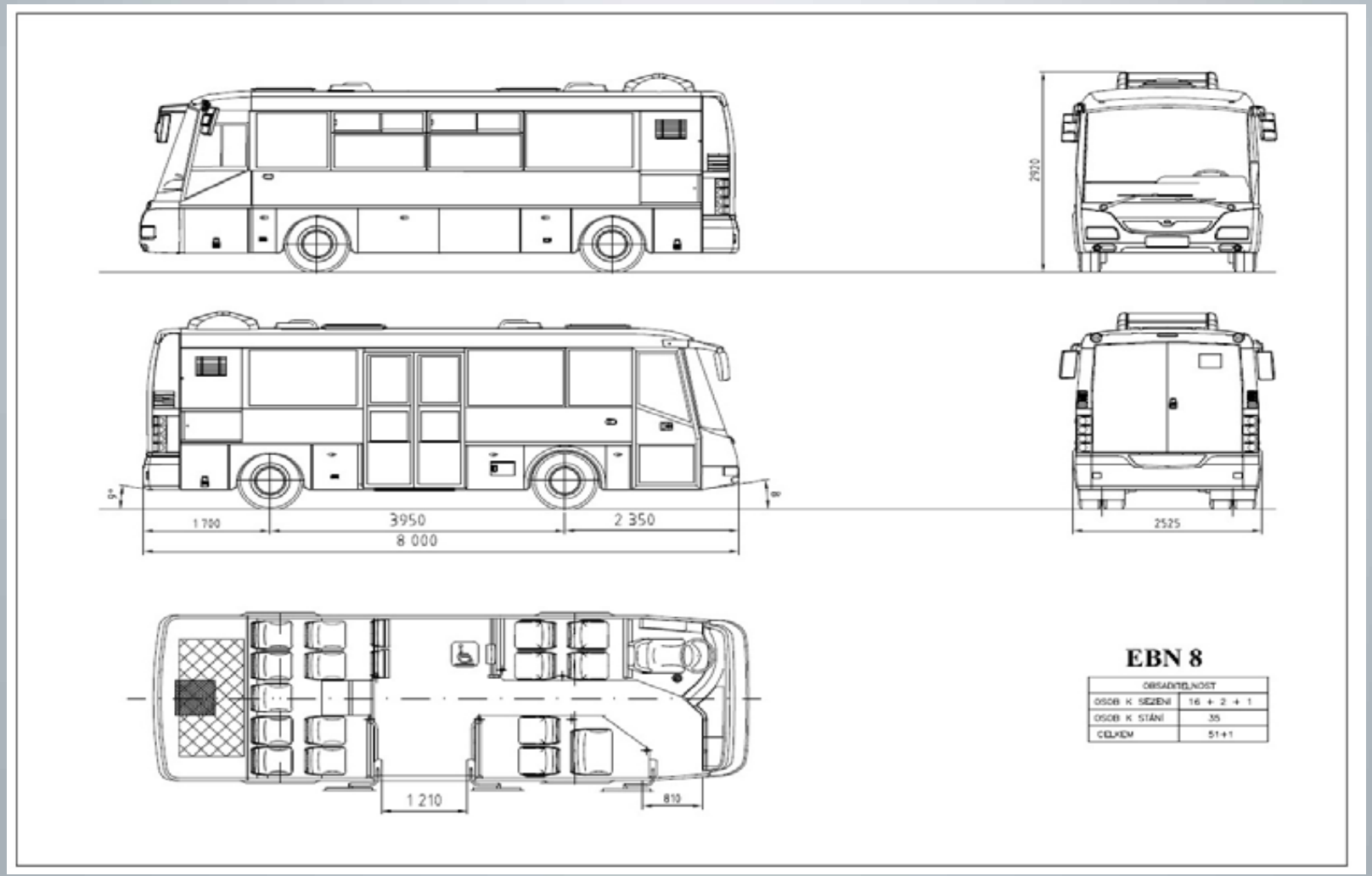


4.1 Elektrobus EBN 8



4.2 Elektrobus EBN 8

Zástavbový výkres





4.3 Hlavní technická data elektrobusů SOR

typ	městský elektrobus		EBN 10,5	EBN 10,5	EBN 8
	provedení dveří		třídveřové 1 - 2 - 2	dvoudvéřové 1 - 2	dvoudvéřové 1 - 2
rozměry	délka	mm	**10 370**	**10 370**	**8 000**
	šířka	mm	**2 525**	**2 525**	**2 525**
	výška	mm	**2 920**	**2 920**	**2 920**
	rozvor náprav	mm	**6 320**	**6 320**	**3 950**
	přední převis	mm	**2 350**	**2 350**	**2 350**
	zadní převis	mm	**1 700**	**1 700**	**1 700**
karoserie	počet dveří		**3**	**2**	**2**
	šířka předních dveří	mm	**800**	**800**	**800**
	šířka středních dveří	mm	**1 200**	**- -**	**- -**
	šířka zadních dveří	mm	**1 200**	**1 200**	**1 200**
	nástupní výška	mm	**320**	**320**	**320**
	výška podlahy vpředu	mm	**360**	**360**	**360**
	výška podlahy vzadu	mm	**800**	**800**	**800**
hmotnost	provozní	kg	**9 800**	**10 000**	**8 800**
	celková	kg	**15 700**	**15 000**	**12 400**
	maximální techn. přípustná	kg	**16 500**	**16 500**	**16 500**
obsaditelnost	k sezení		**19 (+6) +1**	**28 (+2) +1**	**16 (+2) +1**
	k stání		**66**	**44**	**35**
	celkem		**85 + 1**	**72 + 1**	**51 + 1**
vlastnosti	konstr. rychlost	km/h	**80**	**80**	**80**
	spotřeba	kWh/km	**0,8÷1,0**	**0,8÷1,0**	**0,7÷0,9**
	dojezd (2÷3 zastávky na km)	km	**130 ÷ 150**	**135 ÷ 155**	**150 ÷ 180**
	dojezd prázdného vozu	km	**250**	**290**	**300**
	vnější obrysový poloměr	mm	**12 000**	**12 000**	**9 000**
	nájezdový úhel vpředu	°	**9**	**9**	**9**
	nájezdový úhel vzadu	°	**12**	**12**	**12**

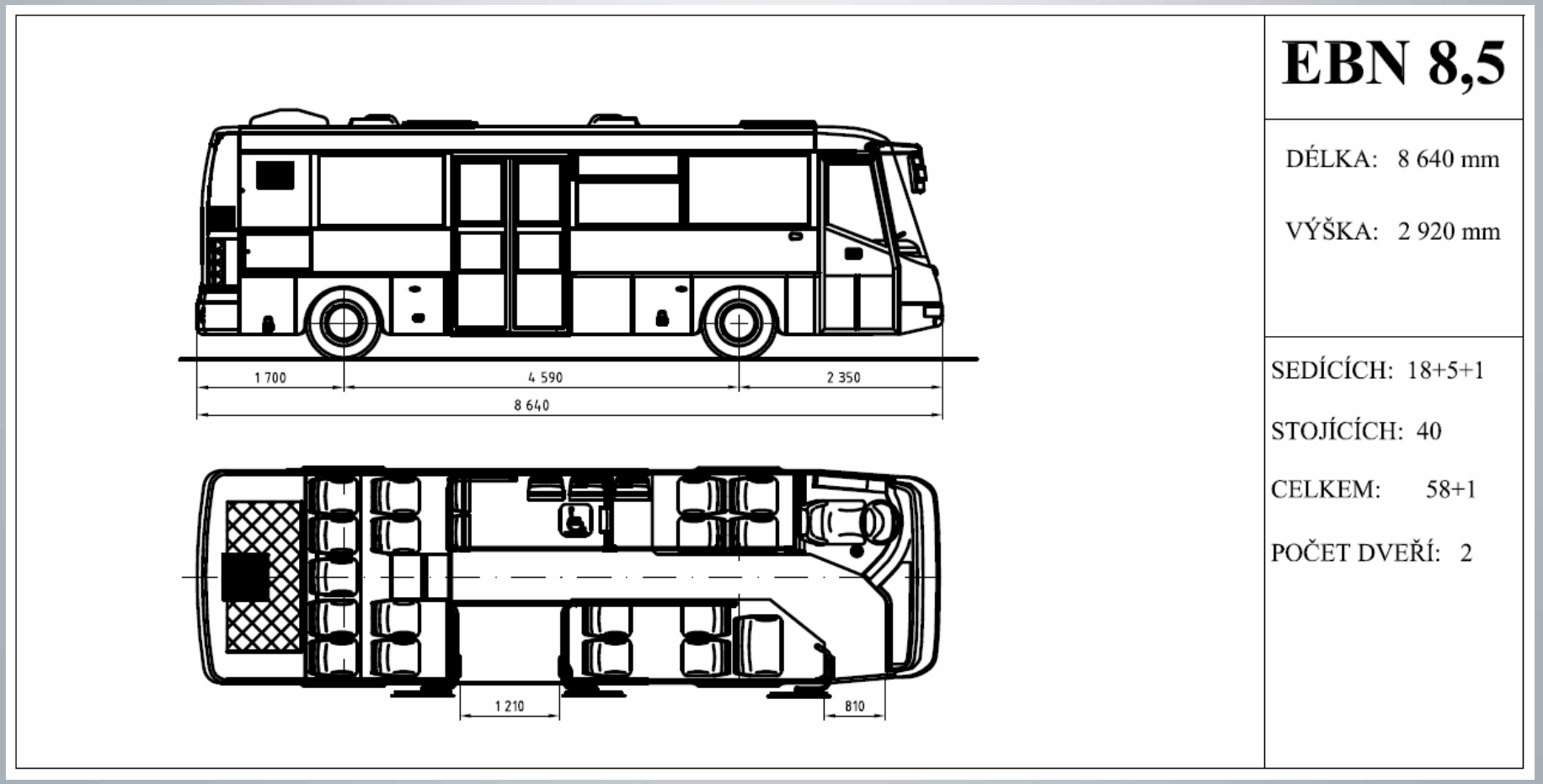


4.3 Hlavní technická data elektrobusů SOR

elektromotor	**asynchronní, šestipolový**	špičkový výkon 180 kW/400 V AC, trvalý výkon 120 kW/400 V AC
retardér		elektrická brzda s rekuperací energie
trakční akumulátory	**Litium - iontové (LiFeYPO4) Winston Battery**	2,5÷4,25 V/300Ah - 180 ks
přední náprava	**SOR BN 004**	nezávislé zavěšení
zadní náprava	**DANA**	tuhá, jednostupňová, hypoidní, i=6,5
pérování	**pneumatické**	vlnovcové pružiny, vpředu 2 / vzadu 4
	ovládání	elektronické, Wabco ECAS
tlumiče	**Brano**	kapalinové, vpředu 2 / vzadu 4
kola	**pneumatiky**	285 / 70- R19,5
	disk	19,5x7,5"
brzdy	**Knorr SN 6xxx**	kotoučové, vzduchem ovládané
EBS	**Wabco**	systém 4S/4M
řízení	**RBL C 500V**	hydraulické monoblokové
nezávislé topení	**Eberspaecher Hydronic 24**	naftové, výkon 24 kW
elektroinstalace	**standardní**	elektrická výbava vozu
	CAN-bus SAE 1939	komunikace elektronických systémů vozu
akumulátory	**Varta**	24V / 170 Ah
výbava na přání	- klimatizace řidiče	
	- informační a odbavovací systém dle specifikace zákazníka	

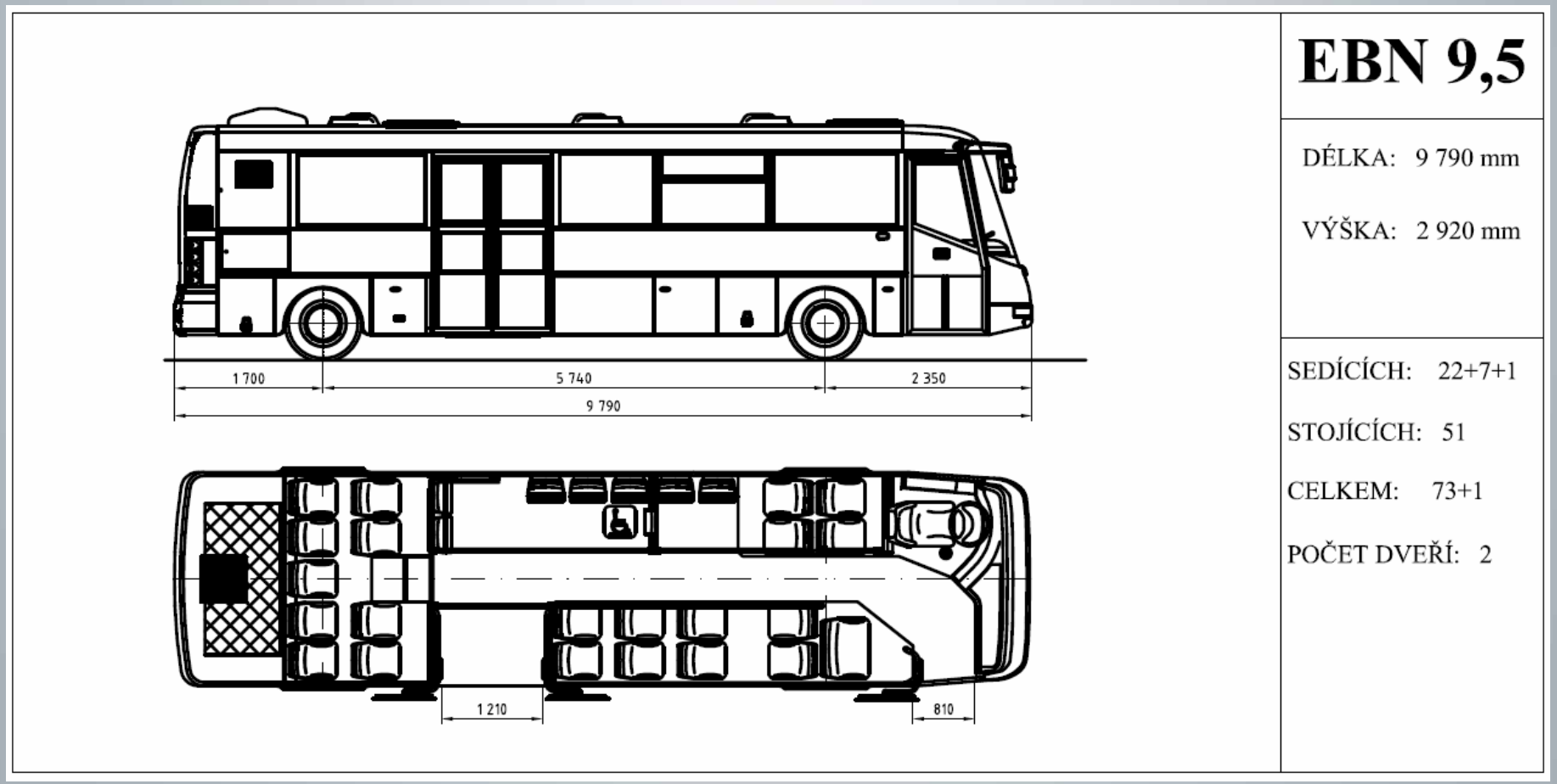
4.4 Další navrhované elektrobusy unifikované řady

Elektrobus SOR EBN 8,5 – zástavbový výkres

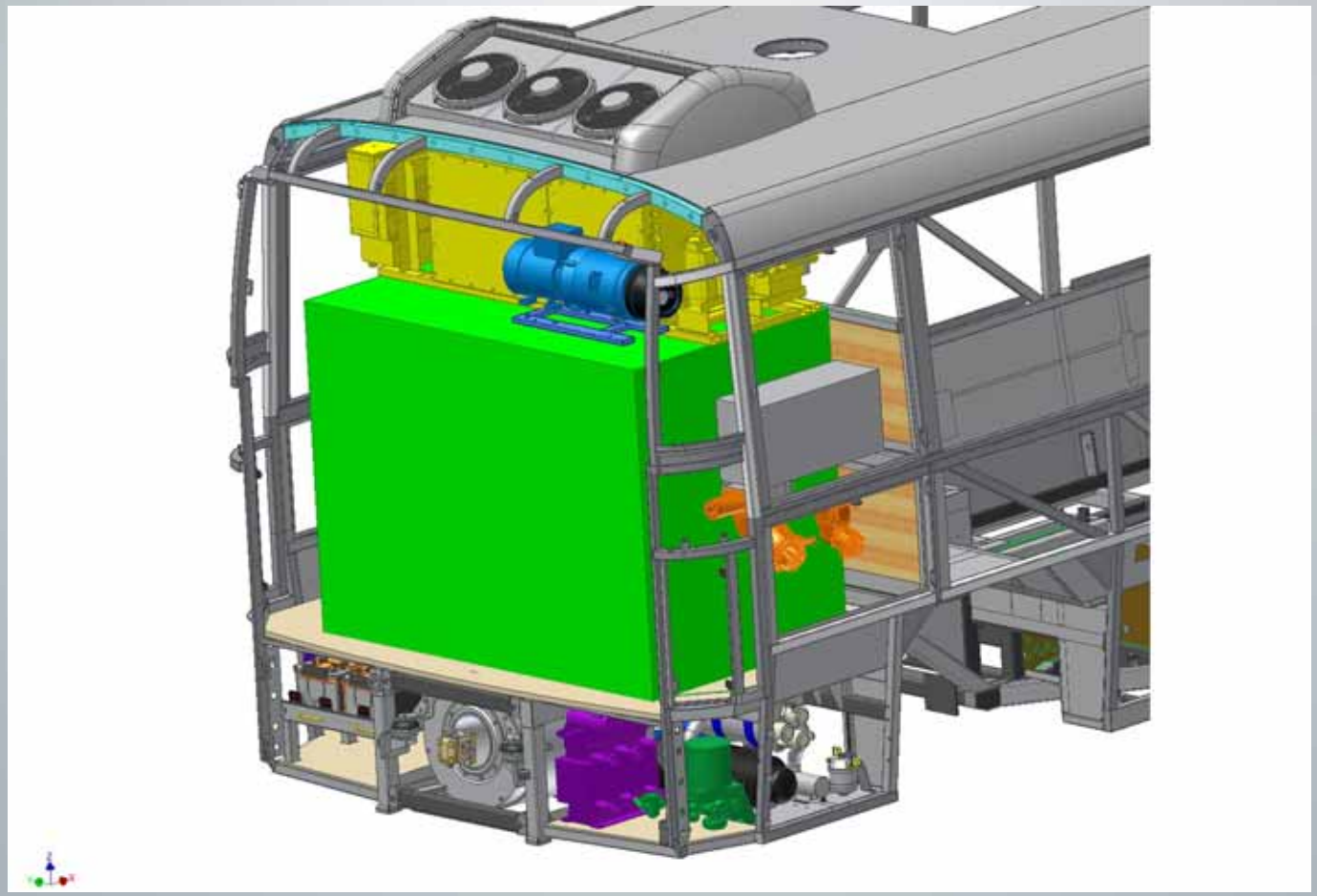


4.4 Další navrhované elektrobusy unifikované řady

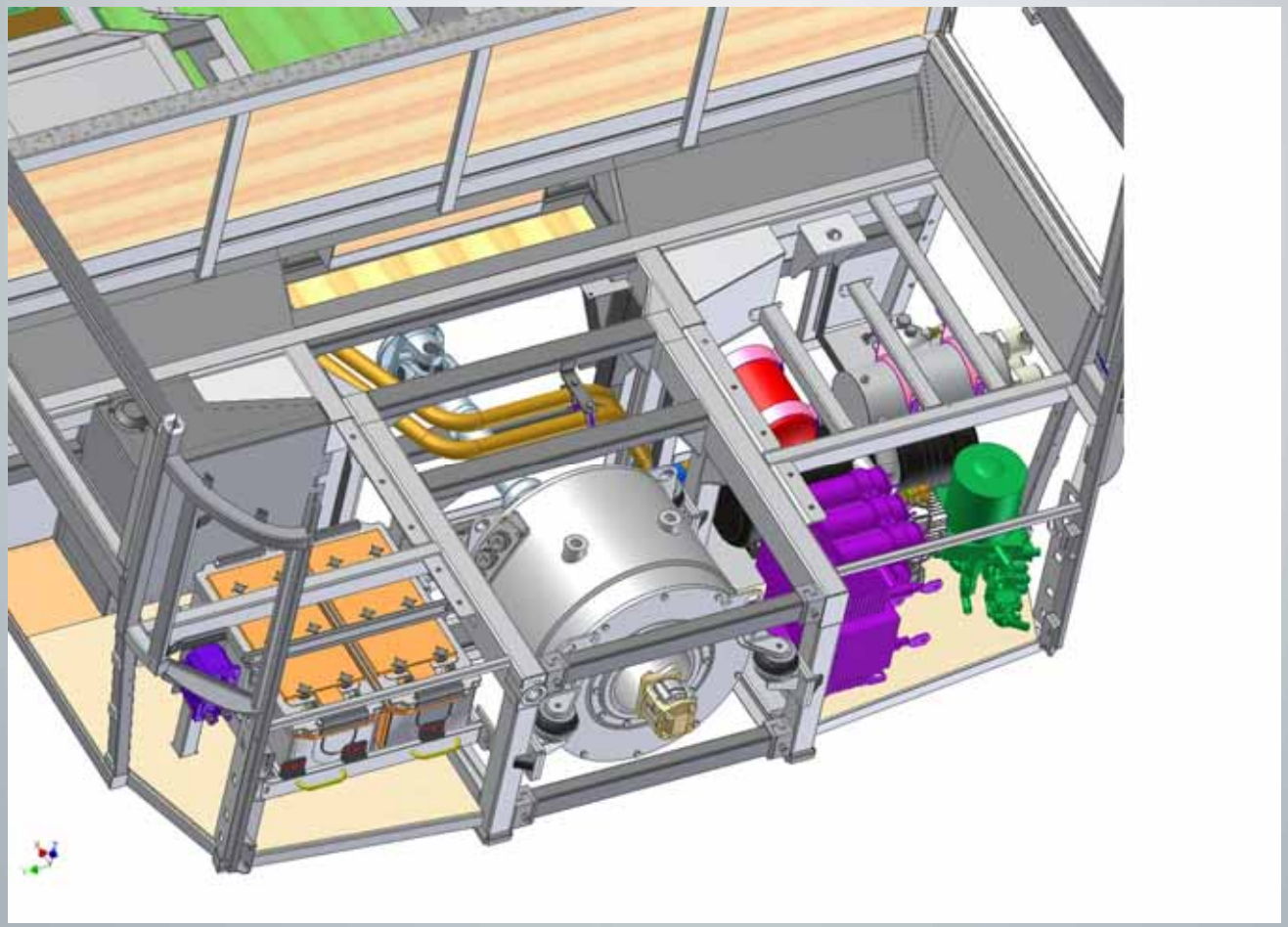
Elektrobus SOR EBN 9,5 – zástavbový výkres



4.5 Uspořádání hlavních trakčních agragátů



4.6 Uložení trakčního motoru



4.7 Uložení trakčních baterií



4.8 Zásuvka pro pomalé dobíjení



4.9 Zásuvka pro rychlodobíjení





4.10 Systém dobíjení elektrobusů SOR

4.10.1 Trakční měnič – 2 funkce:

- napájení trakčního asynchronního motoru – trakční režim
- nabíjení trakčních akumulátorů – nabíjecí režim

Zvolená koncepce umožňuje dobíjení ze standardních zásuvek 3 x 400V:

- 32 A – noční dobíjení
- 63 A nebo 125 A – denní dobíjení

4.10 Systém dobíjení elektrobusů SOR

4.10.2 Napájecí stojany:

- 3 x 400 V / 32 A – ve výbavě vozu
- 3 x 400 V / 63 A – dodávka dle přání zákazníka
- 3 x 400 V / 125 A – dodávka dle přání zákazníka
- speciální rychlonabíjecí 3 x 400 V / 250 A – doplní 50% kapacity baterií za 34 minut

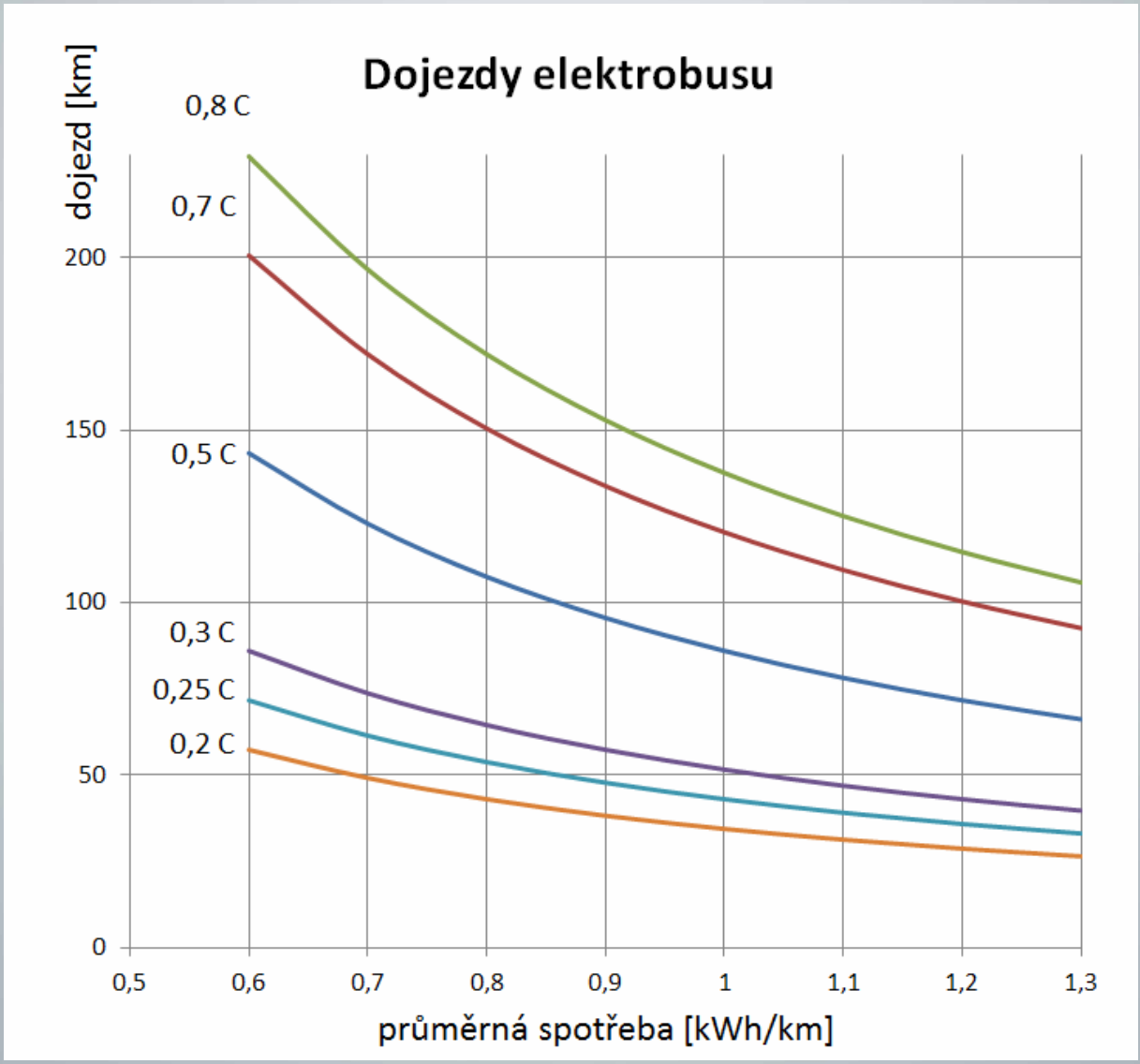




4.11 Dojezdy elektrobusu

km			čerpání kapacity [%]						
			20	25	30	50	70	80	100
C [kWh]			34,4	43	51,6	86	120,4	137,6	172
průměrná spotřeba	[kWh/km]	0,6	57,3	71,7	86,0	143,3	200,7	229,3	
		0,7	49,1	61,4	73,7	122,9	172,0	196,6	
		0,8	43,0	53,8	64,5	107,5	150,5	172,0	
		0,9	38,2	47,8	57,3	95,6	133,8	152,9	
		1	34,4	43,0	51,6	86,0	120,4	137,6	
		1,1	31,3	39,1	46,9	78,2	109,5	125,1	
		1,2	28,7	35,8	43,0	71,7	100,3	114,7	
		1,3	26,5	33,1	39,7	66,2	92,6	105,8	

4.11 Dojezdy elektrobusu

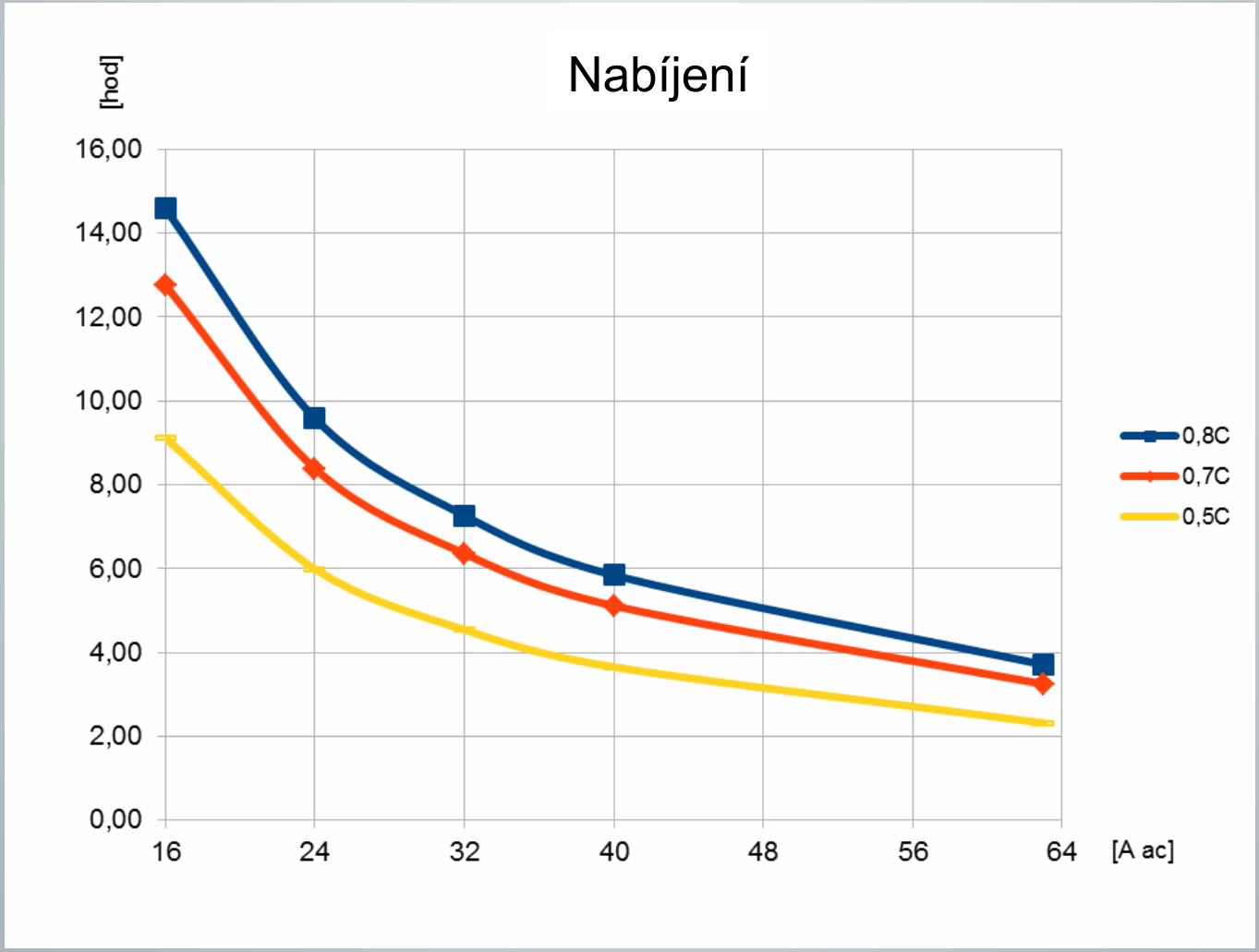


4.12 Dobíjecí časy

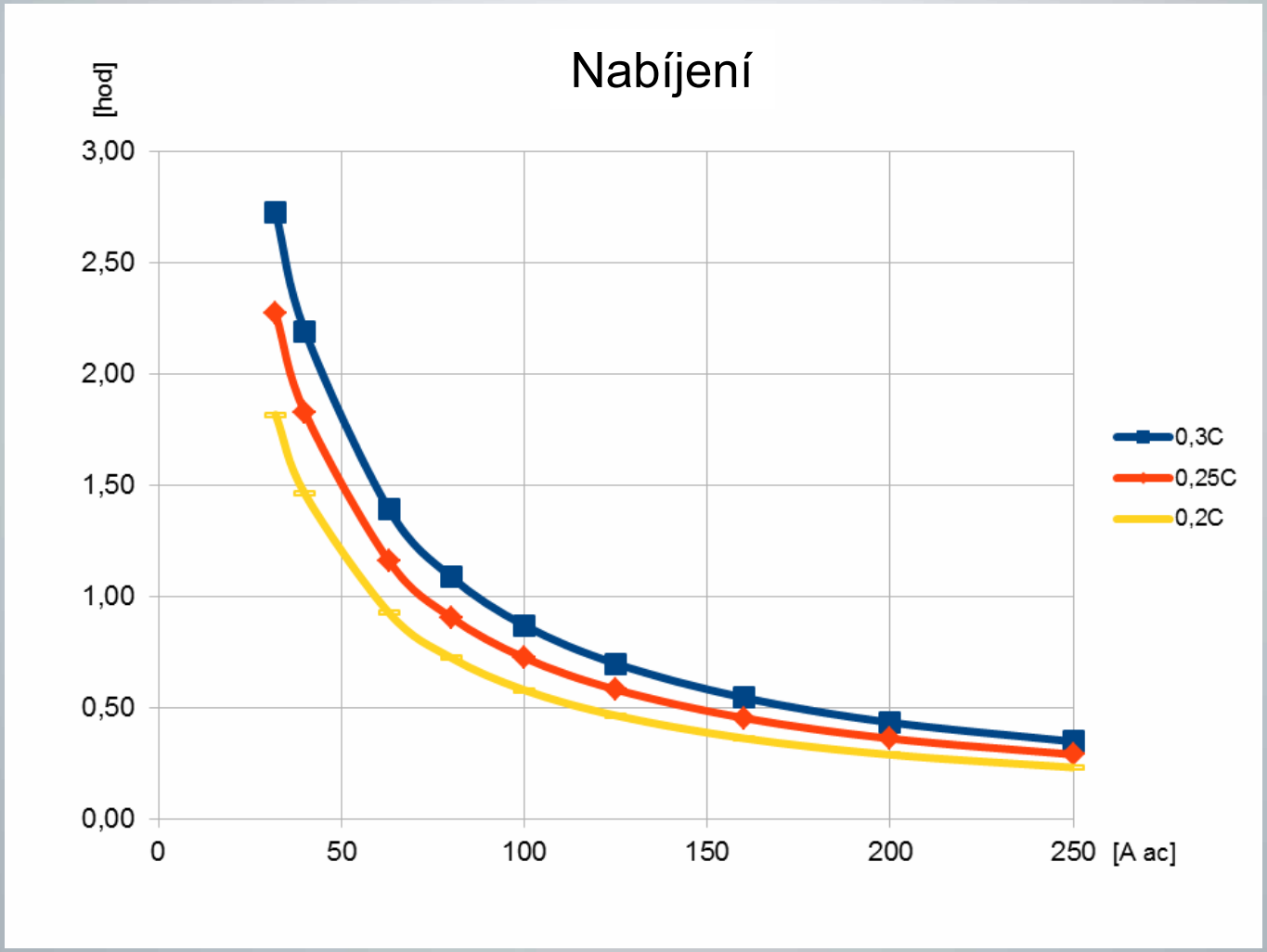
Přehled o dobíjecích časech pro různé kombinace denního a nočního dobíjení jsou zřejmé z tabulky a následujících dvou grafů

300 Ah	T nab 80%		T nab 70%		T nab 50%		T nab 30%		T nab 25%		T nab 20%	
Inab [Aac]	0,8C	h:m	0,7C	h:m	0,5C	h:m	0,3C	h:m	0,25C	h:m	0,2C	h:m
16	14,58	14:35	12,76	12:45	9,12	9:06	5,47	5:28	4,56	4:33	3,65	3:38
24	9,58	9:34	8,38	8:23	5,99	5:59	3,59	3:35	2,99	2:59	2,40	2:23
32	7,27	7:15	6,36	6:21	4,54	4:32	2,72	2:43	2,27	2:16	1,82	1:49
40	5,84	5:50	5,11	5:06	3,65	3:39	2,19	2:11	1,83	1:49	1,46	1:27
63	3,71	3:42	3,24	3:14	2,32	2:19	1,39	1:23	1,16	1:09	0,93	0:55
80	2,90	2:54	2,54	2:32	1,81	1:48	1,09	1:05	0,91	0:54	0,73	0:43
100	2,32	2:19	2,03	2:01	1,45	1:27	0,87	0:52	0,73	0:43	0,58	0:34
125	1,86	1:51	1,63	1:37	1,17	1:09	0,70	0:41	0,58	0:34	0,47	0:27
160	1,46	1:27	1,27	1:16	0,91	0:54	0,55	0:32	0,45	0:27	0,36	0:21
200	1,16	1:09	1,02	1:00	0,73	0:43	0,44	0:26	0,36	0:21	0,29	0:17
250	0,93	0:55	0,81	0:48	0,58	0:34	0,35	0:20	0,29	0:17	0,23	0:13
320	0,73	0:43	0,64	0:38	0,45	0:27	0,27	0:16	0,23	0:13	0,18	0:10

4.12 Dobíjecí časy



4.12 Dobíjecí časy



4.12 Dobíjecí časy

4.12.1 Noční nabíjení

Pro noční nabíjení 80% kapacity nabíjecím proudem 32A je potřebný čas 7 hod 15 min. Dobíjení je nutno doplnit balancováním (vyrovnáním napětí) jednotlivých článků s trváním cca 15 min.
Pro zvětšenou životnost baterií je však vhodné v kombinaci s denním dobíjením ponechat pro noční nabíjení 70% kapacity s časem 6 hod 21min.
V zimním období je vhodné zařadit po dobíjení elektrický ohřev interiéru elektrobusu s časem cca do 25 min.

4.12 Dobíjecí časy

4.12.2 Denní dobíjení

Potřeba denního dobíjení je při požadavku denních nájezdů vyšších než 150 km.

Například pro požadovaných 220 km při průměrné spotřebě 0,9 kWh/km je nutno doplnit cca 50% kapacity a zařadit:

- při dobíjecím proudu 63A:
  2 zastávky s dobíjecím časem 2 x 1 hod. 9 min
- při dobíjecím proudu 125A:
  2 zastávky s dobíjecím časem 2 x 34 min
  nebo 1 zastávku s časem 1 hod. 9 min
- při dobíjecím proudu 250A:
  pak postačí pro dobíjení jednorázově 34 min



Ekonomický pohled na alternativní pohony

Městské autobusové přepravy osob

Hodnocené druhy autobusové MHD:

- **DIESEL POHON**
- **HYBRIDNÍ DIESEL**
- **CNG POHON**
- **ELEKTRICKÝ POHON**
  - **TROLEJBUS**
  - **ELEKTROBUS**













Ekonomický pohled na alternativní pohony

Porovnávané provozní náklady pro městské vozidlo délkové kategorie 12m [Kč/km]

- SPOTŘEBA ENERGIE
- POŘIZOVACÍ NÁKLADY
- OPRAVY A ÚDRŽBA
- OSTATNÍ NÁKLADY (KONSTANTNÍ PRO VŠECHNY DRUHY)
- MZDY, POJIŠTĚNÍ, SILNIČNÍ DAŇ …



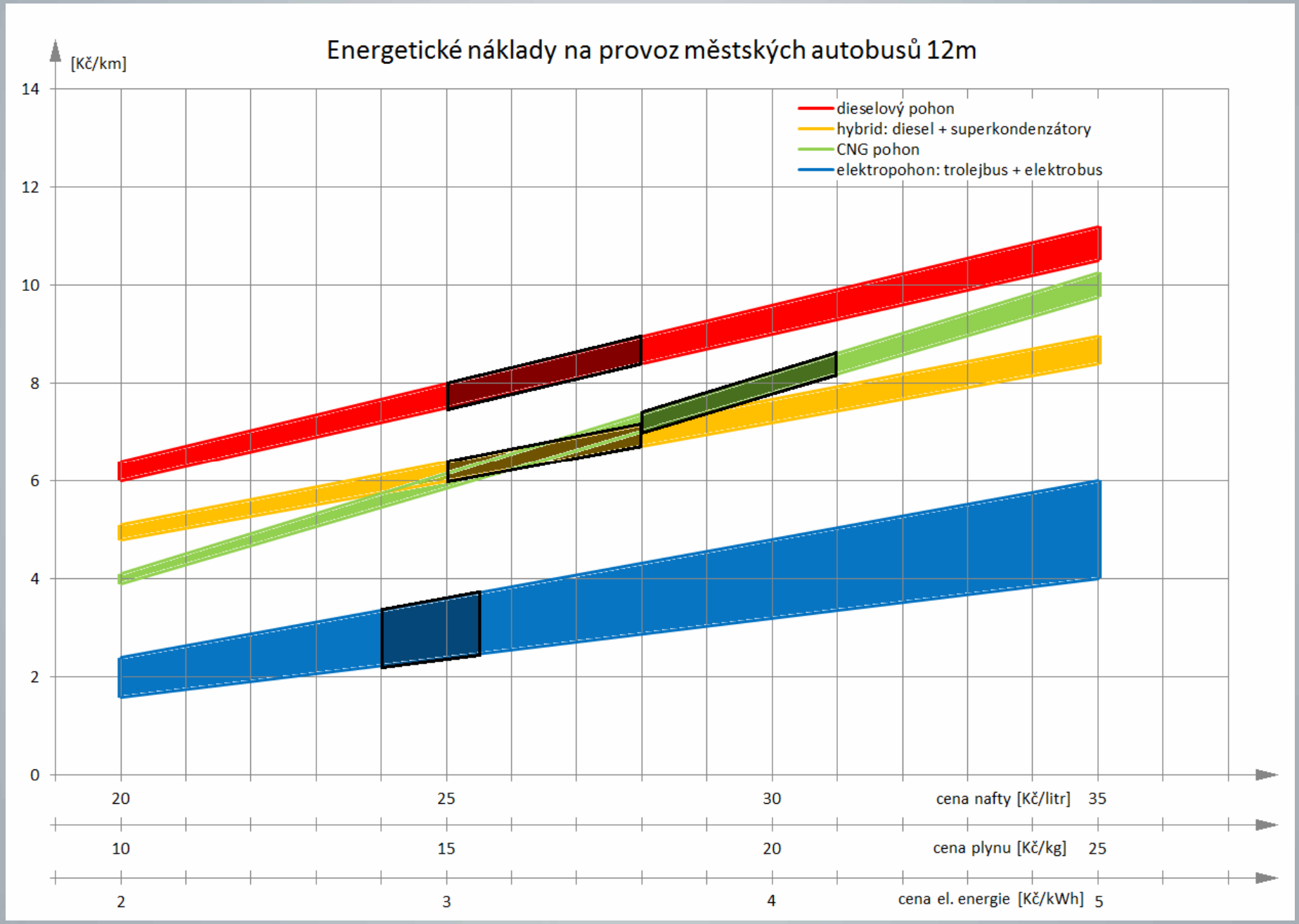


Ekonomický pohled na alternativní pohony

Porovnávané provozní náklady pro městské vozidlo délkové kategorie 12m [Kč/km]

1) NÁKLADY NA SPOTŘEBOVANOU ENERGII

PRŮMĚRNÁ SPOTŘEBA	na 100 km	na 1 km	Kč/1km	%
- DIESEL POHON	30÷32 l	0,3÷0,32 l	7,5÷9,0	100 %
- HYBRIDNÍ DIESEL	24÷25,6 l	0,24÷0,256 l	6,0÷7,2	80 %
- CNG POHON	39÷41 kg	0,39÷0,41 kg	7,0÷8,6	94 %
- TROLEJBUS	90÷120 kWh	0,9÷1,2 kWh	2,5÷3,7	36 %
- ELEKTROBUS	80÷100 kWh	0,8÷1,0 kWh	2,2÷3,1	32 %


Energetické náklady na provoz městských autobusů 12m
[Kč/km]
14
12
10
8
6
4
2
0
dieselový pohon
hybrid: diesel + superkondenzátory
CNG pohon
elektropohon: trolejbus + elektrobus
20
25
30
cena nafty [Kč/litr]
35
10
15
20
cena plynu [Kč/kg]
25
2
3
4
cena el. energie [Kč/kWh]
5



Ekonomický pohled na alternativní pohony

Porovnávané provozní náklady pro městské vozidlo délkové kategorie 12m [Kč/km]

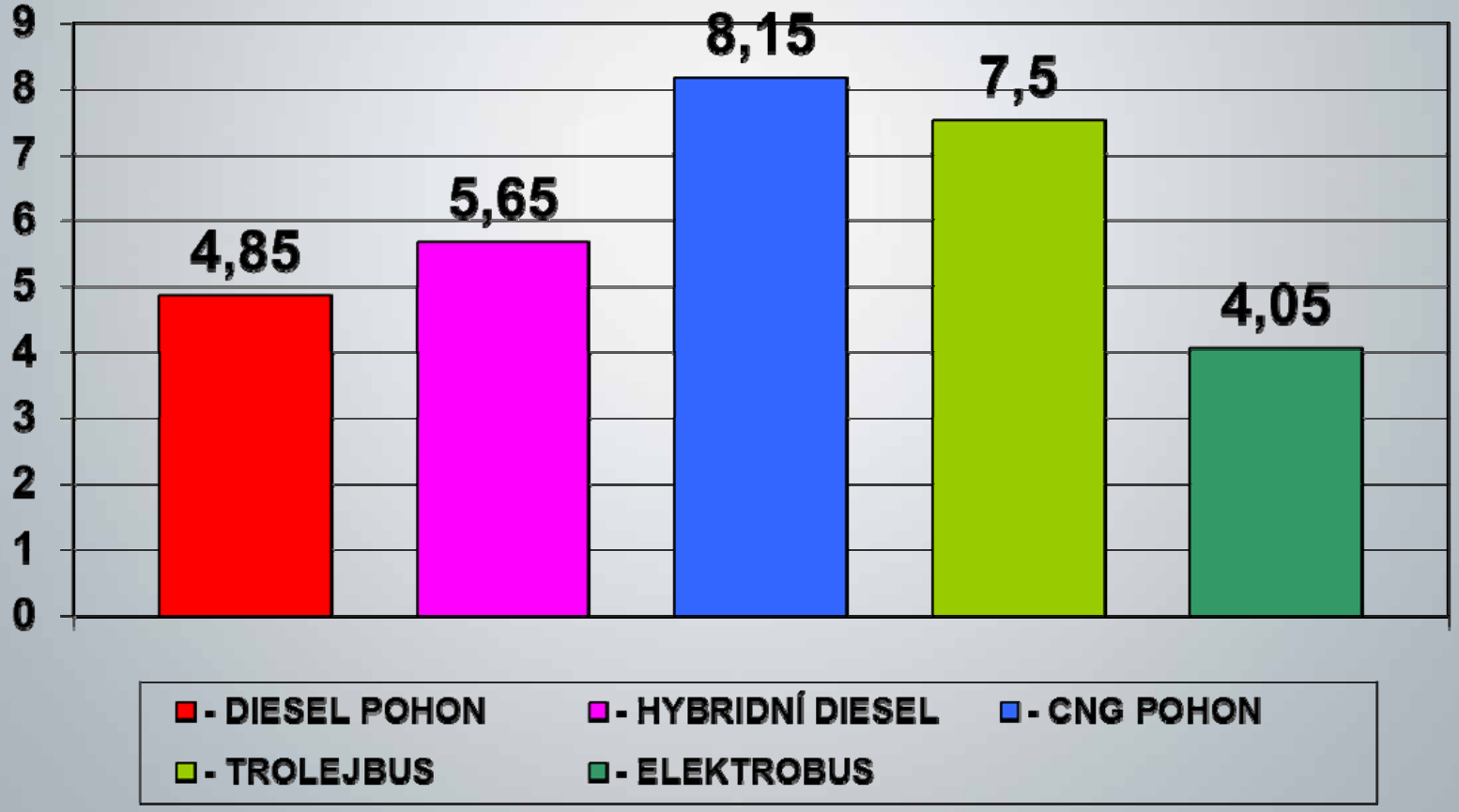
2) NÁKLADY NA OPRAVY A ÚDRŽBU

DRUH POHONU	NÁKLADY NA 1 km [Kč/1 km]	NÁKLADY NA 1 km [Kč/1 km]	
- DIESEL POHON	4,8 ÷ 4,9	- - -	100 %
- HYBRIDNÍ DIESEL	5,6 ÷ 5,7	- - -	116 %
- CNG POHON	7,8 ÷ 8,5	- - -	168 %
- TROLEJBUS	7,0 ÷ 8,0	*** 2,55	207 %
- ELEKTROBUS	4,0 ÷ 4,1	** 2,68	139 %
- ELEKTROBUS	4,0 ÷ 4,1	* 1,50	114 %

* cena baterií 50%
** výměna baterií + nabíječky
*** údržba horního vedení a měníren

Ekonomický pohled na alternativní pohony

2) NÁKLADY NA OPRAVY A ÚDRŽBU





Ekonomický pohled na alternativní pohony

Porovnávané provozní náklady pro městské vozidlo délkové kategorie 12m [Kč/km]

DALŠÍ DODATEČNÉ NÁKLADY

TROLEJBUS – náklady na údržbu a opravy horního vedení a měníren 2,55 Kč/km

ELEKTROBUS – náklady na výměnu trakčních akumulátorů v polovině životnosti (po 400 000 km) cca 1,9 mil. Kč, tj. 2,37 Kč/km

– náklady na pořízení rychlonabíjecí stanice 0,31 Kč/km



Ekonomický pohled na alternativní pohony

Porovnávané provozní náklady pro městské vozidlo délkové kategorie 12m [Kč/km]

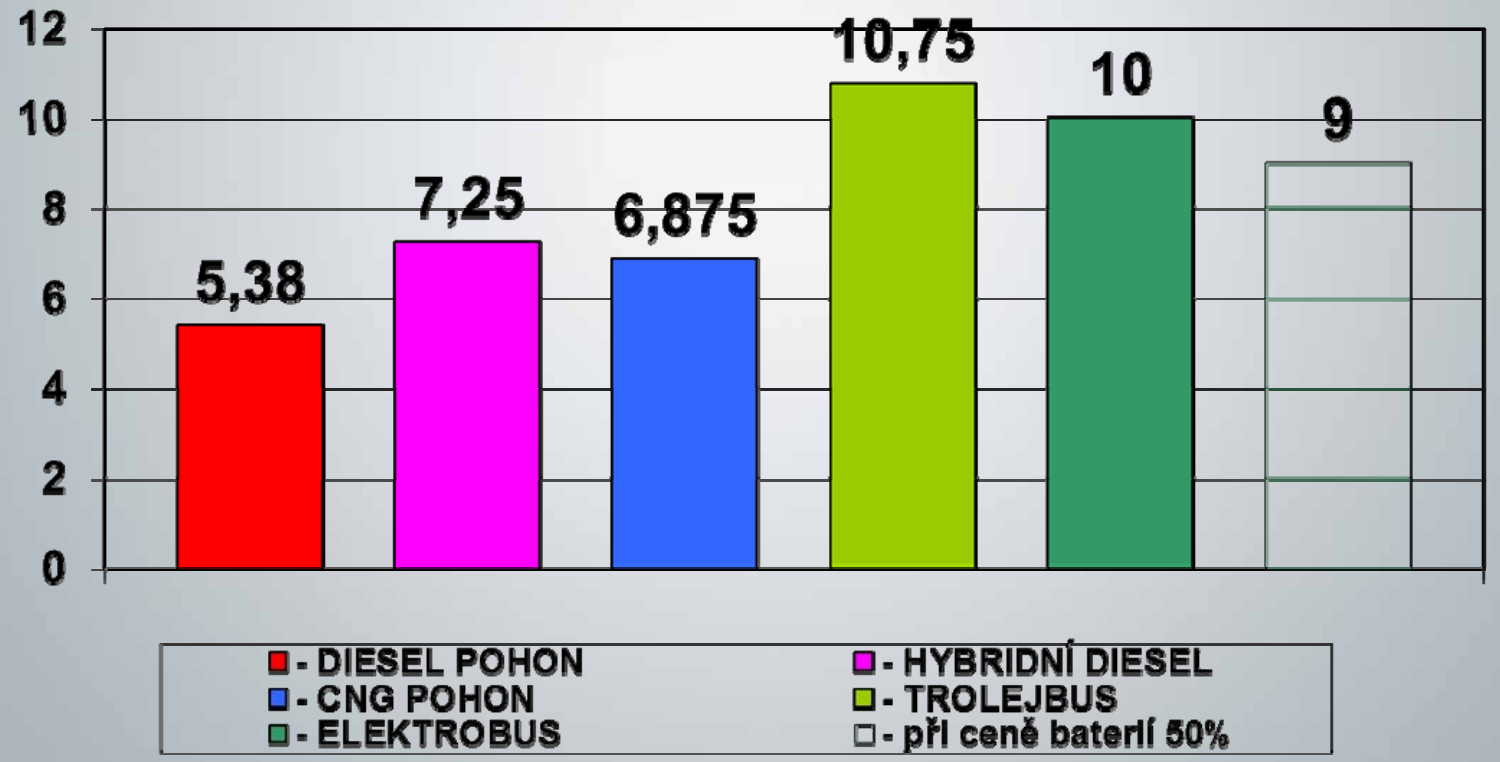
3) POŘIZOVACÍ NÁKLADY (Vyčísleny na 1 km při předpokládané životnosti vozidla 800 000 km)

DRUH POHONU	NÁKUPNÍ *) CENA [tis.Kč]	PODÍL NA 1 km [Kč/1 km]	
- DIESEL POHON	4 300	5,38	100 %
- HYBRIDNÍ DIESEL	5 800	7,25	135 %
- CNG POHON	5 500	6,875	128 %
- TROLEJBUS	8 600	10,75	200 %
- ELEKTROBUS	8 000	10	186 %
- ELEKTROBUS**	7 200	9	167 %

*) nákupní ceny přepočteny na porovnatelnou sériovost
**) cena baterií 50%

Ekonomický pohled na alternativní pohony

3) POŘIZOVACÍ NÁKLADY (Vyčísleny na 1 km při předpokládané životnosti vozidla 800 000 km)





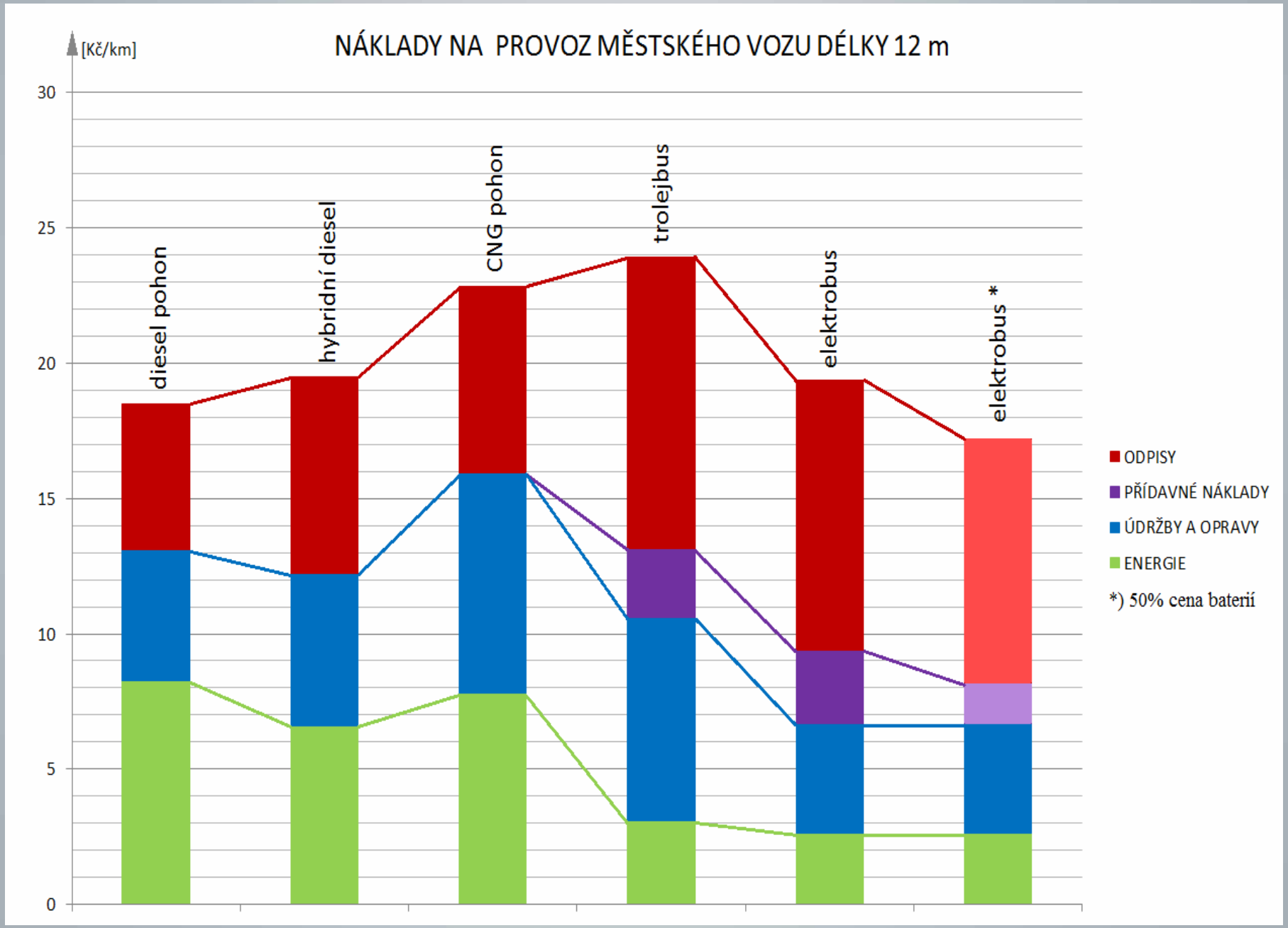
Ekonomický pohled na alternativní pohony

Porovnávané provozní náklady pro městské vozidlo délkové kategorie 12m [Kč/km]

4) POROVNÁVANÉ NÁKLADY CELKEM

DRUH POHONU	PODÍL NA 1 km [Kč/1 km]	
- DIESEL POHON	17,68 ÷ 19,28	100 %
- HYBRIDNÍ DIESEL	18,85 ÷ 20,15	106 %
- CNG POHON	21,68 ÷ 24,0	124 %
- TROLEJBUS	22,80 ÷ 25,0	129 %
- ELEKTROBUS	18,88 ÷ 19,88	105 %
- ELEKTROBUS*	15,3 ÷ 15,6	84 %

***) cena baterií 50%**


NÁKLADY NA PROVOZ MĚSTSKÉHO VOZU DÉLKY 12 m
[Kč/km]
30
25
20
15
10
5
0
diesel pohon
hybridní diesel
CNG pohon
trolejbus
elektrobus
elektrobus *
ODPISY
PŘÍDAVNÉ NÁKLADY
ÚDRŽBY A OPRAVY
ENERGIE
*) 50% cena baterií



Ekonomický pohled na alternativní pohony

ZÁVĚR

- **Diesel pohon je stále nejlevnější.**
- **Hybridní diesel; vícenáklady na pořízení +35 % se při snížené spotřebě paliva 20-22% vrátí za dobu životnosti při ceně paliva cca 35 Kč/1l.**
- **CNG pohon je v nákladech v průměru o 4,36 Kč/1km dražší než diesel.**
- **Trolejbus je nejdražší způsob MHD.**
- **Elektrobus je levnějším dopravním prostředkem než CNG pohon. Pokud bychom nezapočítávali počáteční investice na pořízení rychlonabíjecí stanice, budou náklady na 1 km nižší než u hybridu.**
- **Předložené ekonomické hodnocení i nejnovější technické možnosti ukazují, že elektrobus se stane již v následujících letech nejekonomičtější investicí do ekologického řešení dopravy v městských aglomeracích.**



Dosavadní zkušenosti s provozem elektrobusů

Dojezd prázdného elektrobusu v meziměstském provozu 250 km (0,555 kWh/km)
Dojezd elektrobusu s obsaditelností 50% (13,2 t)

- v meziměstském provozu 160 ÷ 170 km (0,75 kWh/km)
- v městském provozu 130 ÷ 150 km (0,9 kWh/km)

Ekonomická vyčerpatelnost baterií pro dosažení životnosti 400 tis. km je 70%, tj. 120 kWh.

Maximální dovolená vyčerpatelnost 80% (138 kWh)

Při zkušebních jízdách se elektrobus ve všech případech jednoznačně úspěšně osvědčil, zvládl bez problémů všechna zatížení na běžných autobusových i trolejbusových linkách, ale i horský terén při zimních nasazeních jako ski-bus.



Elektrobusy v pravidelném provozu

4 ks EBN10,5 u DP Ostrava, celkem najeto 160 000 km, první prototyp 50 000 km.

1 ks EBN 10,5 jako ski-bus ve Vysokých Tatrách

1 předváděcí vůz od července 2011 ve zkušebním provozu po českých městech, v současné době na dlouhodobém předvádění v Německu



Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

1. Překonání ekonomických bariér k hromadnému nasazování elektrobusů

a)Základní porovnatelné náklady pro celou dobu životnosti jsou oproti naftovému pohonu o 6 ÷ 7% vyšší. Jestliže však budeme počítat dle všeobecných informací se snížením ceny baterií na 50% v průběhu cca 3 až 5 let, stane se elektrobus nejekonomičtějším vozidlem.

b)Zvýšenou pořizovací cenu lze překonat zavedením vhodného leasingu na nákup akumulátorů. Úspory při výrazně nižších nákladech na energii pro 1 ujetý kilometr i nižších servisních nákladech uhradí leasingové splátky.



Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

2. Zvyšování technických parametrů trakčních akumulátorů

V našem elektrobuse používáme lithium – iontové baterie čínské výroby od firmy Winston Battery. Hmotnost samotných článků je 1,6 t při specifické energii 107 Wh/kg. V současnosti jsou již vyvinuty v USA pro osobní automobily baterie se specifickou energií 400 Wh/kg. Bude tedy možno jak zvyšovat dojezdy, tak i snižovat hmotnost vozidel.



Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

3. Zvyšování přepravní kapacity vozidel

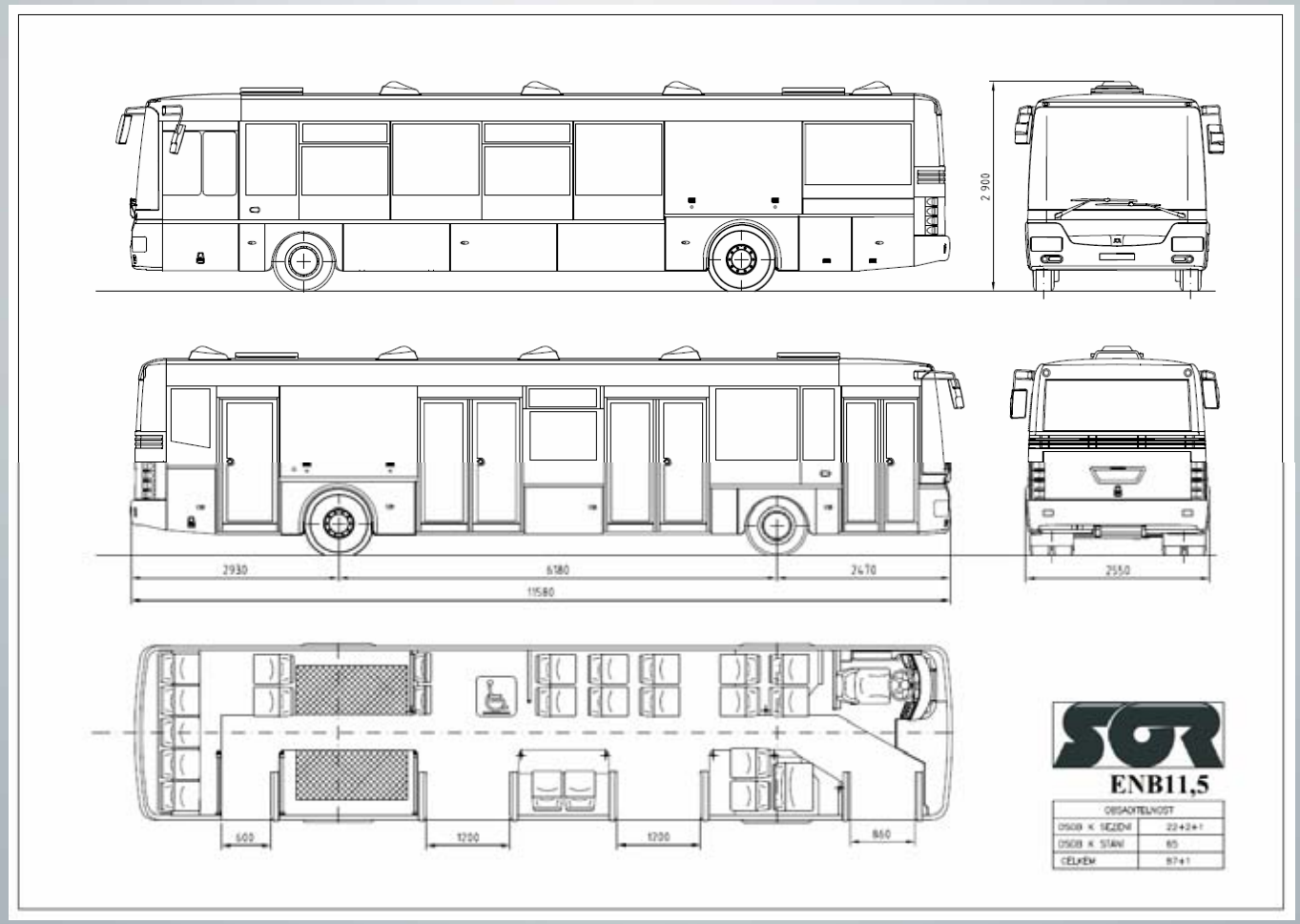
Návrh typové řady velkokapacitních elektrobusů SOR ukazuje další cesty v konstrukci elektrobusů

3.1 Dvounápravový nízkopodlažní elektrobus

S ohledem na maximální zatížení náprav je možné při dnešním stavu techniky postavit dvounápravový autobus délky 11,5 m. Elektrobus ve standardní nízkopodlažní karoserii 12 m by měl již přetíženou zadní nápravu, bude jej tedy možno realizovat s novou generací lehčích akumulátorů.

Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

Projekt elektrobusu ENB 11,5 - zástavbový výkres





Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

Projekt elektrobusu ENB 11,5 – hlavní konstrukční znaky

-Hnací náprava s motory v kolech od firmy ZF
-Umístění dvou bateriových bloků bezprostředně nad koly zadní hnací nápravy – nezatěžuje ohybově karoserii, která tím může být lehčí
-Za zadní nápravou pouze jednoproudové jednokřídlé dveře
-Obsaditelnost 87 osob



Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

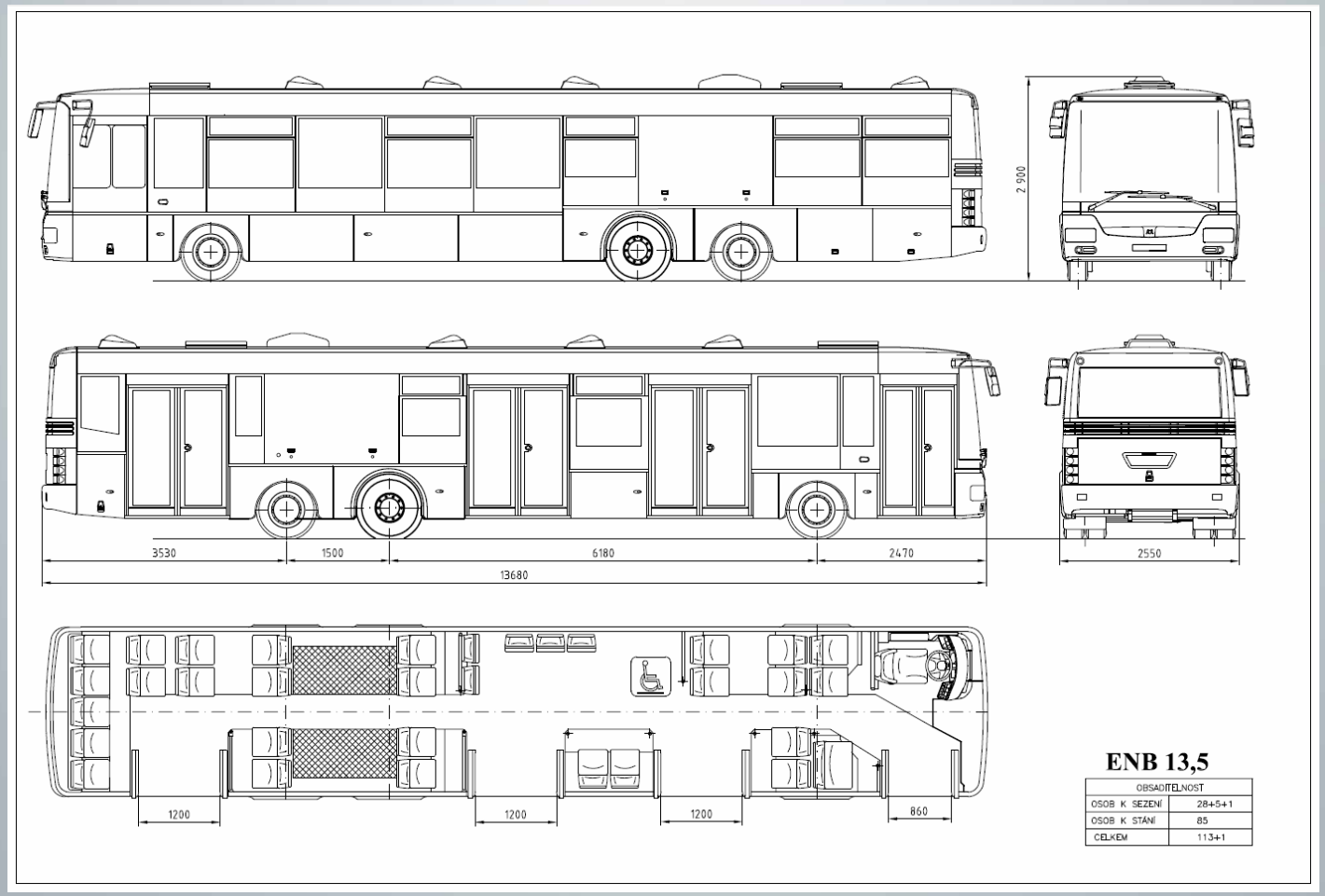
3.2 Třínápravový nízkopodlažní elektrobus

Je odvozen z předchozího typu přidáním třetí pomocné nápravy

Obsaditelnost zvýšena na 113 osob

Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

Projekt elektrobusu ENB 13,5 - zástavbový výkres





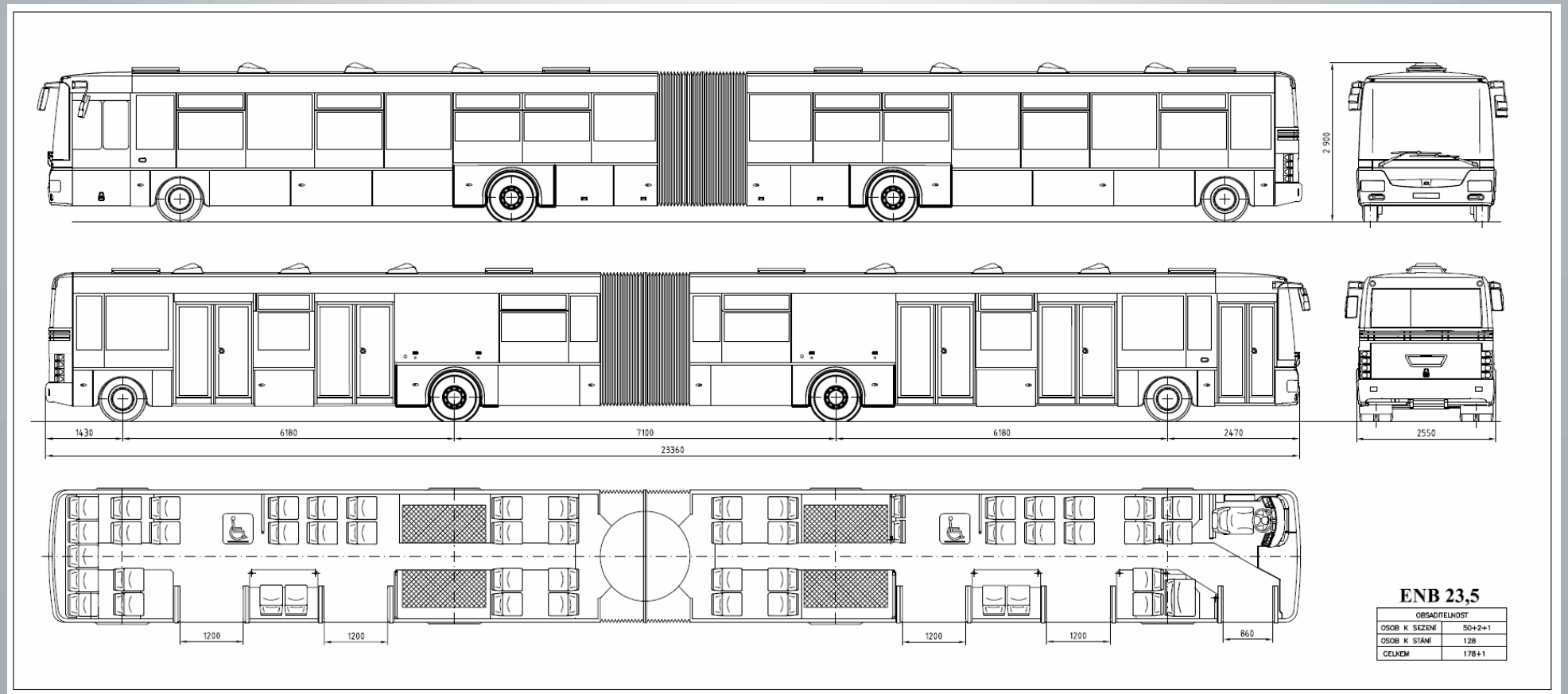
Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

3.3 Čtyřnápravový nízkopodlažní kloubový elektrobus určený především pro BRT systémy

Je vytvořen spojením dvou nízkopodlažních dvounápravových autobusů prostřednictvím speciální točny se dvěma osami kývání.

Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

Projekt kloubového elektrobusu ENB 23,5 - zástavbový výkres





Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

Projekt kloubového elektrobusu ENB 23,5 – hlavní konstrukční znaky

-2 řízené nápravy – 1. a 4.
-2 hnané nápravy – 2. a 3.
-2. vůz jede v zatáčkách přesně ve stopě 1. vozu
-Kloub nevyžaduje drahé tlumení
-Elektrobus unifikovaný s dvounápravovými vozidly
-Obsaditelnost 178 osob



Perspektivy dalšího vývoje elektrobusů

4. Rozvoj infrastruktury

Velkokapacitní elektrobusy budou vyžadovat odpovídající rozvoj infrastruktury u provozovatelů.
Noční dobíjení lze v časech, které jsou k dispozici poměrně snadno řešit.
Denní rychlodobíjení k nutnému zvýšení dojezdů bude představovat okamžité výkony v oblasti 500 ÷ 800 kW !



Závěr

Zavádění elektrobusů do MHD a jejich další vývoj jsou již nezvratitelné. Pokud je dnes nasazování elektrobusů do provozu především investicí do zdraví lidí ve městech, do tří až pěti let půjde o investici plně ekonomicky návratnou. Ve spojení s vhodným leasingem bude docházet i bez dotací ze strany státu k nástupu elektrobusů do městské hromadné přepravy osob.



Váš partner pro městskou, meziměstskou a turistickou dopravu.

Děkuji za pozornost.

SOR Libchavy spol. s r.o.
Libchavy 48
561 16
Tel.: +420 465 519 411
obchod@sor.cz
www.sor.cz