

KIA *Volt Age*



Postav si svůj elektromobil

doc.Ing. Bohumil Horák, Ph.D. & kol.

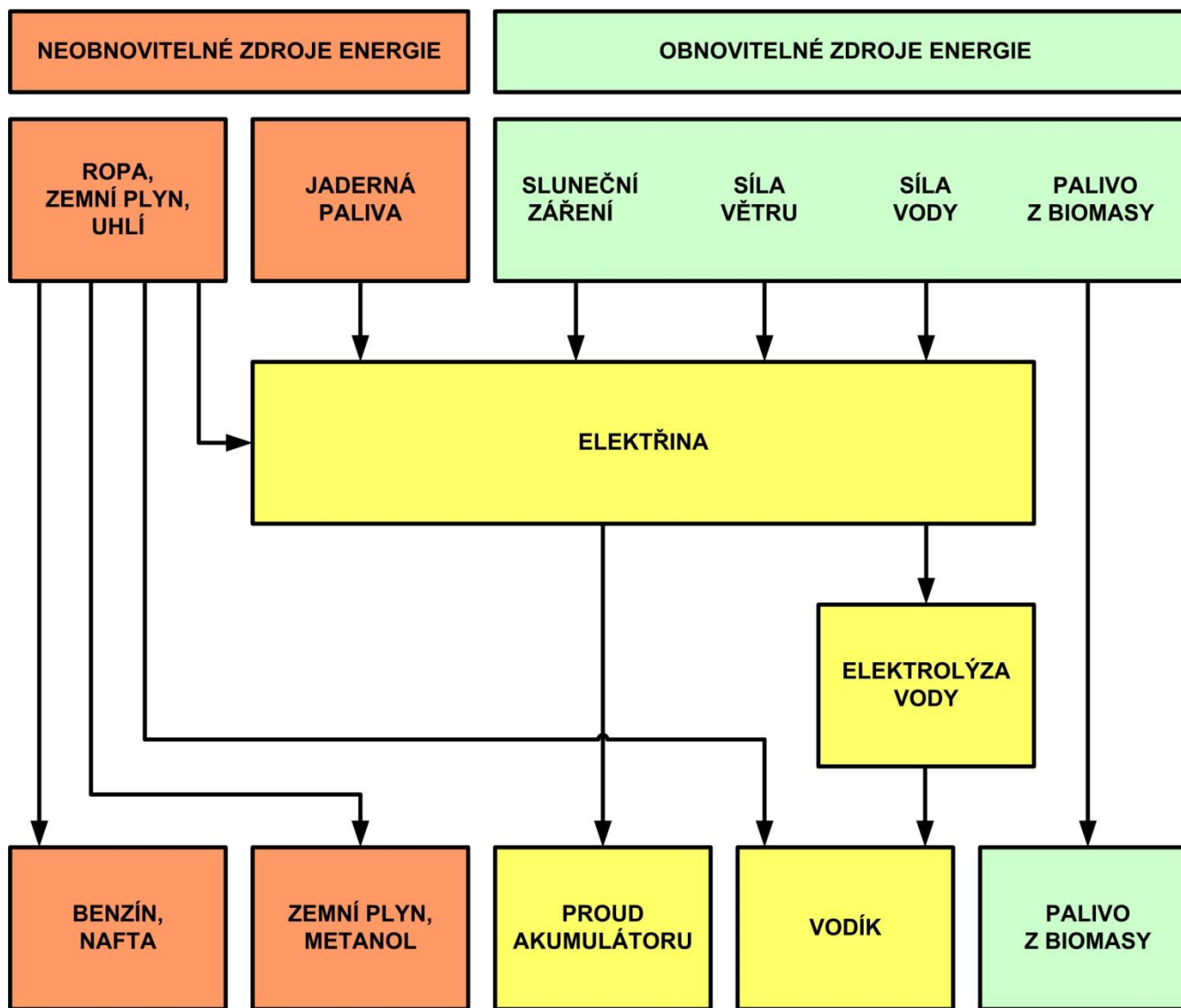
2013

Proč elektromobil?

- **Cena provozu!**
- **Jednoduchost konstrukce!**
- **Dojezd?**
- **Baterie?**
- **Proč ne?**
- **Každý musí začít u sebe.**

Alternativní energetické zdroje v dopravě

- paliva s využitím alkoholů (etanol a metanol),
- bionafta a paliva na bázi rostlinných olejů,
- zkapalněné ropné rafinérské plyny (LPG),
- stlačený a/nebo zkapalněný zemní plyn (CNG, LNG),
- bioplyn,
- vodík,
- elektrický proud.



Obr.1a Blokové schéma energetických alternativ pro dopravu.

Tabulka 1: Srovnání výhřevností jednotlivých paliv.

Palivo	Vyšší výhřevnost	Nižší výhřevnost
Vodík	141,86 kJ/g	119,93 kJ/g
Metan	55,53 kJ/g	50,02 kJ/g
Propan	50,36 kJ/g	45,6 kJ/g
Benzín	47,5 kJ/g	44,5 kJ/g
Nafta	44,8 kJ/g	42,5 kJ/g
Metanol	19,96 kJ/g	18,05 kJ/g

Tabulka 2: Koncentrace energie srovnávaných paliv.

Palivo	Koncentrace energie kJ/m ³ (skupenství)
Vodík	10 050 plyn 1 bar, 15 °C 1 825 000 plyn 200 bar, 15 °C 4 500 000 plyn 690 bar, 15 °C 8 491 000 kapalný
Metan	32 560 plyn 1 bar, 15 °C 6 860 300 plyn 200 bar, 15 °C 20 920 400 kapalný
Propan	86 670 plyn 1bar, 15 °C 23 488 800 kapalný
Benzín	31 150 000 kapalný
Nafta	31 435 800 minimálně, kapalný
Methanol	15 800 100 kapalný

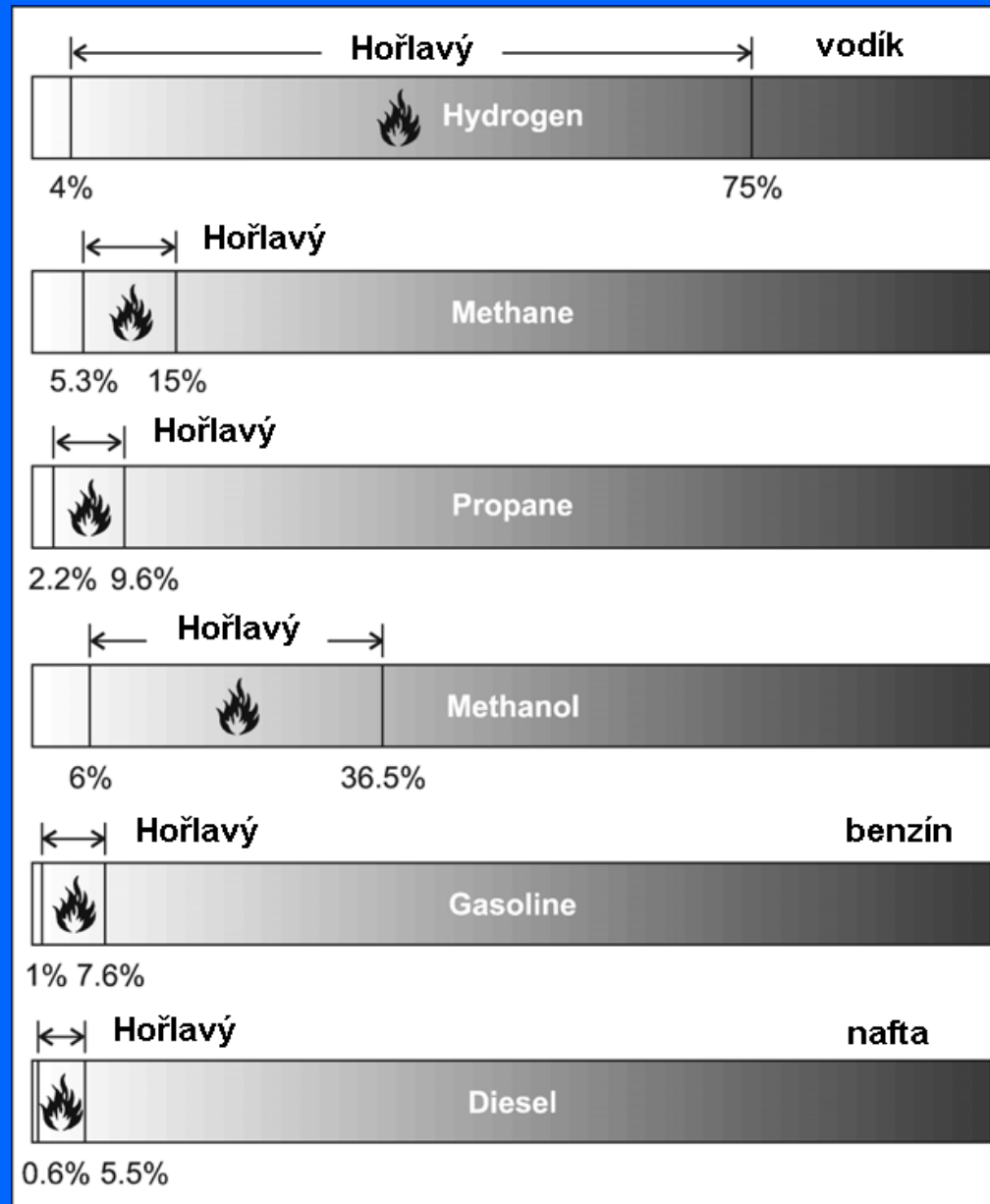
Tabulka 3: Srovnání teplot vypařování jednotlivých paliv.

Palivo	Teplota (bod) vypařování
Vodík	-253 °C
Metan	-188 °C
Propan	-104 °C
Benzín	-43 °C
Metanol	11 °C

Tabulka 4: Srovnání teplot samovznícení jednotlivých paliv.

Palivo	Teplota samovznícení
Vodík	585 °C
Metan	540 °C
Propan	490 °C
Benzín	230-480 °C
Metanol	385 °C

Tabulka 5: Meze hořlavosti jednotlivých paliv.

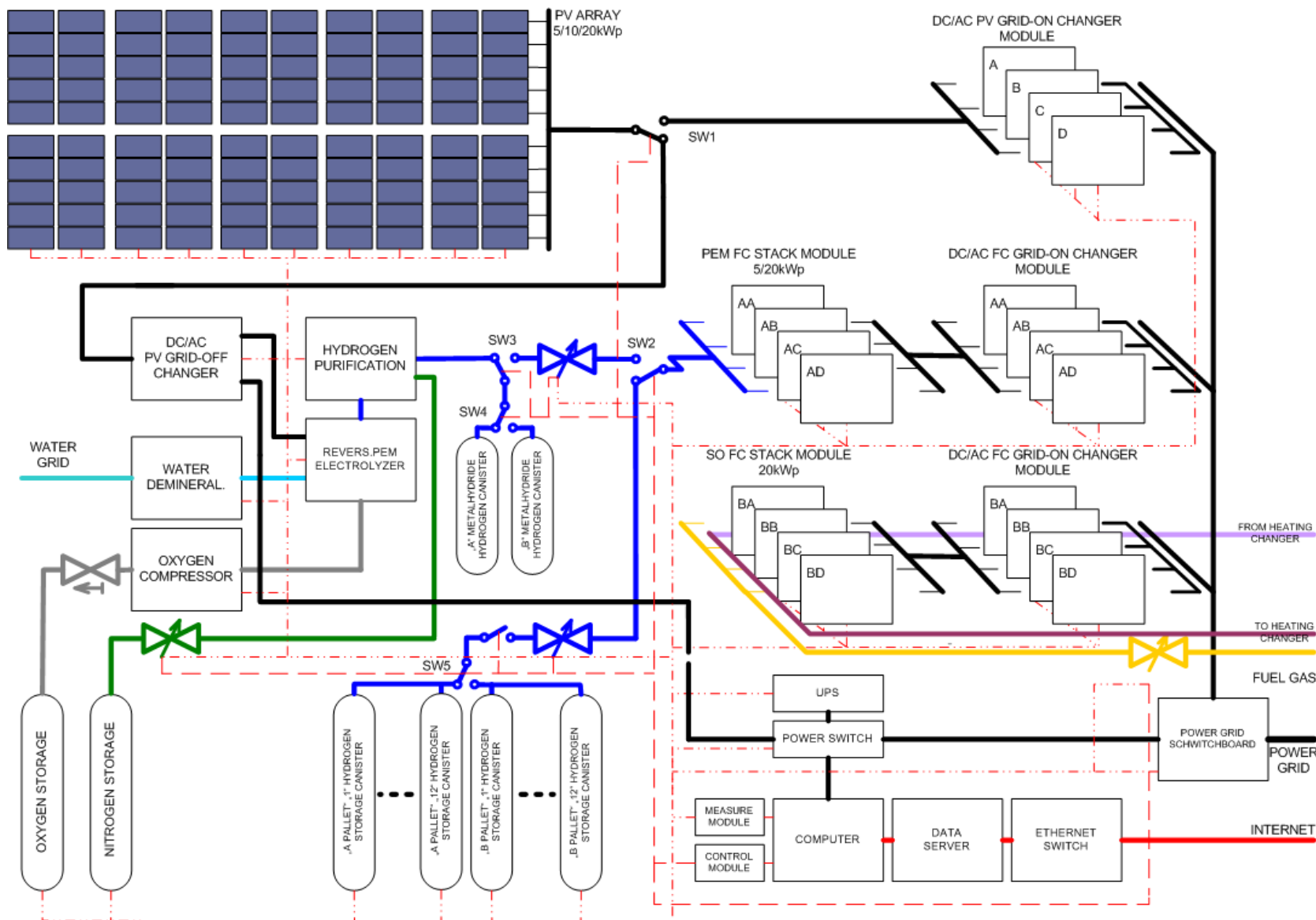


Tabulka 6: Oktanová čísla jednotlivých paliv.

Palivo	Oktanové číslo
Vodík	130+
Metan	125
Propan	105
Oktan	100
Benzín	87
Metanol	30

Laboratoř palivových článků VŠB-TUO

- Založena 2004 jako společné výzkumné a vývojové pracoviště.
- Zahrnuta problematika palivových článků do výuky na teoretické a především laboratorně praktické úrovni a motivace studentů a široké odborné a technické veřejnosti v participaci na rozvoji problematiky netradičních zdrojů energií.
- Realizace pilotního energetického zdroje dodávajícího elektrickou energii do rozvodné elektrické sítě. Realizován soustavou nízkoteplotních PEM palivových článků. Včetně demonstrace výroby vodíku s archivací v metalhydridech.
- Realizace komerční výroby nízkoteplotních PEM palivových článků a stacků pro demonstrační a pilotní účely.
- Příprava, organizace a řešení úvodních projektů HydrogenIX, H-Era a Kaipan-E a rozšíření Programu Napájení Sluncem jako Motivačních projektů technické tvořivosti.



Obr.1b Blokové schéma systémů Laboratoře palivových článků (2009)

Obecné problémy související s využitím alternativních energetických zdrojů v osobní dopravě.

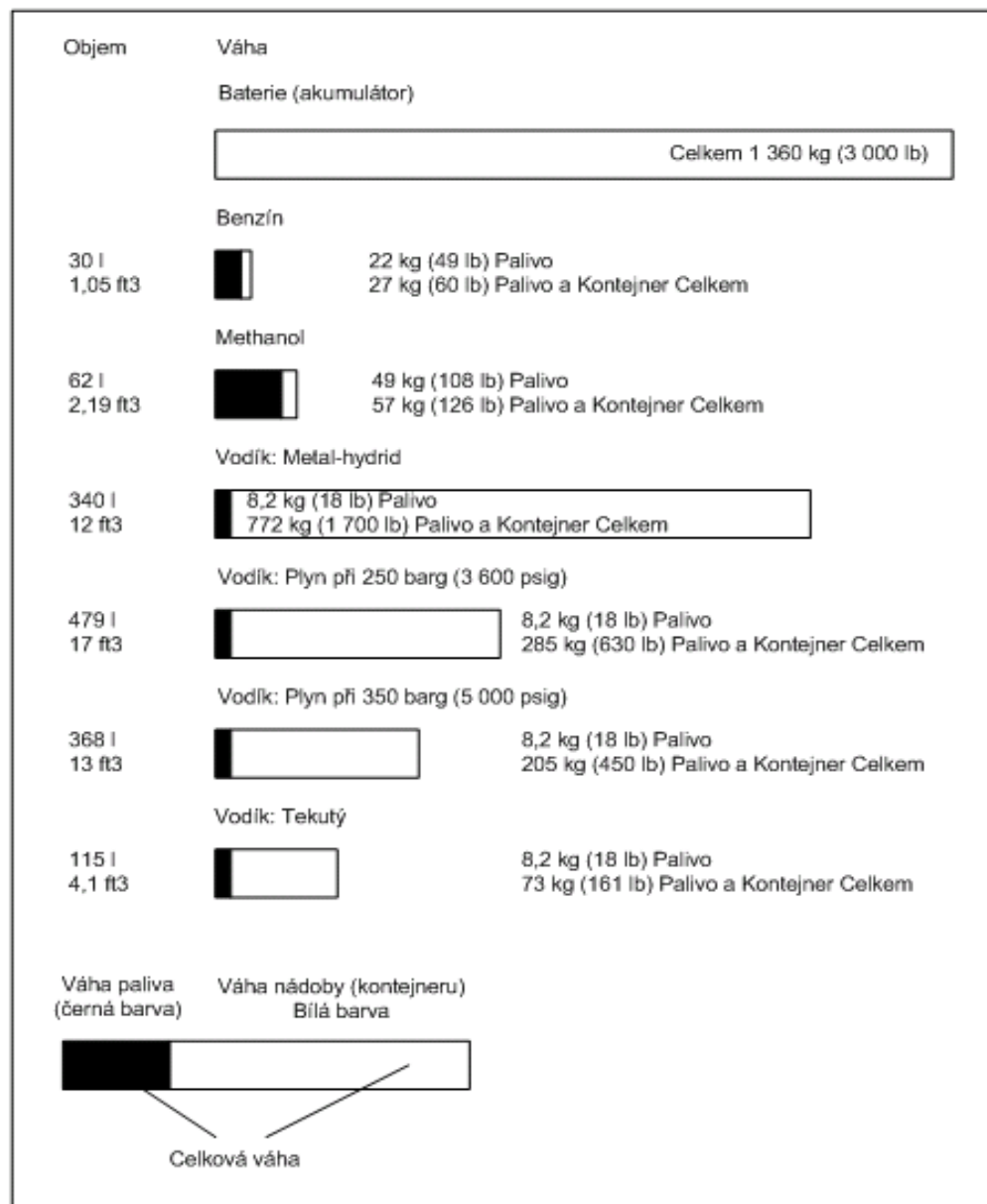
- Vozidla nejsou dosud na trhu plně dostupná. Automobilky, pokud nabízí, nenabízí všechny vyráběné typy vozidel s alternativou pohonu.
- Vysoká cena individuální přestavby.
- Infrastruktura veřejných čerpacích stanic pro alternativní paliva je nedostatečná.
- Jednotky pro plnění nádrží /nabíjení v rámci domácností mají vysokou pořizovací cenu.
- Častá výroba alternativních paliv z neobnovitelných zdrojů. Pomineme-li fermentační procesy, bioplyn apod.
- Zpřísněné bezpečnostní přístupy související s instalací vysokotlakého/vysokonapěťového zařízení ve vozidle.

Obecné problémy související s využitím elektrické energie v osobní dopravě.

- Vozidla nejsou na trhu plně dostupná.
- Není zavedena standardizace komponent infrastruktury.
- Infrastruktura veřejných nabíjecích stanic nedostatečná.
- Nabíjení v rámci rodinných domů naráží na problémy vytížení stávající elektrické rozvodné sítě a její kapacity.
- Není zaveden mechanismus umožňující elektrickou energii pro elektromobily zdanit.
- Výroba elektrické energie pro nabíjecí stanice z fosilních zdrojů.
- Vysoká počáteční pořizovací cena akumulátorů elektrické energie vestavěných ve vozidlech.
- Odlišné bezpečnostní přístupy související s vysokým napětím ve vozidlech.

Vodíkové technologie - obecné problémy související s využitím vodíku jako přenašeče energie v dopravě.

- Současná majoritní výroba vodíku z neobnovitelných zdrojů.
- Diametrálně odlišná infrastruktura pro dopravu a čerpání vodíku.
- Spalování vodíku v tepelných motorech neodbourává plně emise NOx.
- Materiálové problémy, vodíková křehkost, maziva.
- Krátká životnost palivových článků.
- Vysoká cena palivových článků, které dosud nedosáhly rozsahu hromadné výroby.
- Komplexnější bezpečnostní přístupy související s celým procesem.



Tab. 1 Porovnání „nádrží“ pro jednotlivá paliva.

Historie elektromobilů

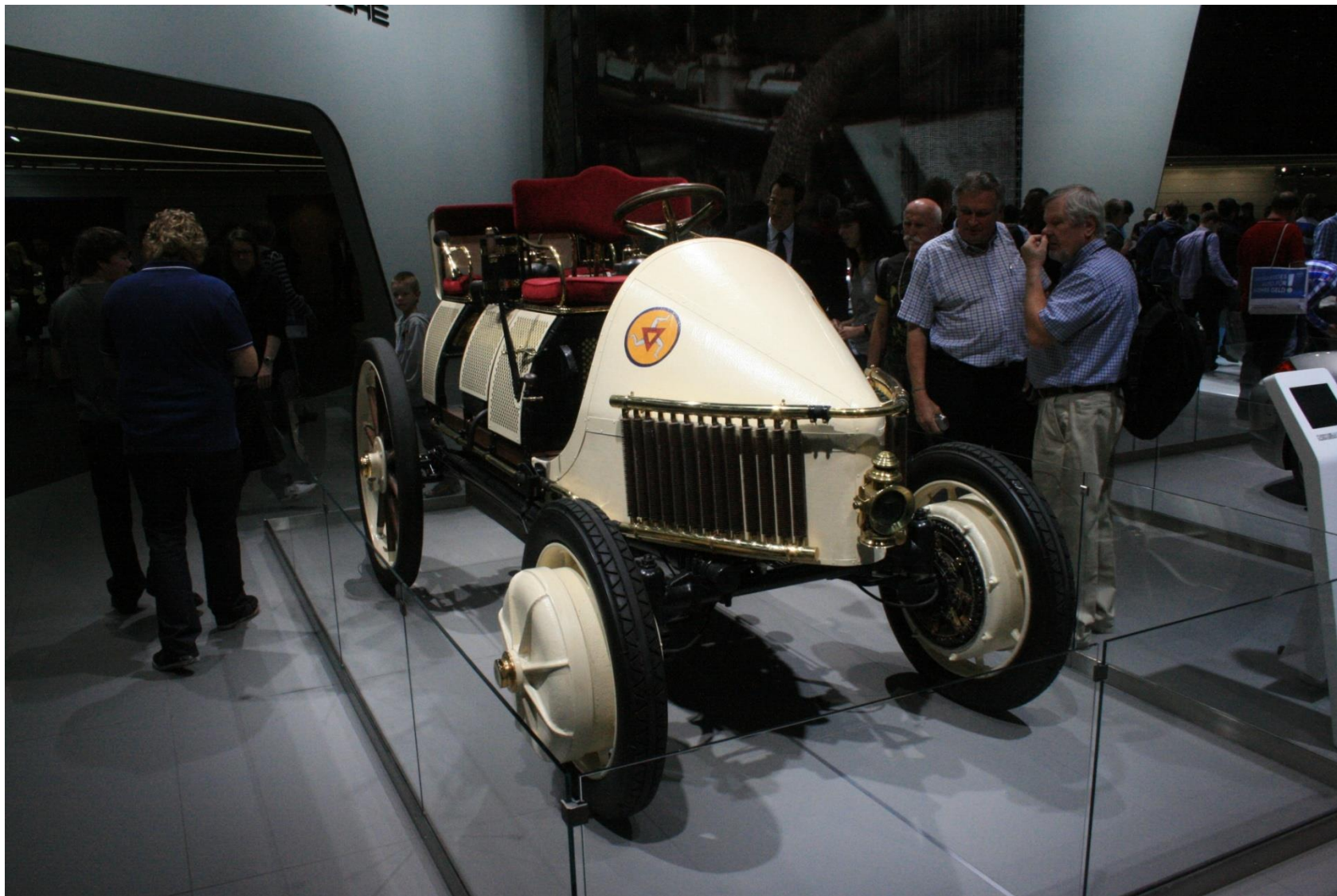
- Profesor Sibrandus Stratingh z Groningen (Holandsko) navrhl malý elektromobil postavený jeho asistentem Christopherem Beckerem již v roce 1835.
- Do roku 1900 držely elektromobily všechny rychlostní a dálkové rekordy. Camille Jenatzy překonává hranici 100 km/h 29. dubna 1899 v elektromobilu doutníkového tvaru.
- Bateriové elektromobily v USA od Anthony Electric, Baker, Detroit, Edison, Studebaker, aj. dominovaly na počátku 20. staletí.



Obr. 1c Dobová fotografie rekordního elektromobilu.



Obr. 1d Fotografie repliky rekordního elektromobilu na Autosalonu 2010 v Paříži.



Obr. 1e Fotografie hybridního elektromobilu Lohner-Porsche na Autosalonu 2011 ve Frankfurtu nad Mohanem (hybridizační jednotka spalovacím motorem De Dion-Bouton).



Obr. 1f Reklamní plakát elektromobilu z roku 1912.

Technologické nedostatky:

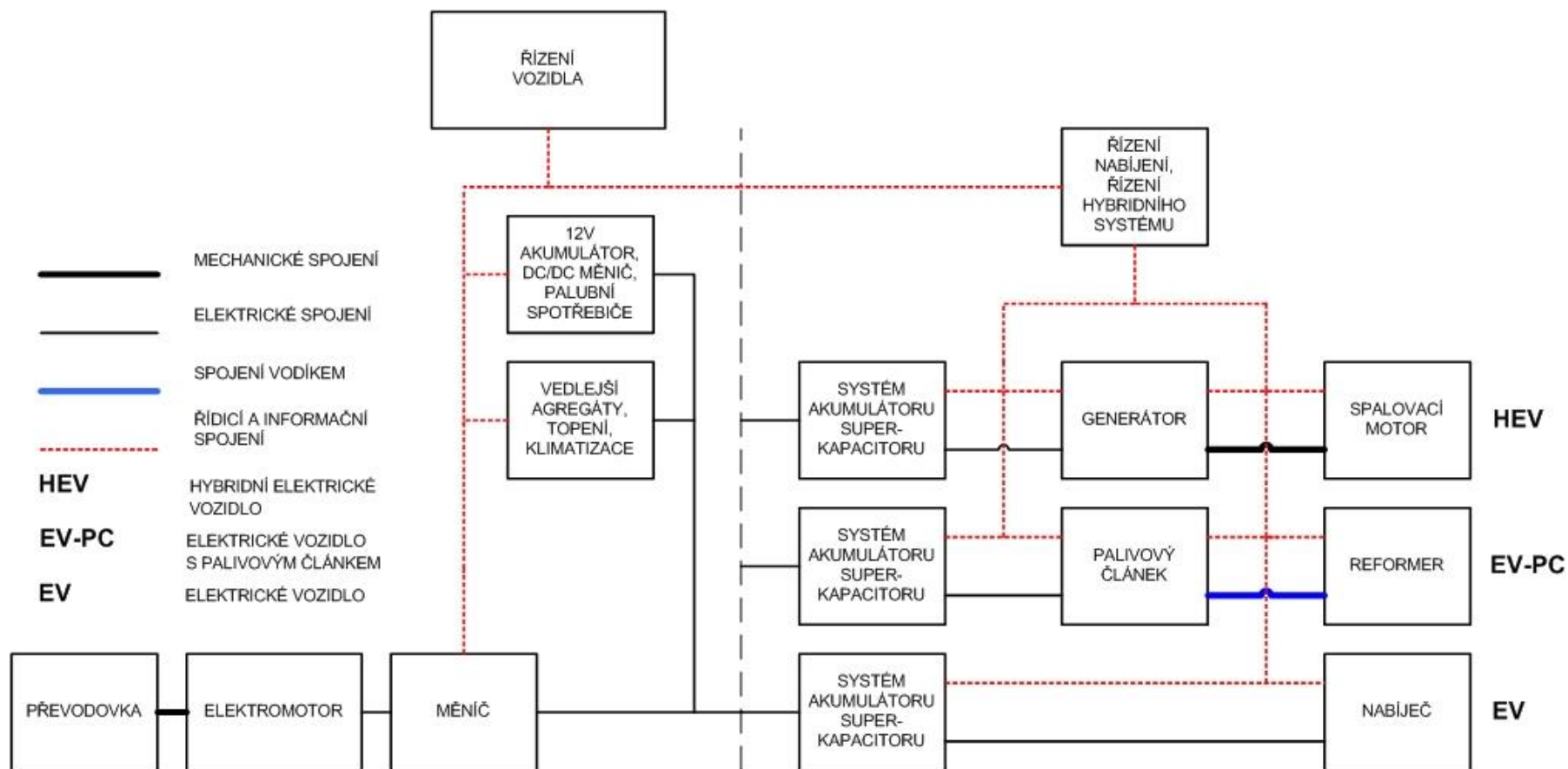
- neexistence polovodičové technologie
- max. rychlost kolem 32 km/h
- malý dojezd na jedno nabití
- velká hmotnost (olověné akumulátory)

Později prosluly jako „dámské„ vozy:

- úspěšně prodávány jako městská vozítka
- vysoká cena
- jednodušeji řiditelné
- nevyžadovaly natočení motoru klikou.

Oblasti projektových aktivit

- Chassis, podvozek, karoserie KAIPAN,
 - elektromotory a převodovky a prototypové díly,
 - systémy ovládání a řízení elektromotorů,
 - systémy ovládání a řízení vozidel,
 - systémy vizualizace provozních parametrů,
 - soustavy trakčních baterií,
 - systémy řízení režimů nabíjení a provozu TB,
 - integrované nabíjecí systémy,
 - periferní součásti nabíjecího subsystému.
-
- Konstrukce, příprava výroby a prototypová výroba,
 - montáž, nastavení a uvedení do provozu,
 - experimenty a testy komponent,
 - testování, provozní a certifikační testy pohonů,
 - „PR“, exhibice, workshopy a výstavy,
 - ODV a publikace.



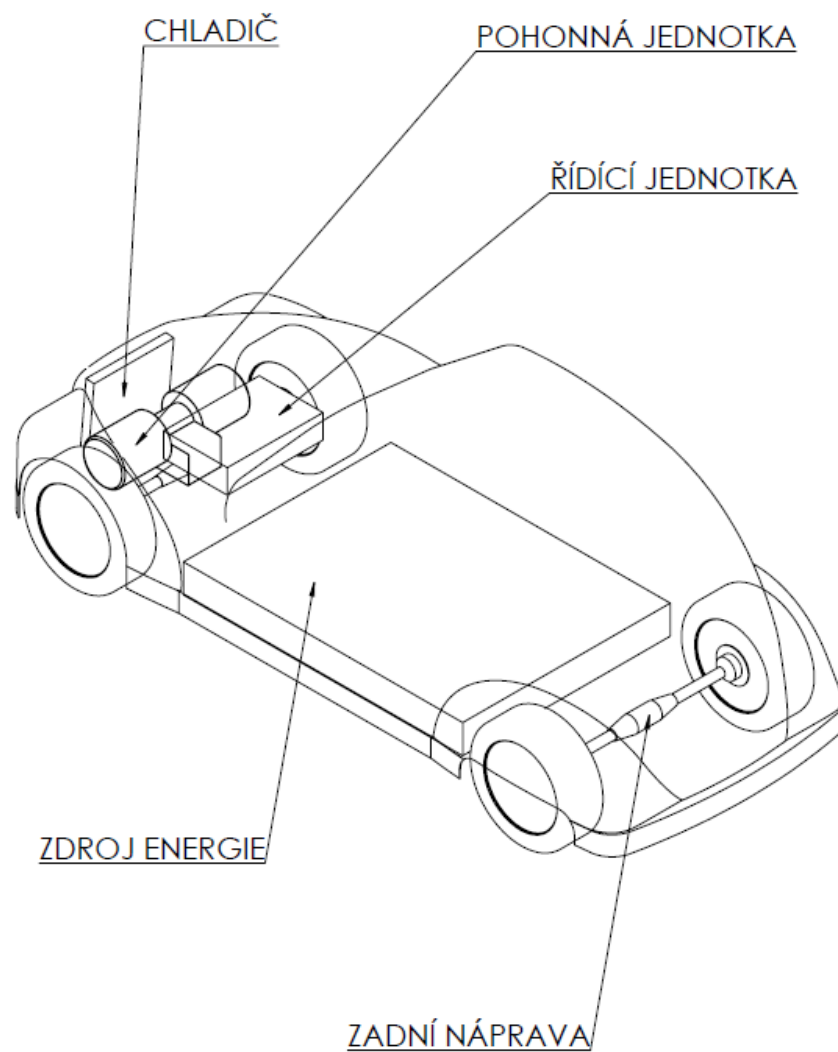
Obr. 2 Obecné blokové schéma topologií.

Pohonné jednotky motor-reduktor

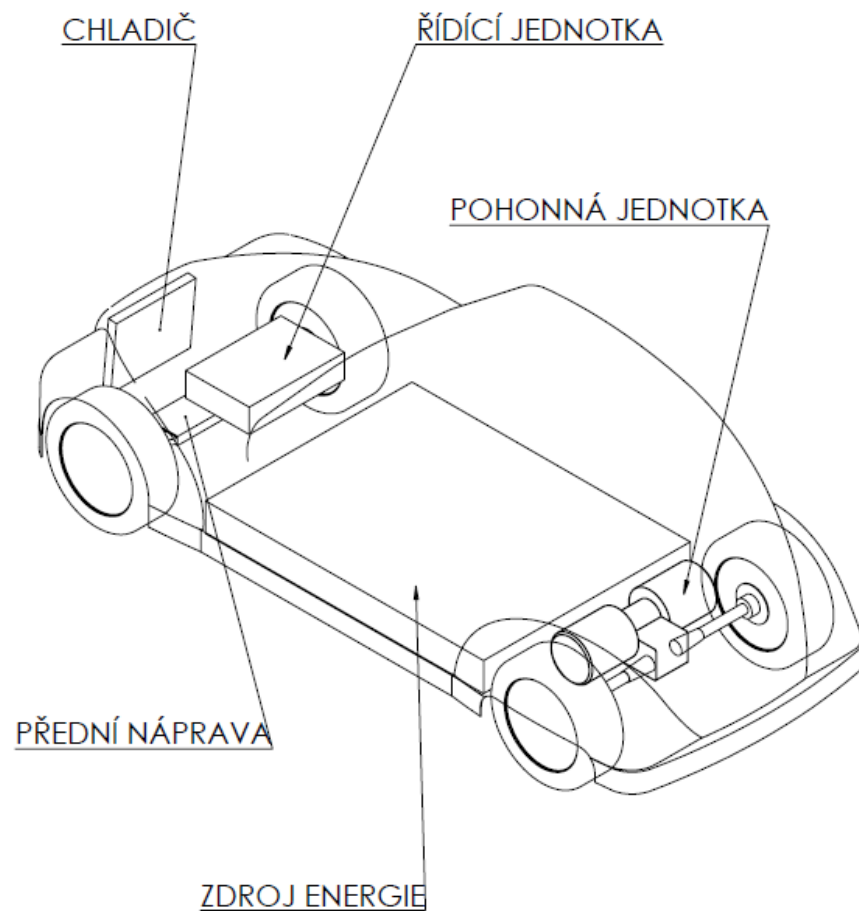
- I.generace
 - II. generace
 - III. generace
 - Snímače polohy natočení rotoru
 - BLDC (Free Air)
 - Synchronní pohon (TG Drives)
-
- ✓ Prototypová realizace pohonů a vestavba do chassis
 - ✓ Ověření technických parametrů v různých jízdních režimech
 - ✓ Řízení a nastavení provozních režimů
 - ✓ Ověření jízdních režimů a spolehlivost provozu

Koncept pohonné jednotky

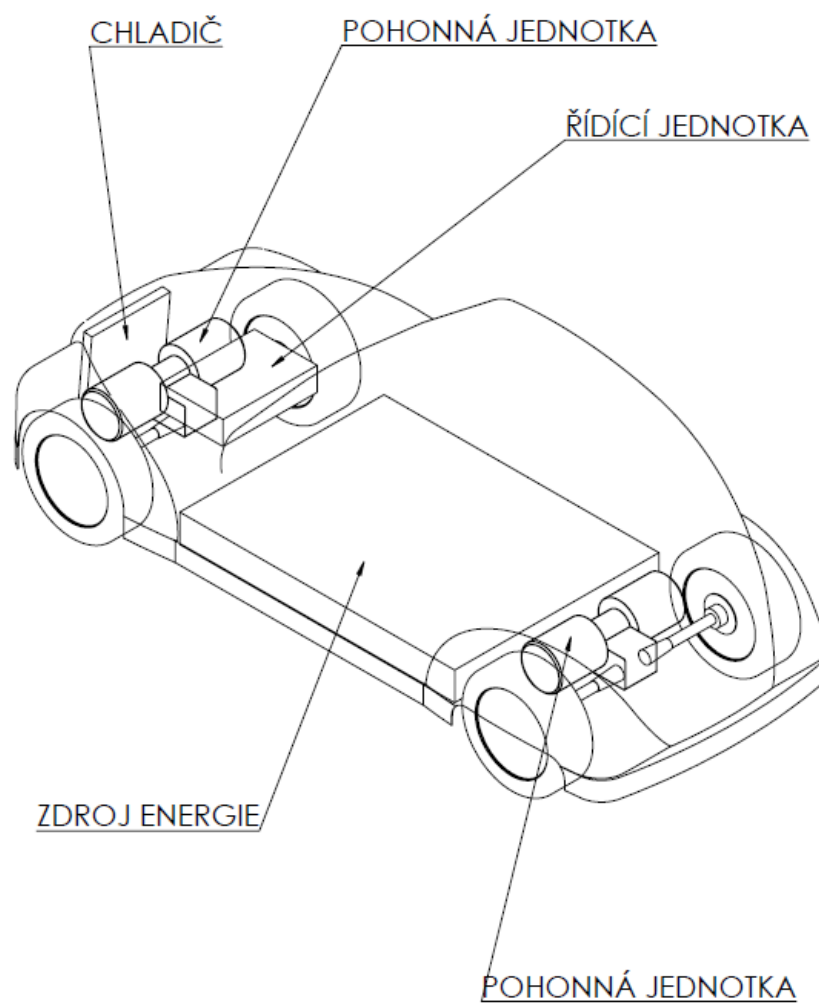
- Poháněcí ústrojí skládající se z kapalinou chlazených asynchronních elektromotorů a kapalinou chlazené převodovky se stálým převodem ozubenými koly s výstupy na hnané nápravy bez potřeby použití diferenciálu,
- kompaktní pohonná jednotka pro elektromobily umožňující umístění dle potřeby na přední nebo zadní nápravu, v případě použití dvou jednotek vytvoření vozidla s pohonem 4x4,
- jednotka se skládá z 2 asynchronních (synchronních) elektromotorů a převodové skříně,
- motory jsou vícepólové, skříň statoru je kapalinou chlazená, rozvod kapaliny chladícími kanálky v plášti skříně, chlazení je rozděleno do 4 chladících okruhů,
- skříň převodovky je taktéž kapalinou chlazená, převod je stálý, zajištěn ozubenými koly v olejové lázni,
- v převodovce jsou dva na sobě nezávislé převodové oddíly s vstupem a vývodem každý pro jeden motor a nápravu. Oba mají stejný převodový stupeň a stejný počet a uspořádání ozubených kol,
- řízení rozdílných otáček poháněných kol se děje pomocí elektronického řízení motoru (elektronický diferenciál),
- celé pohonné ústrojí je šrouby spojeno do bloku který je možno pomocí jednoduchých závěsů uložit k přední nebo zadní nápravě a připojit k hnaným kolům pomocí kardanových hřídelů,
- jednoduchost konstrukce umožňuje zástavbu sériově vyráběných a na trhu dostupných motorů.



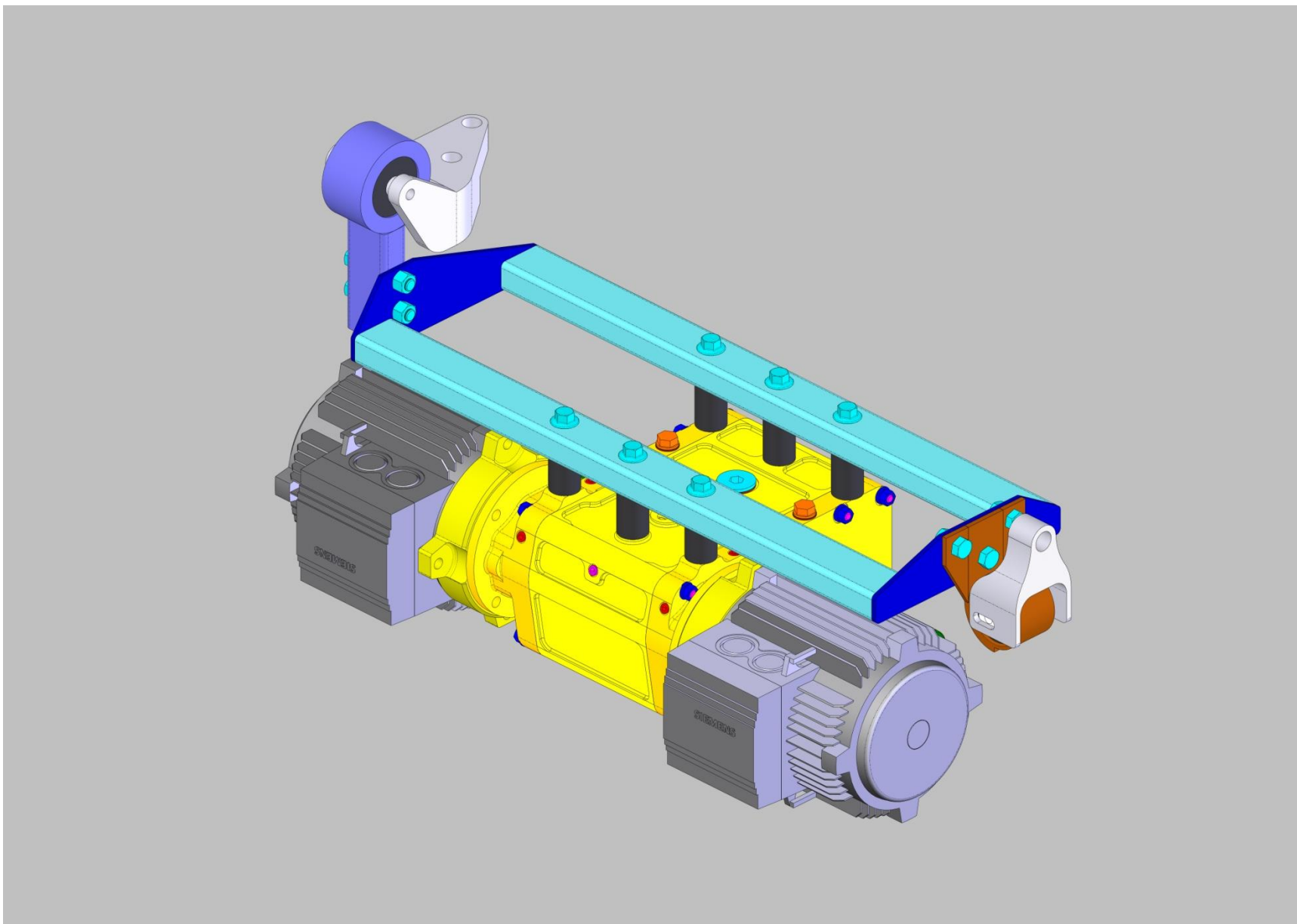
Obr. 3 Koncept s předním pohonem.



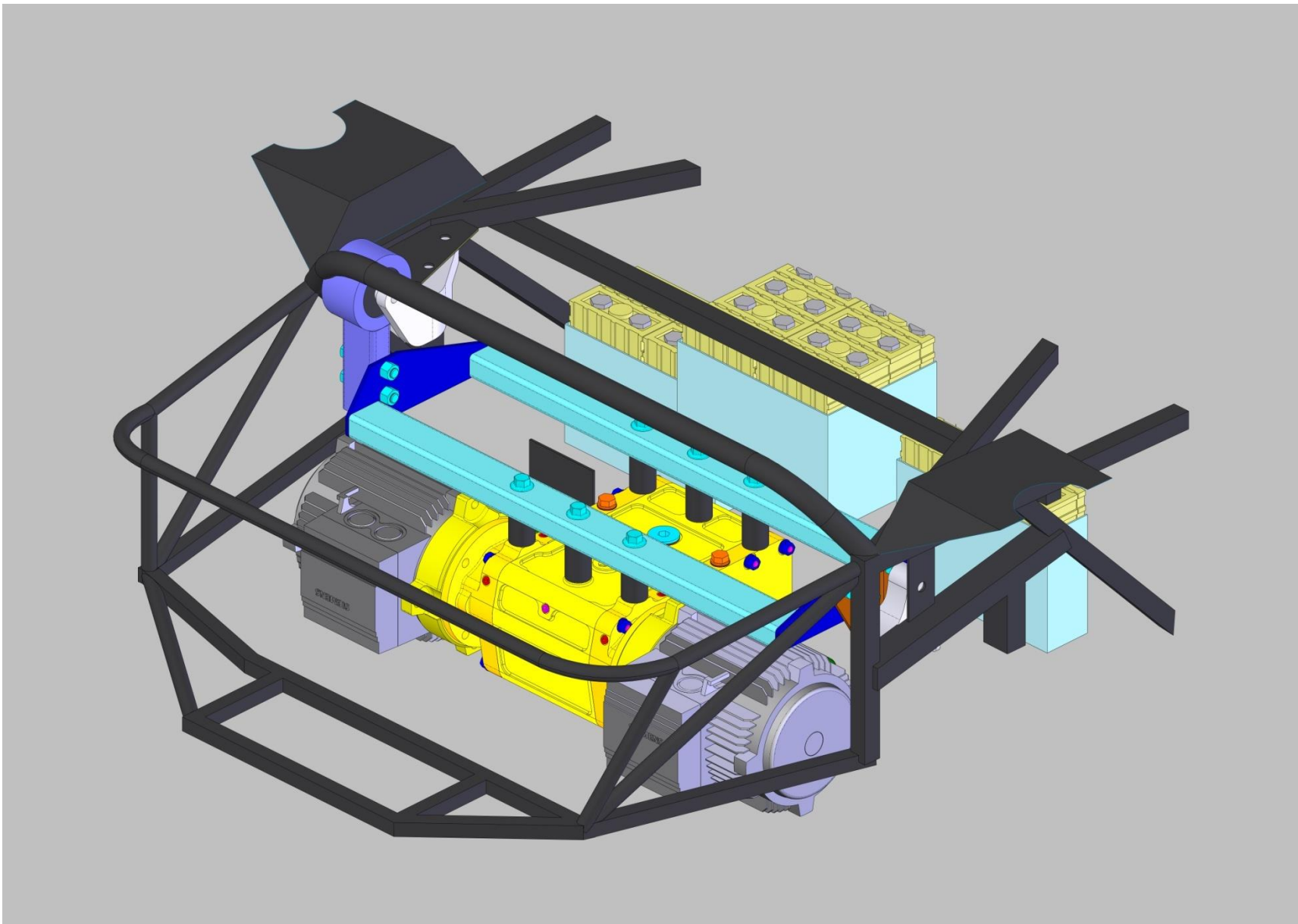
Obr. 4 Koncept se zadním pohonem.



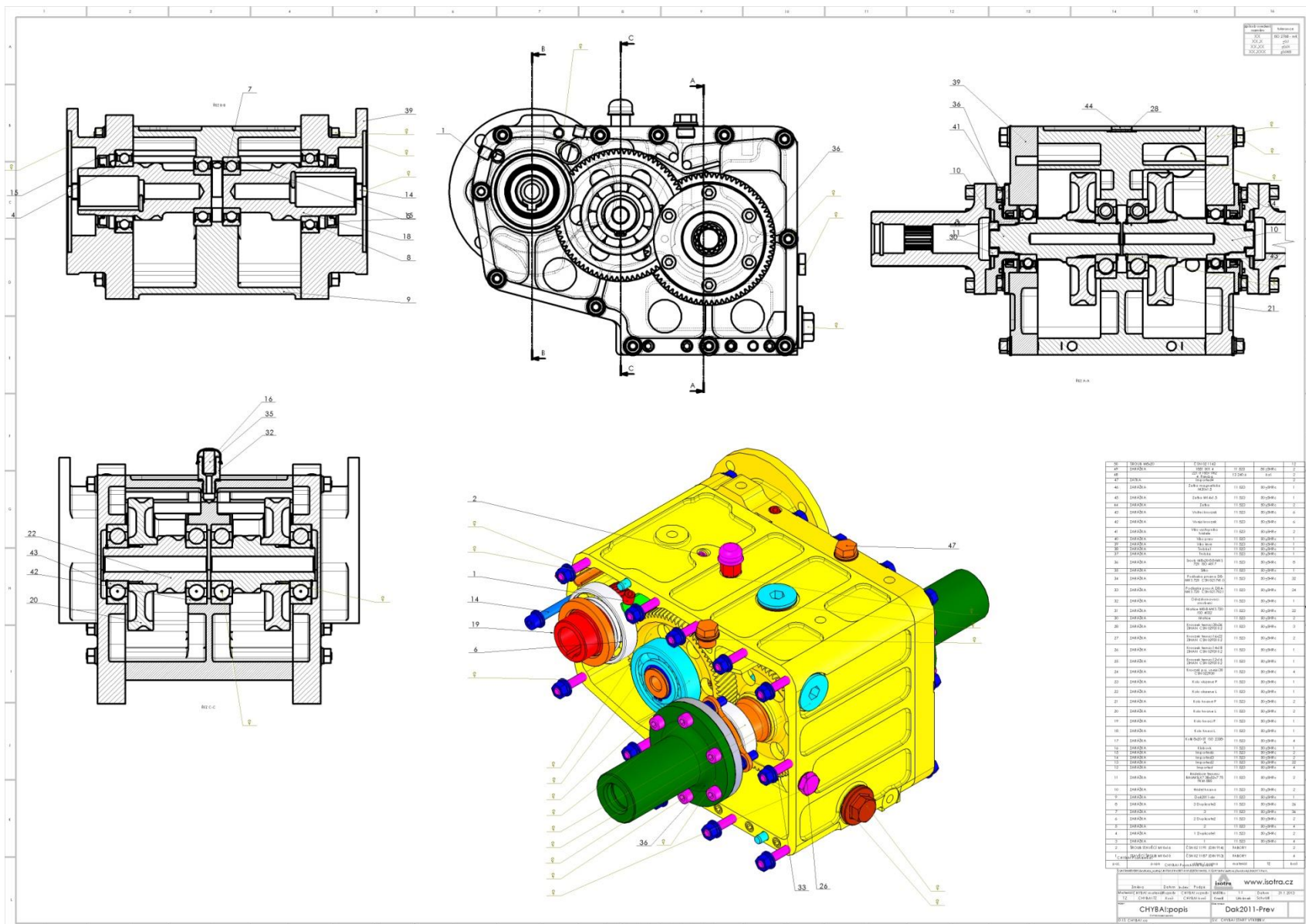
Obr. 5 Koncept s pohonem 4x4.



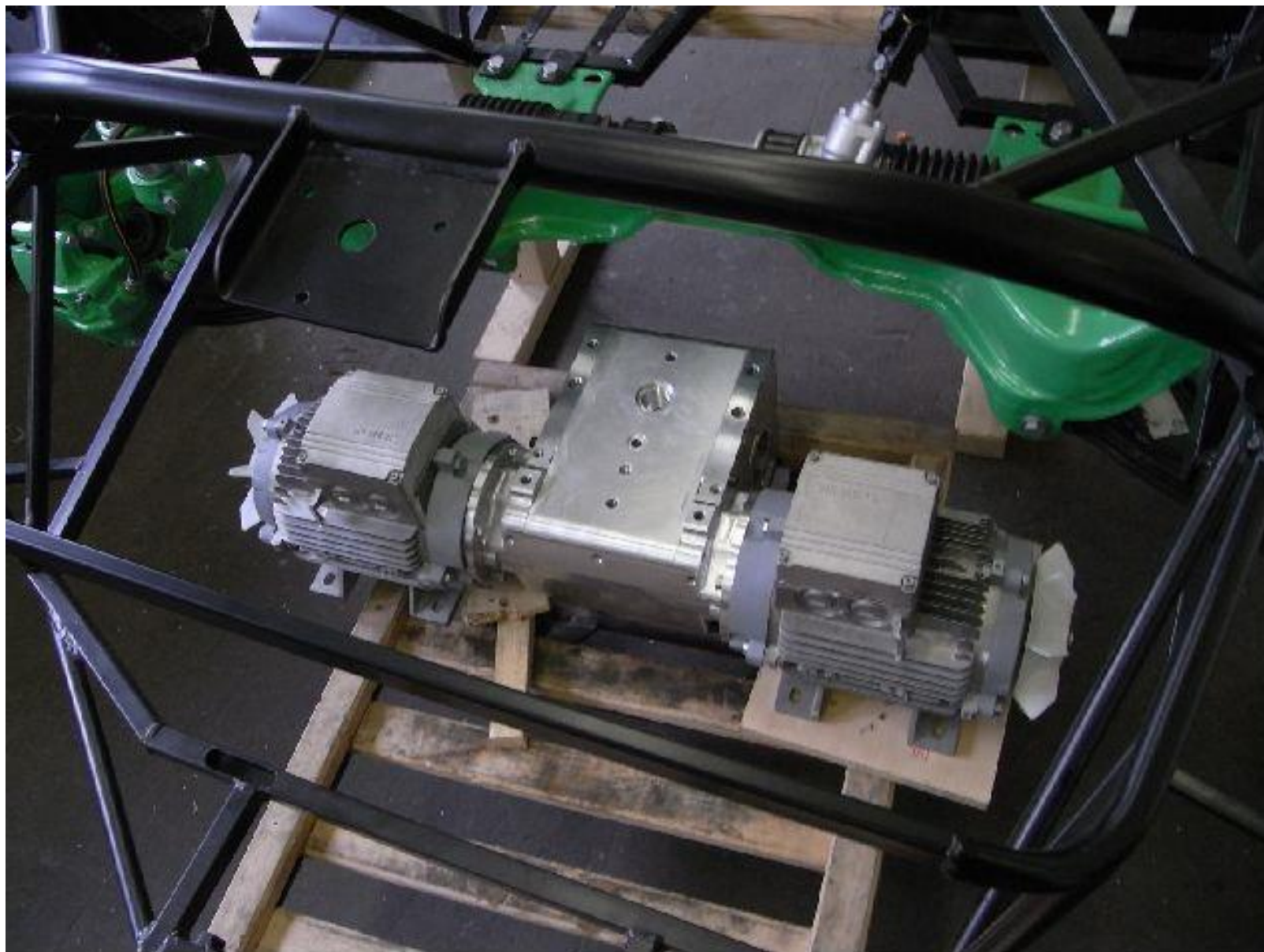
Obr. 6 Model konceptu duálního pohonu I.generace pro K0 (2009)



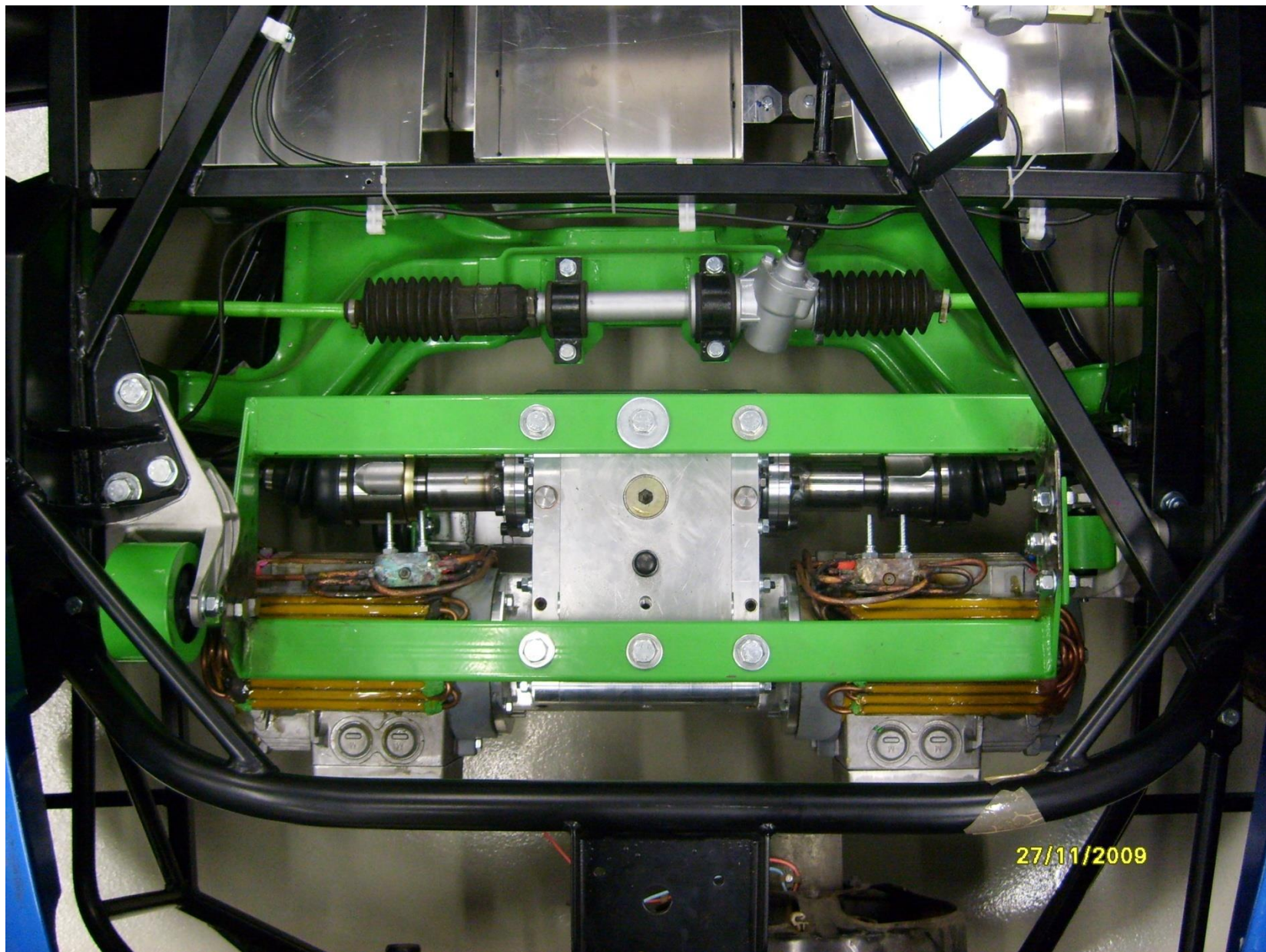
Obr. 7 Model osazení pohonu I.generace do chassis K0 (2009)



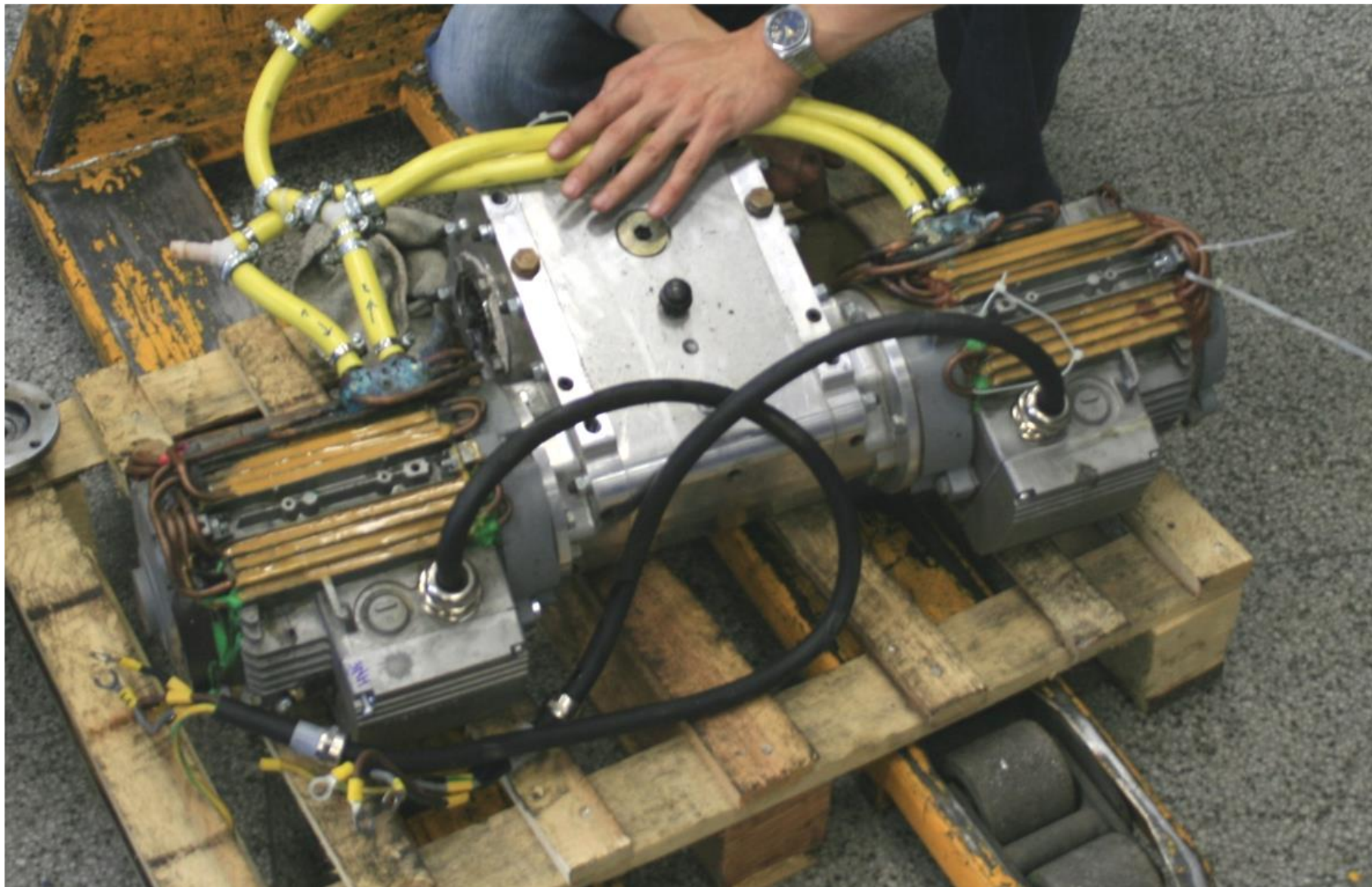
Obr. 8 Konstrukční návrh duálního reduktoru pohonu I.generace (2009)



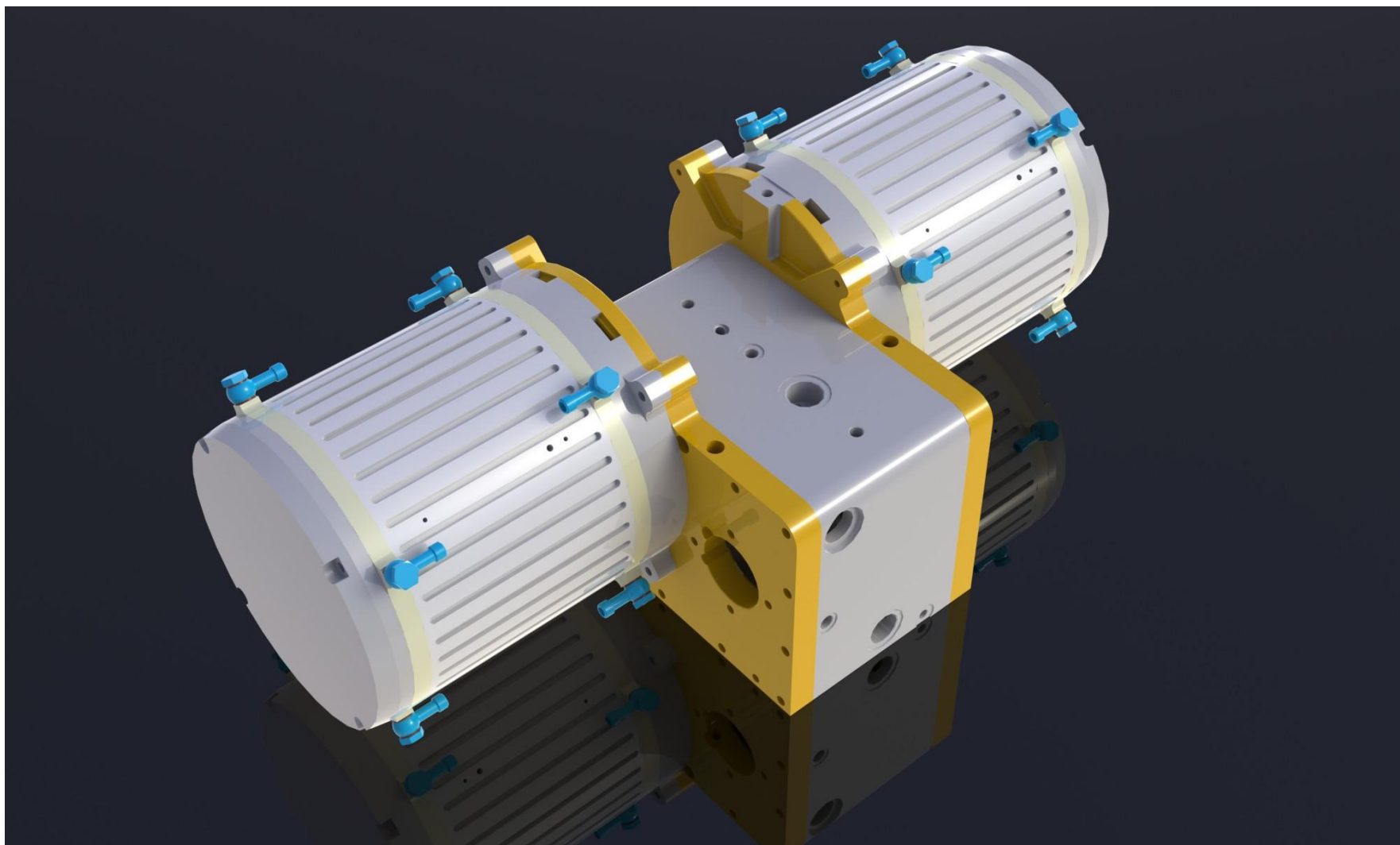
Obr. 9 Realizovaný prototyp duálního pohonu I.generace (2009)



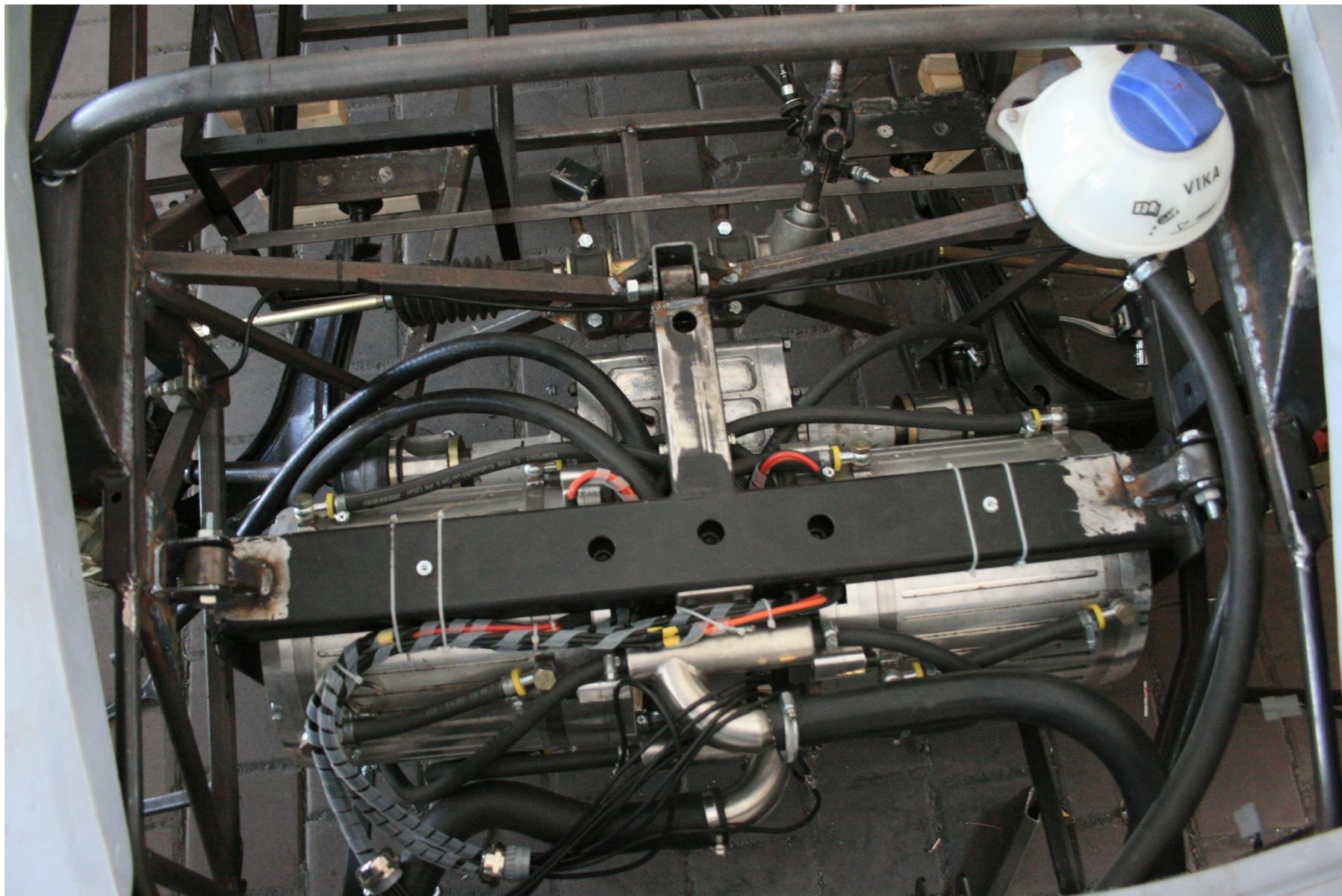
Obr. 10 Zástavba duálního pohonu I.generace, detail provizorního chlazení (2009)



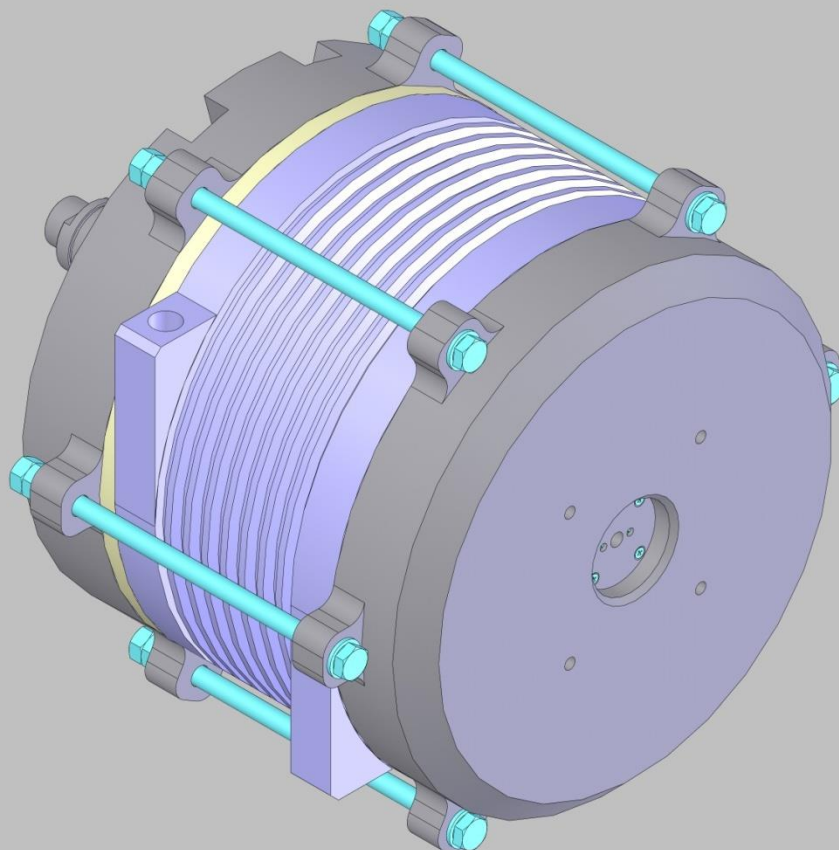
Obr. 11 Duální pohon I.generace při repasi (2010)



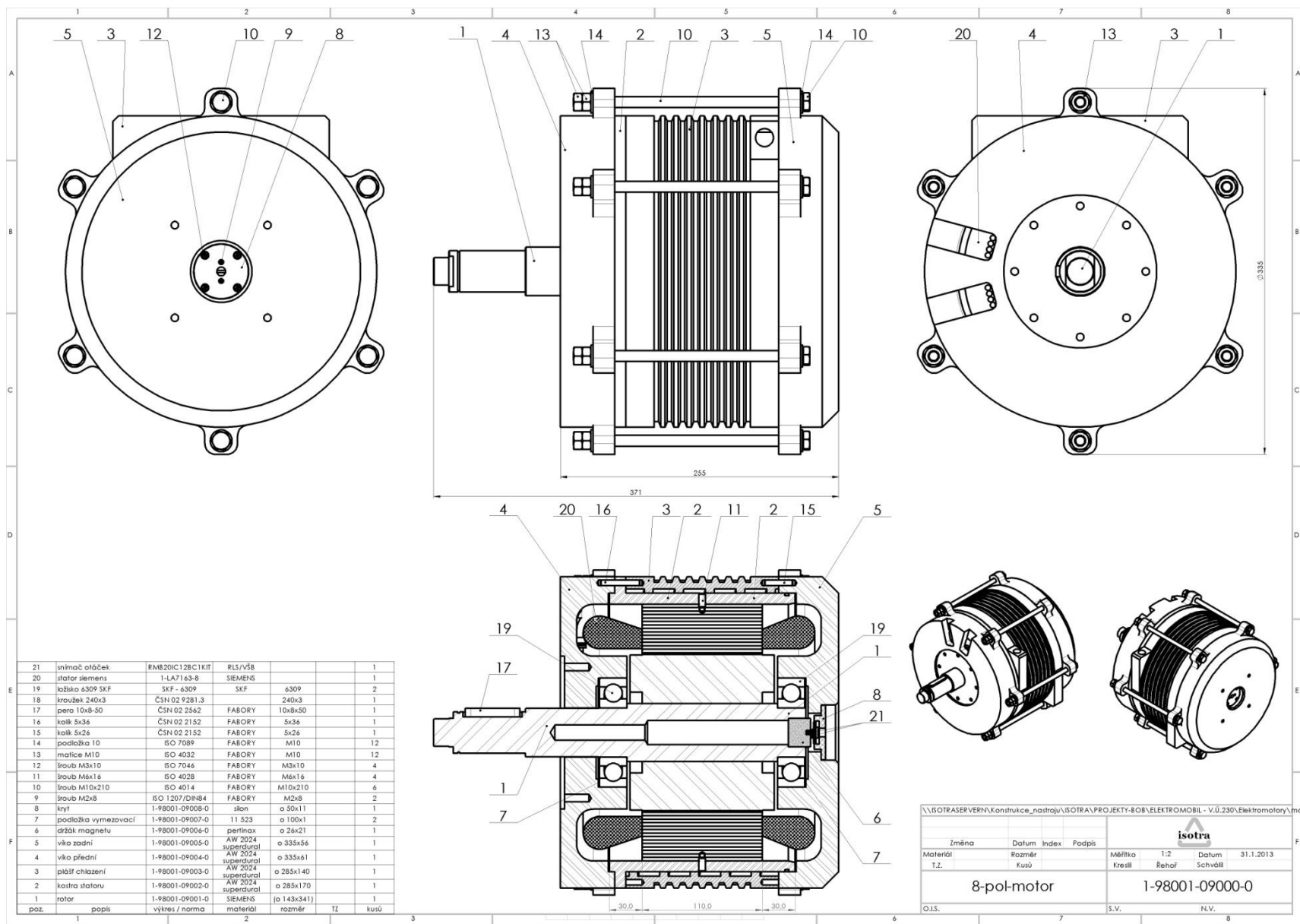
Obr. 12 Model duálního konceptu pohonů II.generace pro K1 a K2 (2010)



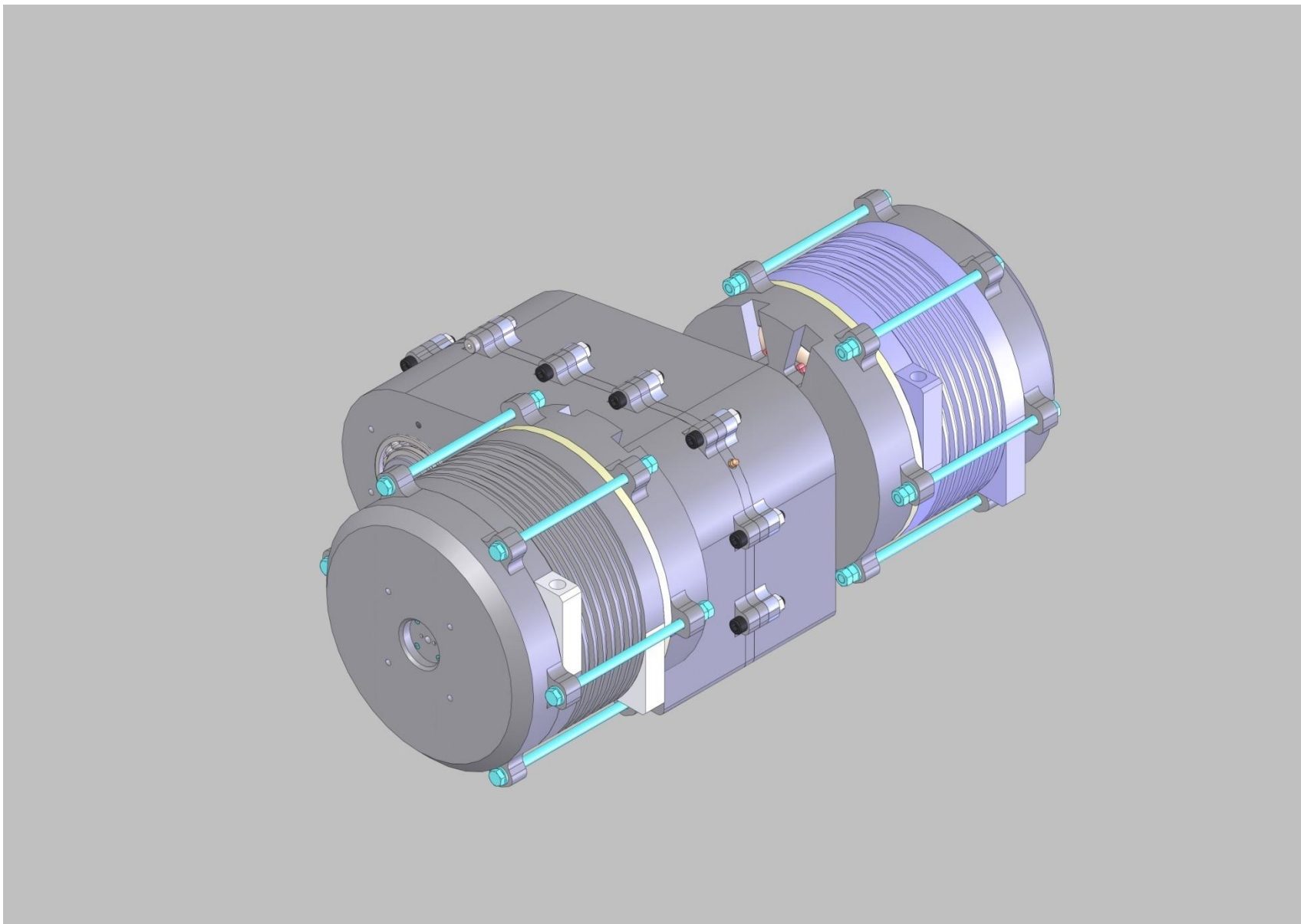
Obr. 13 Zástavba prototypu duálných pohonů II.generace do modifikovaného chassis K1 (2010)



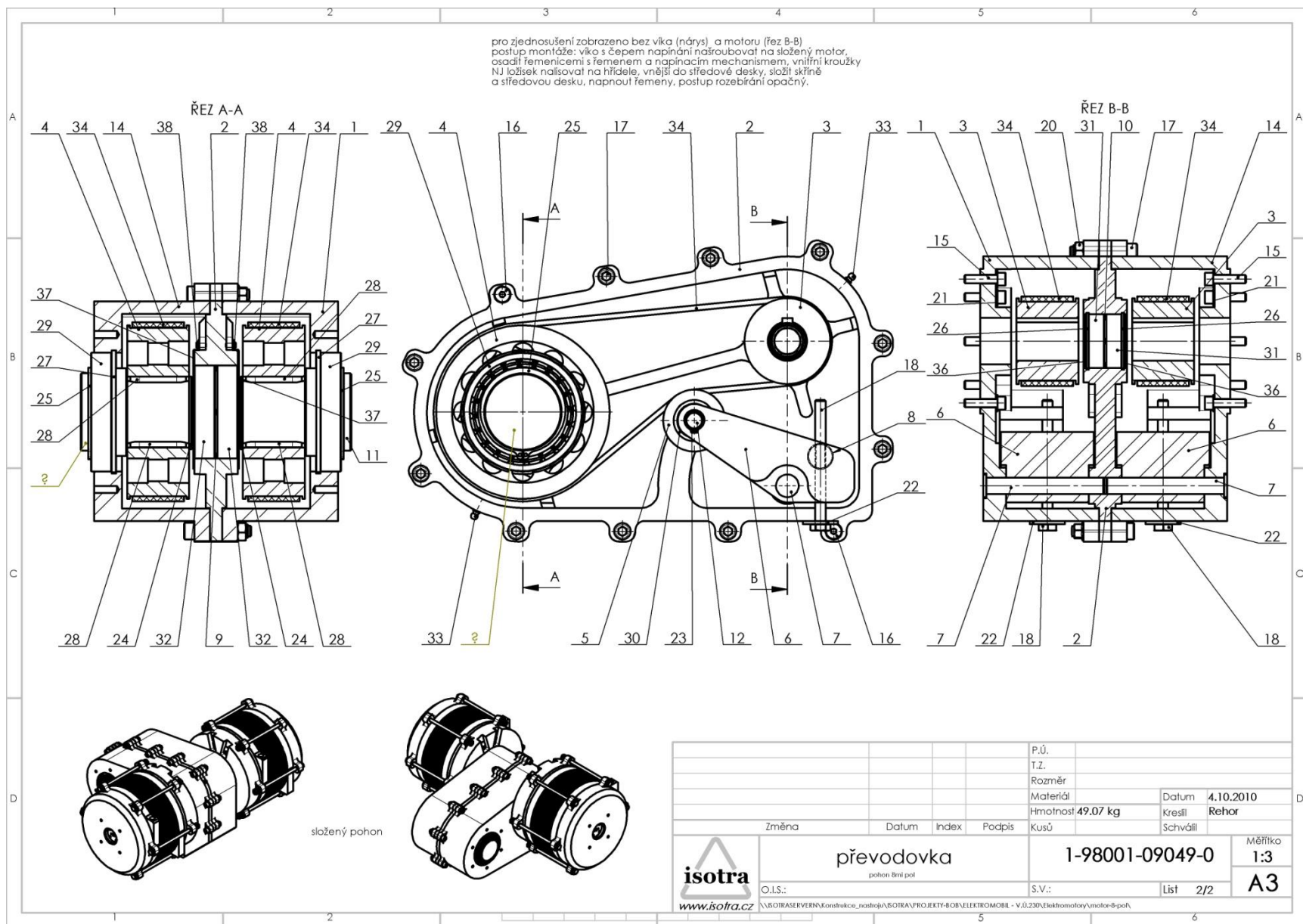
Obr. 14 Model elektromotoru III.generace (2010)



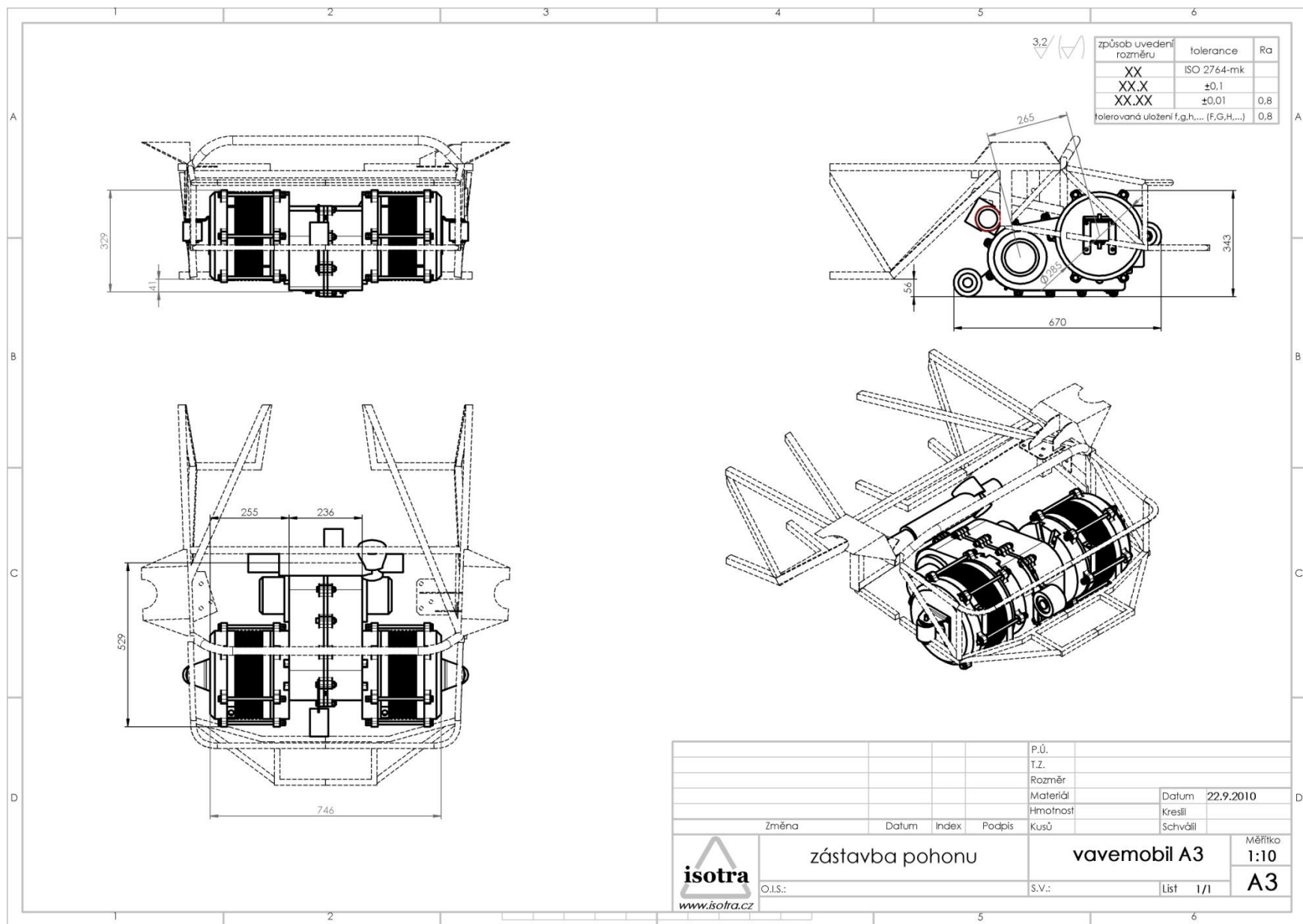
Obr. 15 Konstrukční výkres asynchronního elektromotoru 7,5kW III.generace.



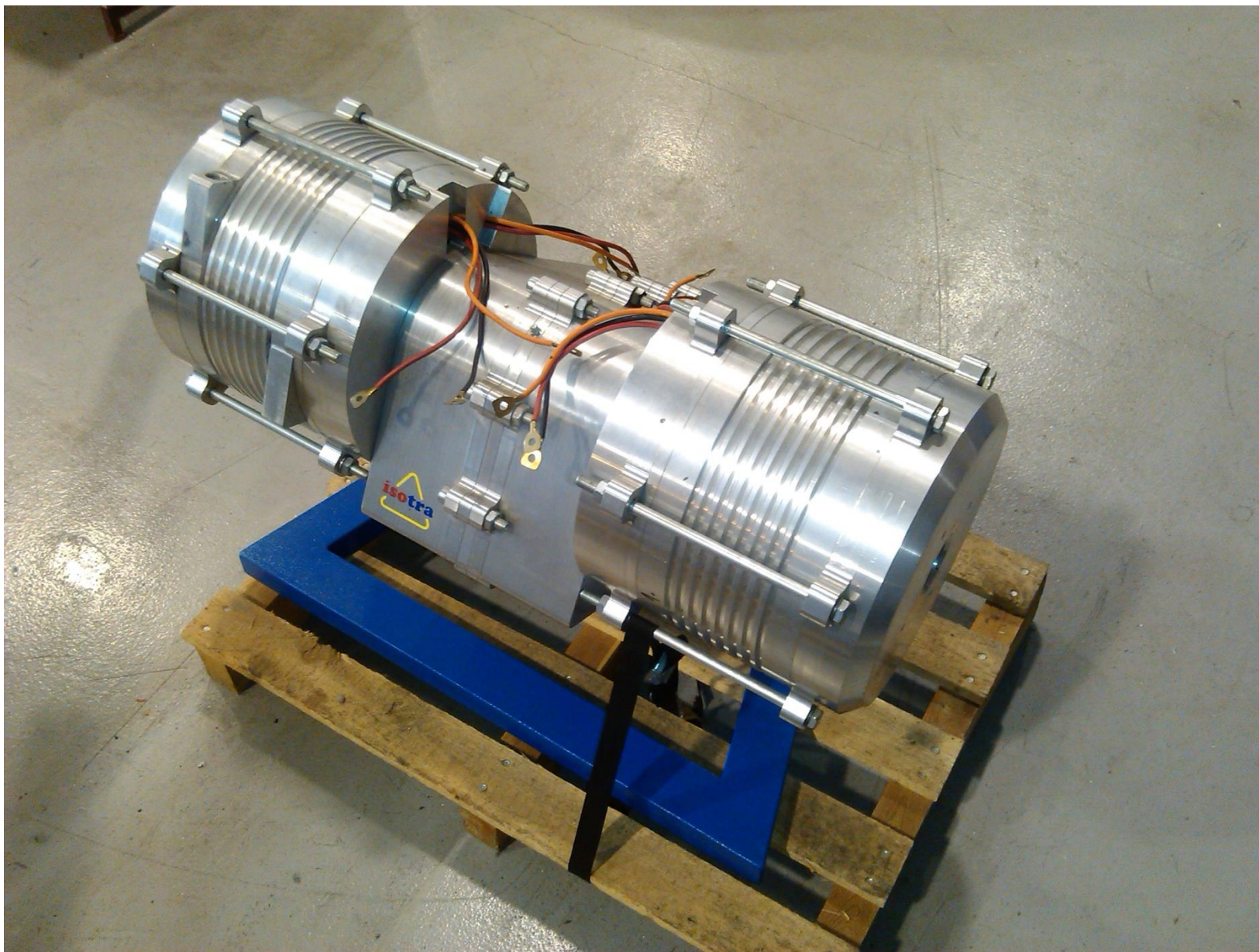
Obr. 16 Model duální pohonné jednotky III.generace.



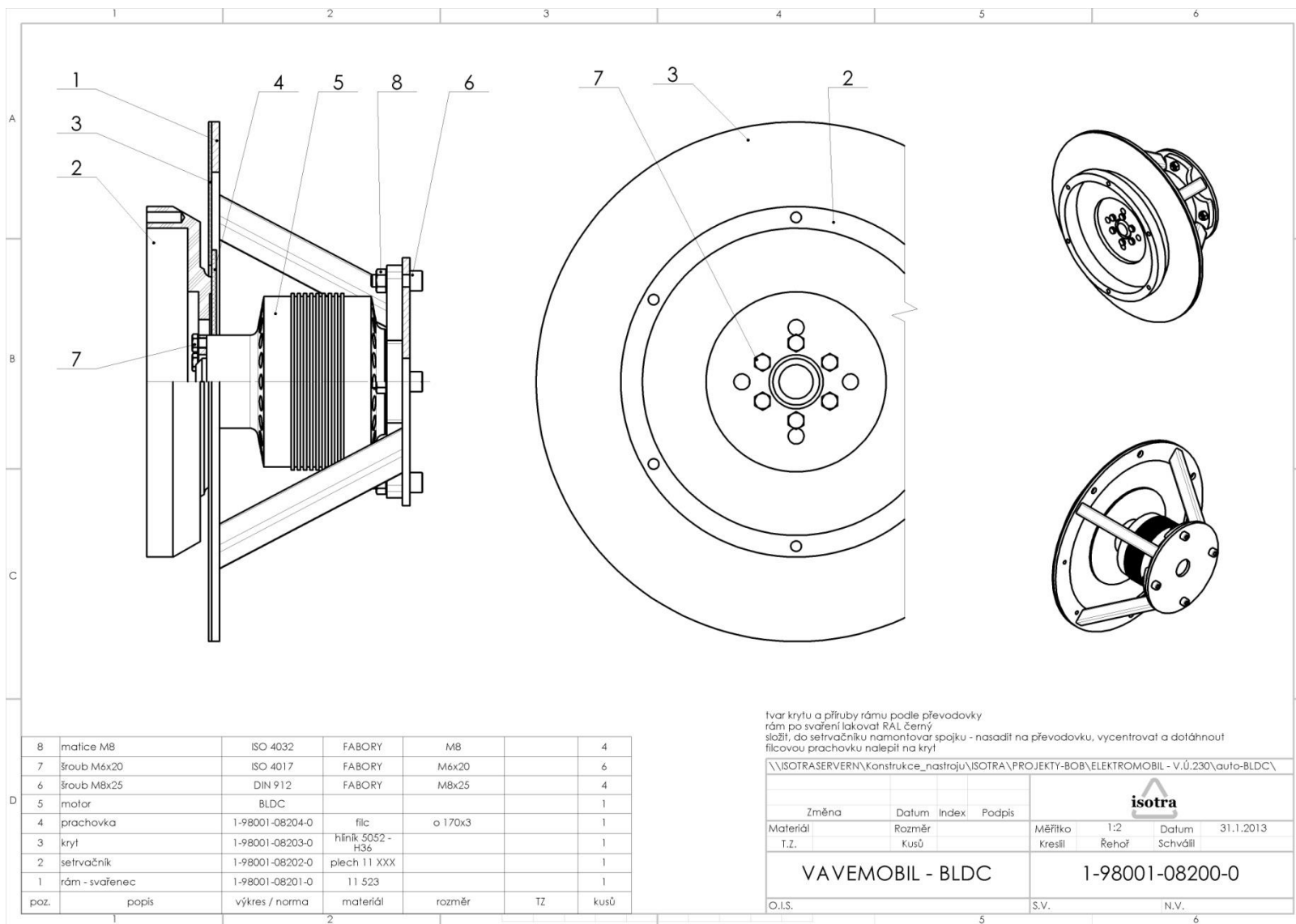
Obr. 18 Konstrukční výkres duální pohonné jednotky s asynchronními elektromotory III.generace.



Obr. 19 Model návrhu zástavby duální pohonné jednotky s asynchronními elektromotory III.generace do modifikovaného chasis KAIPAN.



Obr. 20 Prototyp duální pohonné jednotky s asynchronními elektromotory III.generace (2011)



Obr. 21 Konstrukční výkres prototypu pohonné jednotky s BLDC elektromotorem (FreeAir) pro napojení na převodovku „Favorit“ pro K3 (implementováno do K3 a následně s převodovkou s reduktorem do chassis AIXAM, 2011)



Obr. 22 Realizace BLDC elektromotoru (FreeAir) pro zástavbu do K3 s převodovkou Favorit a alternativně převodovkou AIXAM s variátorem, posléze jednotka zastavěna pro demonstrační účely do chassis AIXAM, řídicí elektronika MGM Compro, 2011)



Obr. 23 Realizace BLDC pohonu pro demonstrační účely do chassis AIXAM, řídicí elektronika MGM Compro, 2011)



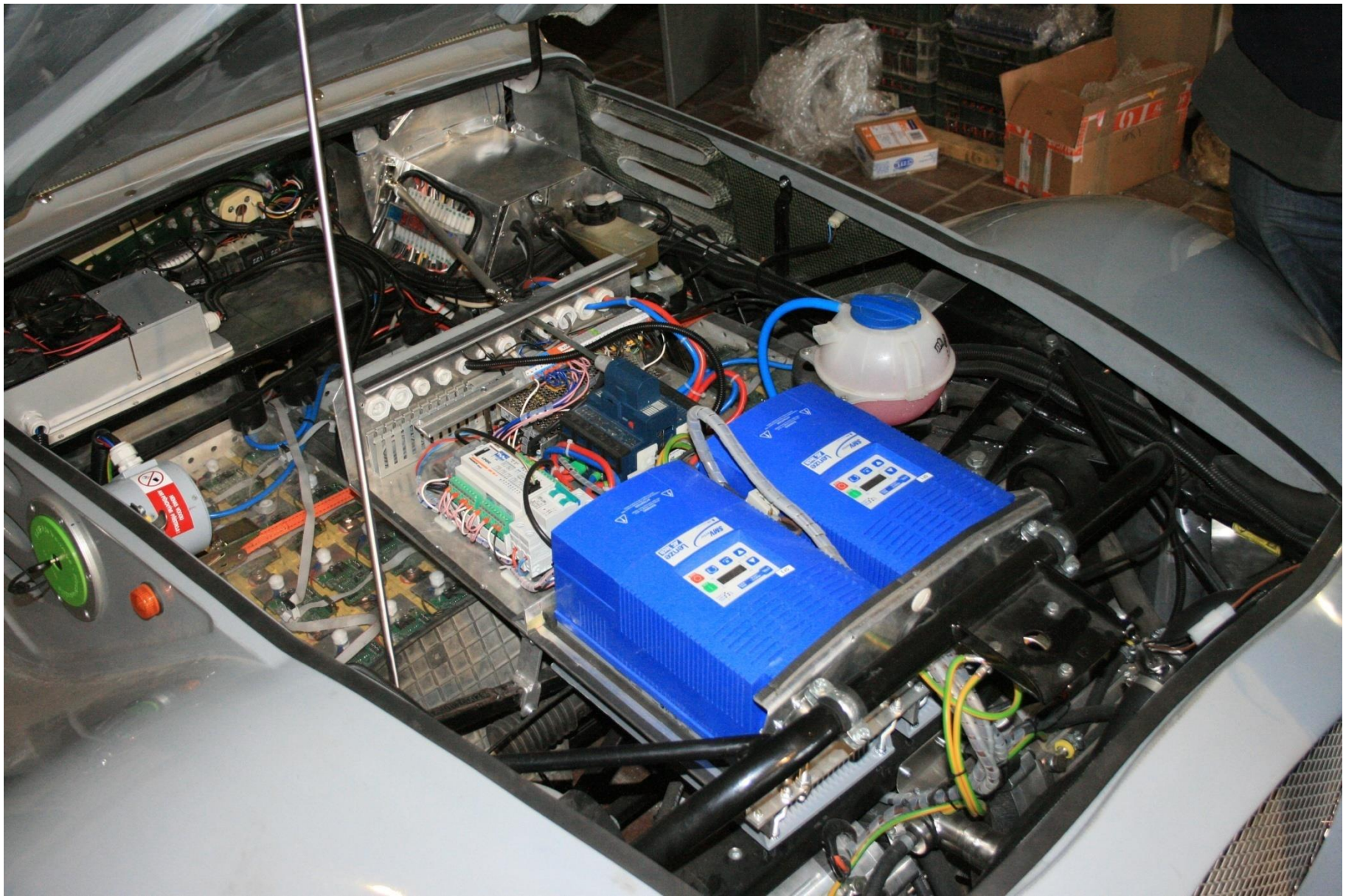
Obr. 24 Realizace BLDC pohonu pro demonstrační účely do chassis AIXAM, řídicí elektronika MGM Compro, 2011)



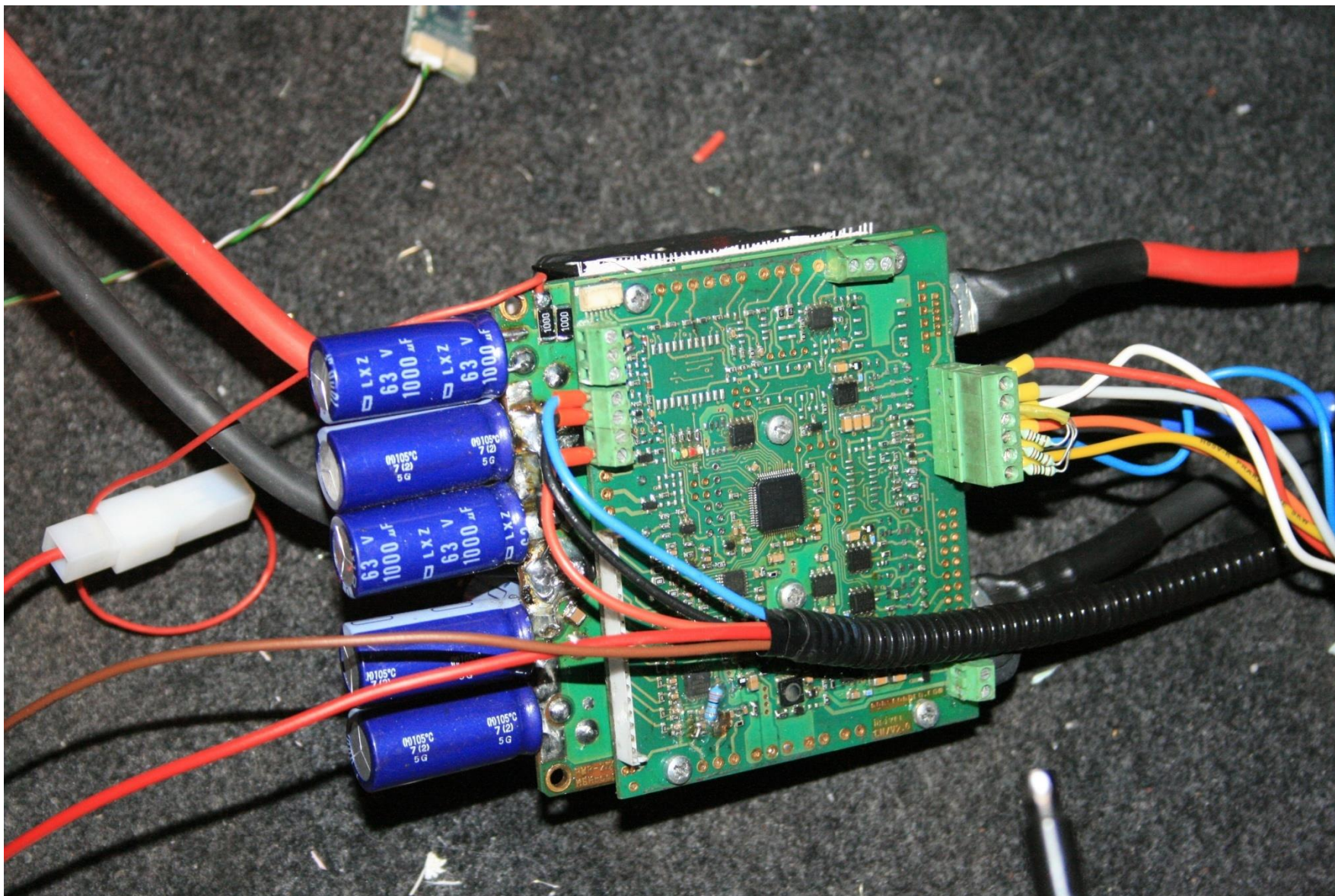
Obr. 25 Zástavba frekvenčního měniče I.generace do chassis K0, experimentální test výkonu a maximálního momentu pohonů K0 (2009/2010)



Obr. 26 Zástavba duálního frekvenčního měniče II. generace do chassis K0, řešení elektronického diferenciálu a synchronizace duálních pohonů (2011/2012)



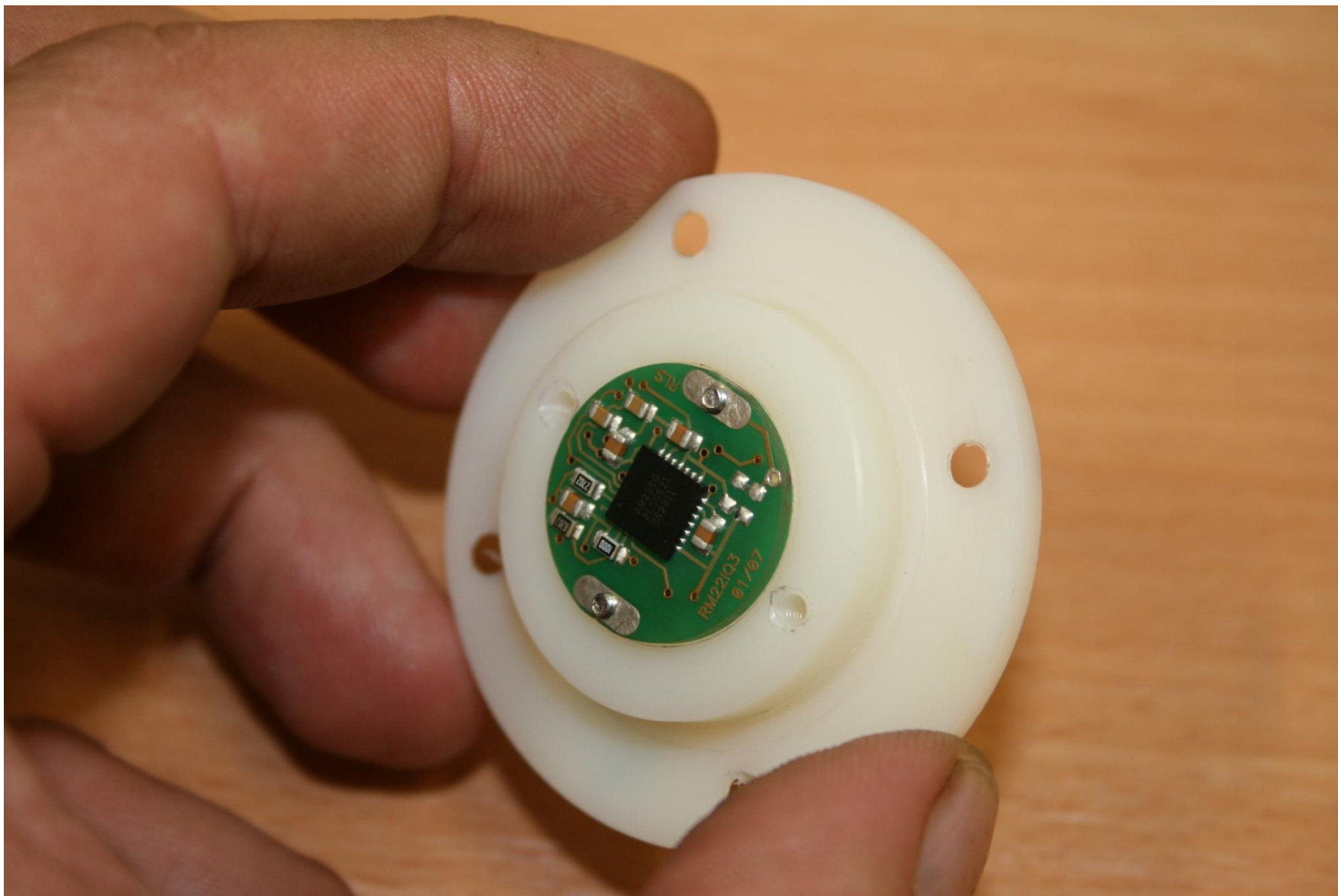
Obr. 27 Zástavba soustavy frekvenčních měničů chassis K1 (následně i K2, řešení z komerčně dostupných komponent, parametrická realizace (2010/2012))



Obr. 28 Prototyp řídicí jednotky BLDC pohonu pro K3 (MGM Compro, parametrická realizace, 2011).



Obr. 29 Zástavba řídicí jednotky jednomotorového uspořádání se synchronním motorem v přední části K3 (TG Drives, parametrická realizace, 2012)



Obr. 30 Prototyp snímače polohy rotoru se senzorem RLC pro asynchronní motory ISOTRA I-III.generace (2009-2012)

Nabíjecí a balanční řídicí systémy

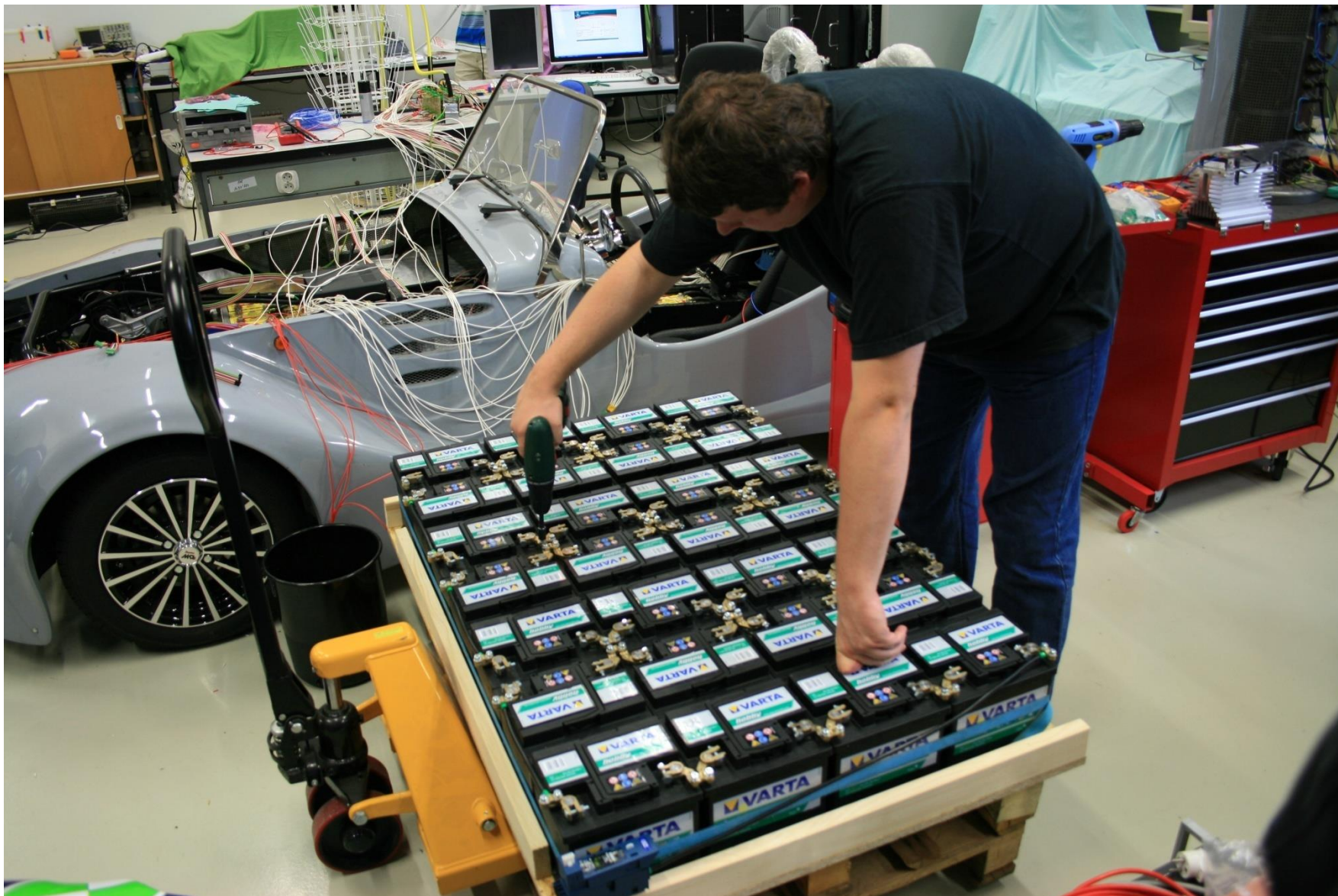
- Vnější (veřejná) nabíjecí stanice s tarifací odebrané elektrické energie
- Nabíjecí kabel s nabíjecími koncovkami
- Nabíjecí zásuvka elektromobilu
- Vestavěný nabíjecí systém
- Balanční systém řízení procesu nabíjení soustavy trakčního akumulátoru



Obr. 31 Nástěnná nabíjecí stanice s tarifikací odebrané elektrické energie v prototypové laboratoři CPIT C112 (2009).



Obr. 32 Veřejná nabíjecí stanice VŠB-TUO a její umístění vedle Prototypové laboratoře CPIT v areálu VŠB-TUO v Ostravě Porubě (od 2011).



Obr. 33 Experimentální testovací stacionární trakční zdroj 350V s trakčními Pb akumulátory 40Ah (2010-2012).



Obr. 34 Experimentální nabíjení soustavy trakčního akumulátoru K1 v laboratoři CPIT C112 (2010-2011).



Obr. 35 Zástavba integrovaného nabíjecího systému do 120A (parametrizace Siemens SIMOREG, zastavěno v prototypu K2, 2011)



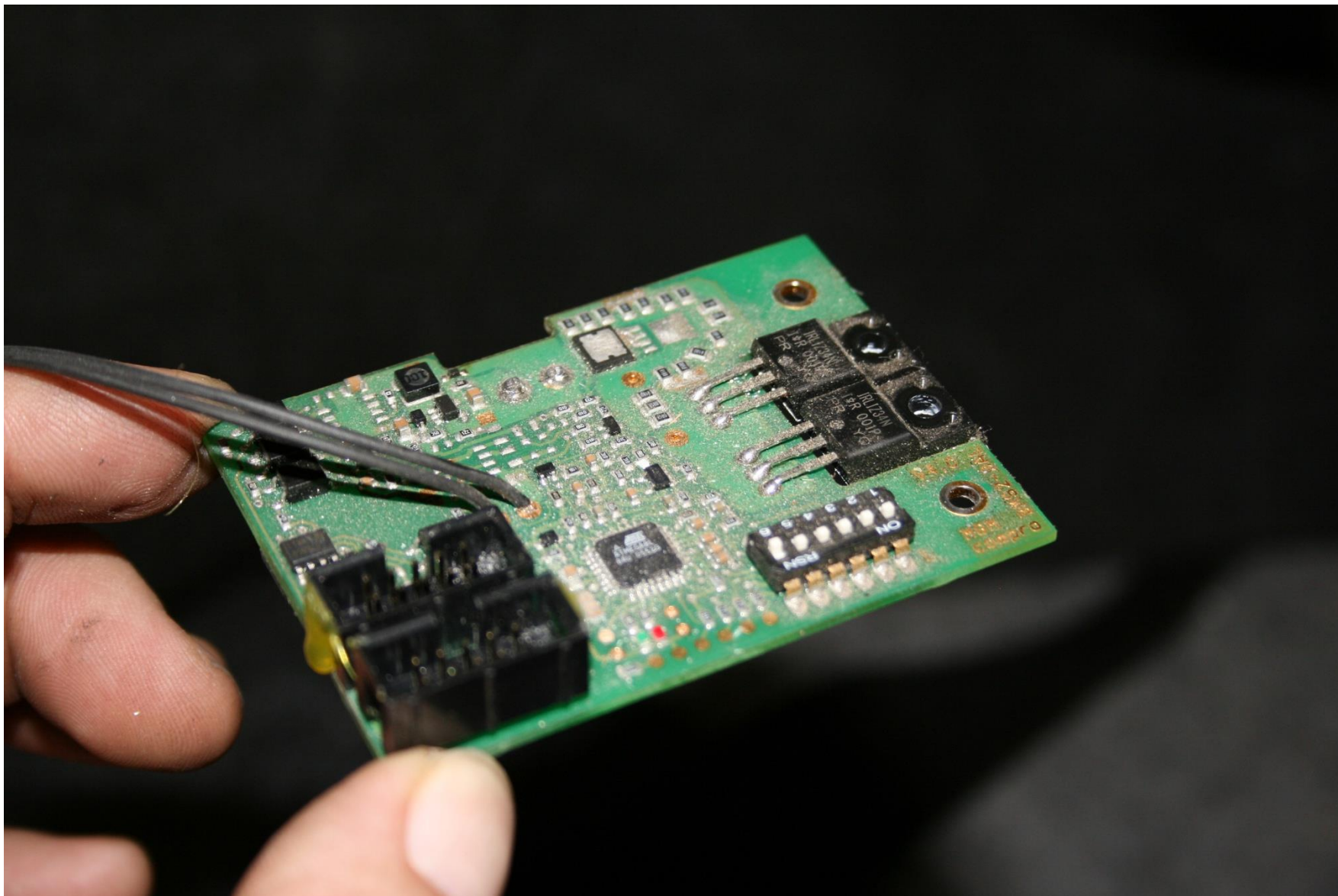
Obr. 36 Nabíjecí kabel a integrovaná nabíjecí zásuvka pro K0-K2 (2009-2011).



Obr. 37 Zástavba nabíjecí zásuvky do K0 (2009) následně i do K1 a K2.



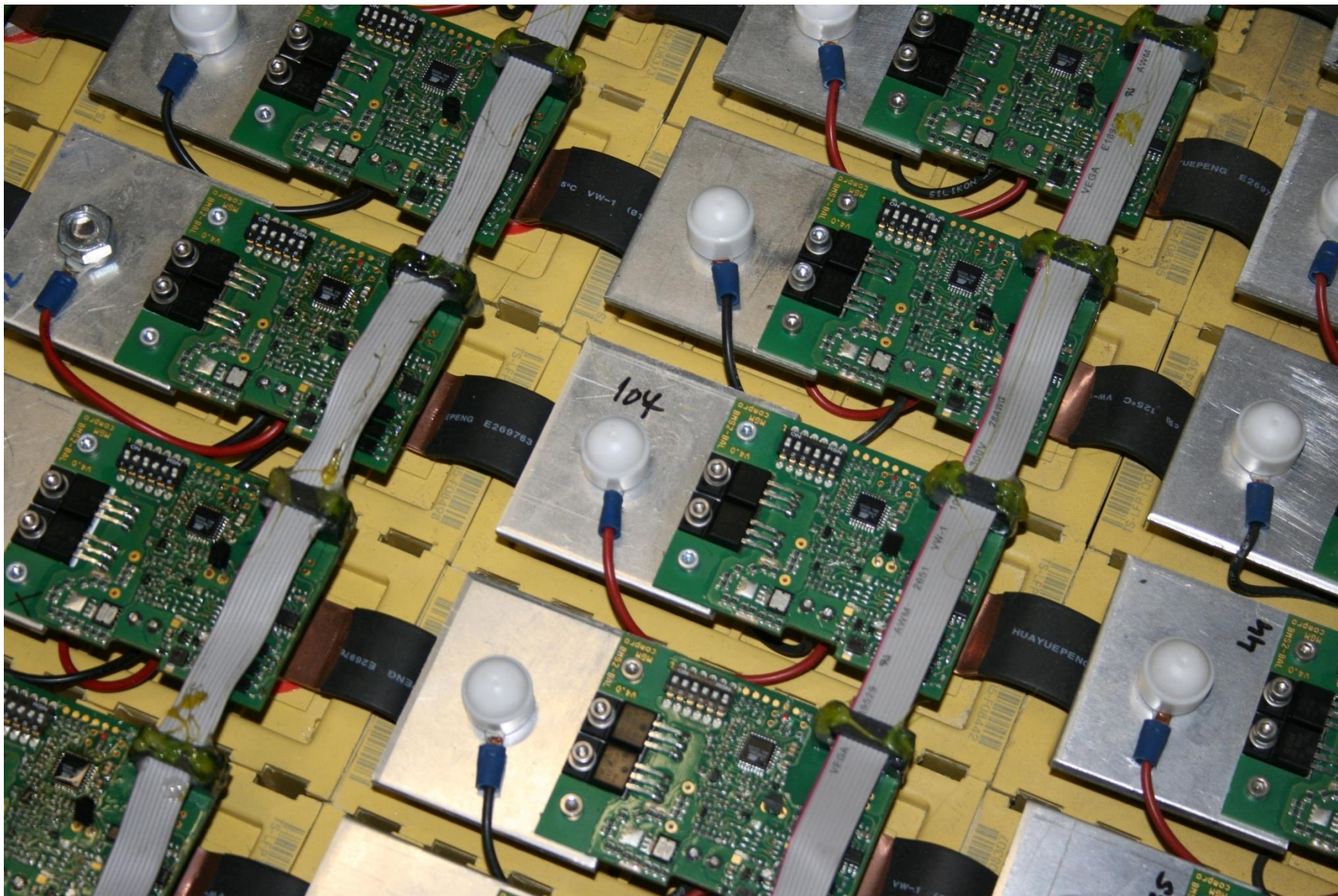
Obr. 38 Energetický slot prototypu K3 (MFS – záměnný slot pro Mennekes, CNG a H2 nabíjecí/plnicí koncovku, 2012).



Obr. 39 Balanční modul II.generace po testech v K1 (2011).



Obr. 40 K1 před vestavbou opraveného zadního akumulátorového packu (2011)



Obr. 41 Detail montáže balancerů II.generace (2010)

Jednotky prodloužení dojezdu „range extendery“

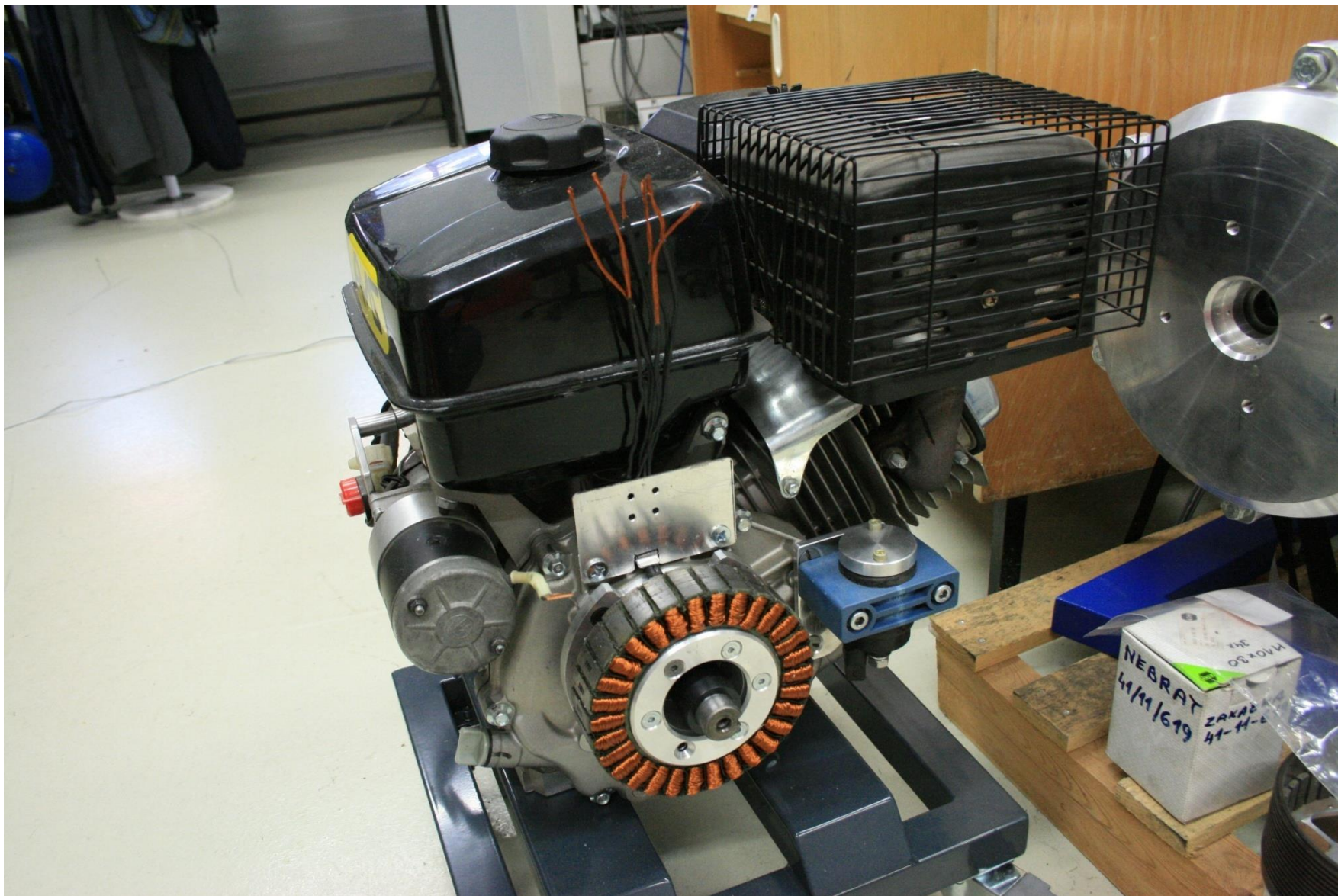
- I.generace RE pro K2
- II. generace
- III.generace RE s palivovým článkem



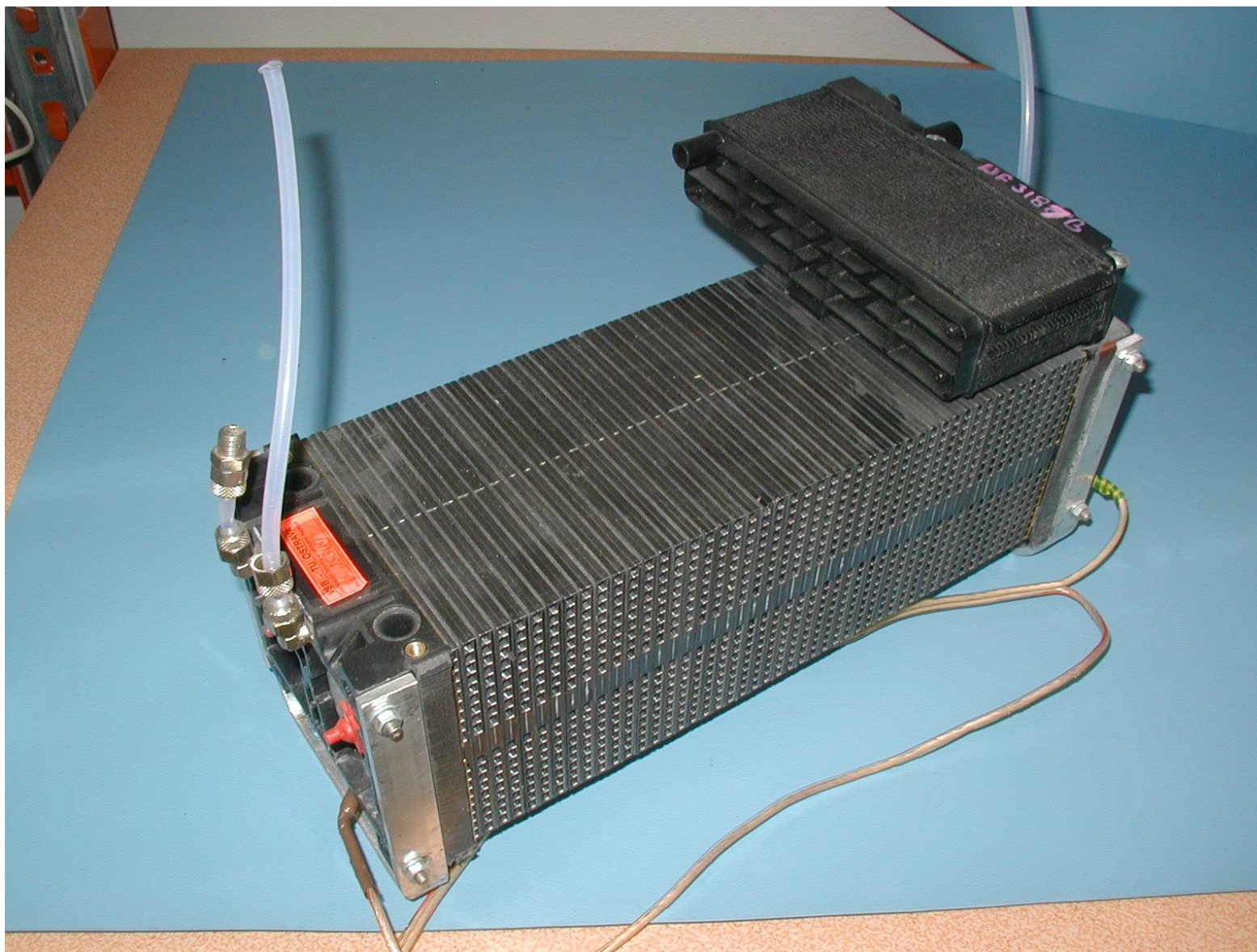
Obr. 42 Detail pokusné zástavby RE I.generace do zádí karoserie KAIPAN 14 (2011)



Obr. 43 Finální zástavba RE I.generace do zádí K2 (2011)



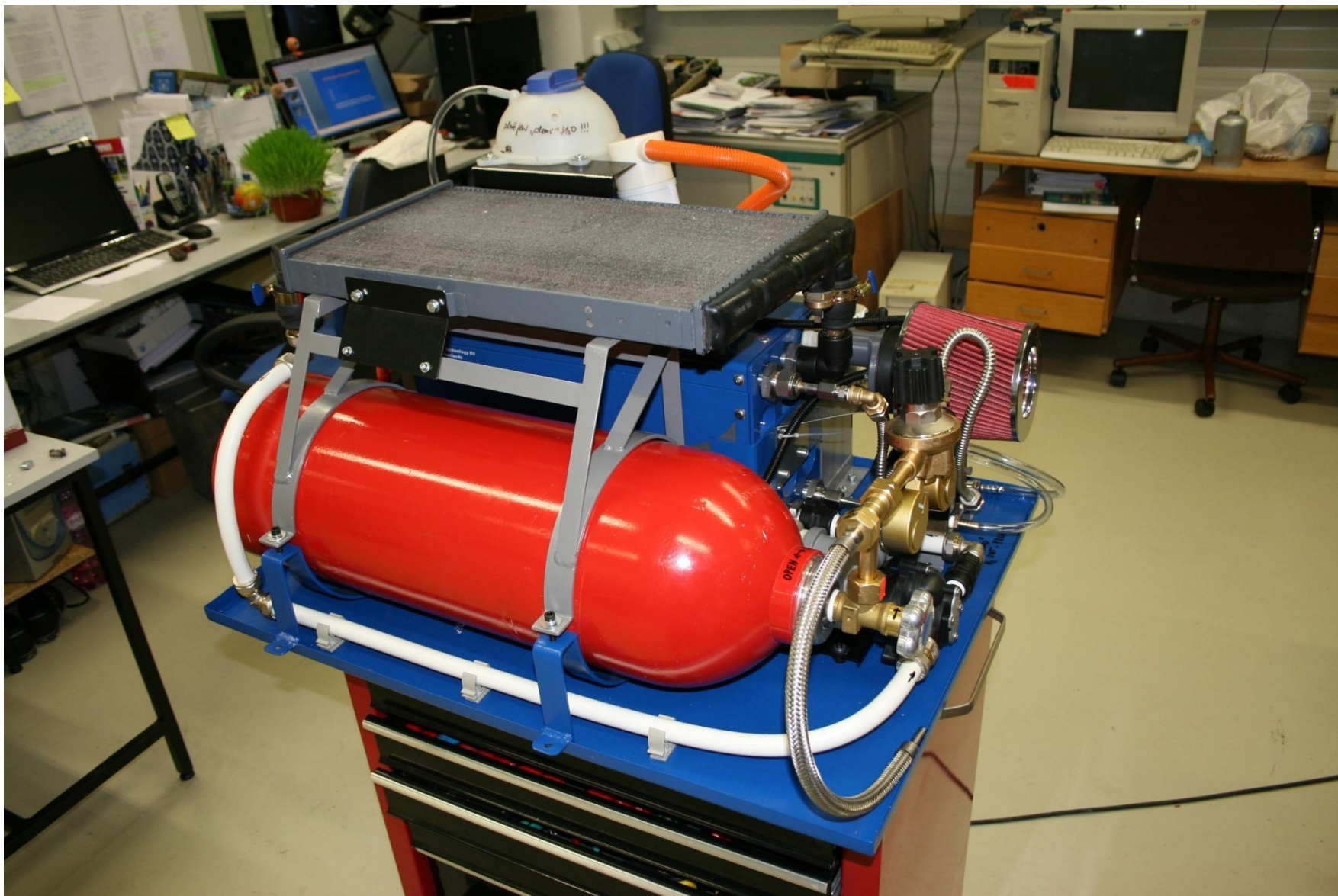
Obr. 44 Deatil RE II.generace (2011)



Obr. 45 Detail „stacku“ demonstračního palivového článku Ballard Nexa pro experimentální zástavbu do prototypu TUKE Jeep Hydrogenix (2012-2013)



Obr. 46 Experimentální soustava superkapacitorů pro palubní zdroj K3 12V (2012)



Obr. 47 Experimentální zástavba soustavy palivového článku NedStack 8kW jako RE III.generace a/nebo hlavní energetický zdroj pro K3 (2012/2013)



Obr. 48 Experimentální soustava superkapacitorů pro palubní zdroj 106V vestavěná do přední zdrojové části K3 (2012/2013)

Aktivní účast na výstavách a exhibice výsledků řešení veřejnosti

- Autosalon v Bratislavě 2010 a 2011
 - Autosalon v Brně 2011
 - Autosalon v Lipsku 2012
 - R+T Stuttgart 2012
 - Exhibice při soutěži Electricmotion 2010
 - Exhibice pro KAIPAN
 - Exhibice pro TRIANON
 - Kontraktační jednání Gwang-Ju (2011)
 - Kontraktační jednání Bergamo (2012)
-
- ✓ Exhibice dosažených výsledků řešení
 - ✓ Nabídka řešení
 - ✓ Demontrace a motivace k dalšímu studiu
 - ✓ Demontrace pro dílčí řešení SP, BcP a DP



Obr. 49 Elektromobil KAIPAN VoltAge K1 na Autosalonu v Brně (2011)



Obr. 50 Elektromobil KAIPAN VoltAge K0 při exhibici soutěže Electricmotion v Praze (2010)



Obr. 51 Elektromobil KAIPAN VoltAge K1 při testech a exhibici pro KAIPAN na letištní ploše Mnichovo Hradiště (2011)



Obr. 52 Elektromobil KAIPAN VoltAge K0 na výstavě Gaudeamus v Brně (2010)



Obr. 53 Elektromobil KAIPAN VoltAge K2 na výstavě R+T Stuttgart (2012)



Obr. 54 Elektromobil KAIPAN VoltAge K2 na Autosalonu v Lipsku (2012)

Provozní testy komerčně dostupných elektromobilů

- TAZZARI Zero (zapůjčeno Tili s.r.o.)
 - SMART Electric (zapůjčeno EON a.s.)
 - PEUGEOT Ion (zapůjčeno ČEZ a.s.)
 - MIA Electric (zapůjčeno SKD a.s.)
-
- Ověření technických parametrů v různých jízdních režimech
 - Provozní testy v různých provozních režimech
 - Uživatelská „přívětivost“ a servis
 - Spolehlivost provozu



Obr. 55 Elektromobil TAZZARI Zero (2011)



Obr. 56 Elektromobil SMART Electric (2011/2012)



Obr. 57 Společná fotografie K0 a testovaného elektromobilu Peugeot ION (2012)



Obr. 58 Test MIA Electric (2012).

Realizované prototypy elektromobilů a jejich pohonných jednotek

- K0
 - K1
 - K2
 - K3
-
- Vestavba pohonné jednotky do chassis AIXAM
 - Vestavba pohonné jednotky K3 do chassis K3-3W



Obr. 59 KAIPAN VoltAge K0 (2009/2010)



Obr. 60 Elektromobil KAIPAN VoltAge K1 při výkonových a pojezdových testech na letišti Mnichovo Hradiště (2010)



Obr. 61 Elektromobily KAIPAN VoltAge K0 a K1



Obr. 62 Elektromobil KAIPAN VoltAge K2 (2011)



Obr. 63 Prototyp K3 při testovacích jízdách na dálnici v Bohumíně. Zástavba pohonné jednotky se synchronním motorem a převodovkou Favorit (2011-2012)



Obr. 64 Prototyp K3-3W (2013)

Další odkazy:

<http://vavemobil.vsb.cz>

<http://saze.vsb.cz>

Děkuji za pozornost

Kontakt:

*VŠB-TU Ostrava, FEI, kat.450, 17.listopadu 15, 708 00 Ostrava-Poruba,
Tel./fax: 00420-59-732-3138 (9339), E-Mail: bohupil.horak@vsb.cz*



Obr. 65 Těžká práce v Prototypové laboratoři C112 (KAIPAN VoltAge K0, BHjr.)